

Винахід відноситься до техніки дослідження динамічних характеристик елементів випробуваних конструкцій при проведенні вібровипробувань і може бути використаний при визначенні швидкості зміни частоти збуджувальної вібростенд дії.

Відомим є спосіб випробування виробів на віброміцність на підставі авторського свідоцтва СРСР №1478061, М.кл. G01M7/00, 1989.

Цей спосіб полягає в тому, що на вібростенді збуджують резонансні коливання виробів з заданим рівнем віброприскорення при зміні частоти збудження по лінійному закону в заданому діапазоні частот, причому коливання збуджують при такій швидкості зміни частоти і такому рівні віброприскорення столу вібростенда, при якому збуджуються неусталені резонансні коливання виробів з рівнем віброприскорення, що дорівнює рівню віброприскорення при сталих резонансних коливаннях, при цьому час прискорення випробування буде пропорційним частному від ділення ширини резонансної смуги при сталих резонансних коливаннях до ширини резонансної смуги при неусталених резонансних коливаннях.

Відомий спосіб забезпечує тільки визначення часу випробування при заданій швидкості зміни частоти сигналу збуджувальної дії по лінійному закону, а визначення швидкості зміни частоти сигналу збуджувальної дії в залежності від максимально допустимого по технічним характеристикам рівня віброприскорення для конкретних типів вібростендів не може бути виконано, що призводить до зниження технологічних можливостей способу.

Відомий також пристрій для випробування виробів на віброміцність, що містить послідовно сполучені блок керування розгорткою частоти, задавальний генератор, регулятор амплітуди, підсилювач потужності, вібростенд, призначений для установки випробуваного об'єкту, два віброперетворювача, перший з яких установлений на рухомій частині вібростенду, а другий - на випробуваному об'єкті, два узгоджувальних підсилювача, фазовий детектор, блок зворотного зв'язку, перетворювач "частота-напруга", нуль-орган, комутатор, дешифратор, чотири тригери, чотири ключі, два елемента затримки, реєстратор, три блока пам'яті, два блоки множення, шість суматорів, подільник і блок порівняння (див. ав. св. СРСР №1832183, М.Кл. G01M7/00, 1993).

Цей пристрій по причинам, що приведені вище при викладенні відомого способу, також не призводить вибір швидкості сканування частоти сигналу збуджувальної дії в залежності від максимально допустимих по технічним характеристикам можливостей конкретного типу вібростенда, що обмежує технологічні можливості пристрою.

Відомий також спосіб випробування виробів на віброміцність, по якому збуджують на вібростенді резонансні коливання виробу з заданим рівнем віброприскорення при скануванні (зміні) частоти сигналу збудження по лінійному закону в заданому діапазоні частот, де швидкість зміни частоти і рівень віброприскорення столу вібростенді підбирають таким чином, щоб рівні віброприскорення при сталих і неусталених режимах коливань були б рівні, а швидкість зміни частоти сигналу збудження задають по співвідношенню:

$$V_{\text{зад}} = V_{\text{max}} \cdot \sqrt{\frac{Y_{\text{гр}} - Y_{\text{зад}}}{Y_{\text{гр}} - Y_{\text{max}}}},$$

де V_{max} - швидкість зміни частоти, що відповідає максимально можливій для даного типу вібростенда;

$Y_{\text{гр}}$ - рівень віброприскорення, що відповідає максимально допустимому по технічним характеристикам рівню для конкретного типу вібростенд;

$Y_{\text{зад}}$ - рівень віброприскорення, що відповідає заданому по програмі випробувань;

Y_{max} - рівень віброприскорення, що відповідає максимуму обвідної напіврозмахів коливань при швидкості зміни частоти V_{max} .

(див. деклараційний патент України на винахід №37880 А, М.кл. G01M7/00).

Застосування цього способу дозволяє реалізувати такий технічний алгоритм, який забезпечує можливість визначення швидкості зміни (сканування) частоти сигналу збудження вібростенду разом з випробуванням об'єктом при урахуванні максимально допустимого по технічним даним рівня віброприскорення для конкретного типу вібростенда, що застосовується, максимально можливої швидкості зміни частоти сигналу збудження і заданого по програмі рівня віброприскорення збуджувальної дії.

Відомий також пристрій для випробування виробів на віброміцність, що містить послідовно сполучені блок керування розгорткою частоти, задавальний генератор, регулятор амплітуди, підсилювач потужності, вібростенд, призначений для установки випробуваного об'єкту, два віброперетворювача, перший із яких установлений на рухомій частині вібростенду, а другий - на випробуваному об'єкті, два узгоджувальних підсилювача, входи яких сполучені з виходами відповідних віброперетворювачів, фазовий детектор, входи якого сполучені з виходами узгоджувальних підсилювачів, блок зворотного зв'язку, вхід якого сполучений з виходом першого узгоджувального підсилювача, а вихід - з керувальним входом регулятора амплітуди, послідовно сполучені нуль-орган, вхід якого з'єднаний з виходом фазового детектора, і комутатор, а також дешифратор, входи якого сполучені з відповідними керувальними входами блока керування розгорткою частоти і комутатора, два тригери, прямі входи яких сполучені з відповідними входами дешифратора, перший ключ, два елемента затримки, перший із яких з'єднує перший вихід комутатора з S-входом другого тригера, а другий елемент затримки з'єднує об'єднані R-входи першого і другого тригерів з другим виходом комутатора, S-вхід першого тригера сполучений з входом "Пуск", перший і другий суматори, піковий детектор, послідовно з'єднані перший блок ділення, перетворювач добувача кореня і перший блок множення, а також лічильник імпульсів, регістр задавання коду, другий дешифратор, перший елемент "НІ", при цьому інформаційний вхід пікового детектора з'єднаний з виходом другого узгоджувального підсилювача, а керувальний вхід через перший ключ - з виходом нуль - органа, вихід пікового детектора

сполучений з віднімальним входом першого суматора, підсумовувальний вхід якого, об'єднаний з підсумовувальним входом другого суматора, сполучений з виходом джерела задавання максимально допустимого граничного рівня сигналу, що відтворюється вібростендом, віднімальний вхід другого суматора під'єднаний до виходу джерела задавання програмного рівня сигналу, що відтворюється вібростендом, виходи другого і першого суматорів під'єднані до входів "Ділене" і "Подільник" відповідно першого блоку ділення, вихід якого через блок добувача кореню сполучений з першим входом першого блока множення, другий вхід якого сполучений з входом V_{\max} , вхід "Скид" блока керування розгорткою частоти сполучений з виходом другого дешифратора, інформаційні входи якого сполучені з прямими виходами розрядів лічильника імпульсів, розрядні входи якого з'єднані з прямими виходами розрядів регістра задавання коду, вхід "Прийом" лічильника імпульсів об'єднаний з S-входом першого тригера і з'єднаний з зовнішнім входом "Пуск", S-вхід першого тригера об'єднаний з лічильним входом лічильника імпульсів і сполучений з виходом нуля-органа, керувальний вхід першого ключа через перший елемент "НІ" сполучений з інверсним виходом другого тригера, вхід "Скид" блока керування розгорткою частоти об'єднаний з R-входами першого і другого тригерів і сполучений з зовнішнім входом "Скид", перетворювач "частота-напруга", перший і другий блоки пам'яті, другий, третій, четвертий, п'ятий, шостий і сьомий ключі, третій, четвертий, п'ятий, шостий, сьомий і восьмий суматори, другий блок множення, другий блок ділення, перший і другий знакочутливі елементи, другий, третій і четвертий елементи "НІ", елемент "АБО", третій елемент затримки, при цьому інформаційний вхід першого блоку пам'яті через перетворювач "частота-напруга" з'єднаний з виходом другого узгоджувального підсилювача, а інформаційний вхід другого блоку пам'яті з'єднаний з входом $\omega_{\text{ВМ}}$ що відповідає граничному значенню частоти частотного діапазону, що відтворюється вібростендом, входи "Запис" першого і другого блоків пам'яті об'єднані і з'єднані через другий ключ з виходом першого ключа, входи "Читання" першого і другого блоків пам'яті об'єднані і з'єднані через третій елемент затримки з виходом другого ключа, виходи першого і другого блоків пам'яті з'єднані з віднімальним і підсумовувальним входами третього суматора відповідно, вихід якого через перший знакочутливий елемент з'єднаний з керувальним входом четвертого ключа, інформаційний вхід якого з'єднаний з виходом першого блока пам'яті, а вихід - з другим підсумовувальним входом четвертого суматора, перший підсумовувальний вхід якого через третій ключ з'єднаний з виходом другого блока пам'яті, керувальний вхід третього ключа з'єднаний через другий елемент "НІ" з виходом першого знакочутливого елемента, вихід четвертого суматора з'єднаний з підсумовувальним входом восьмого суматора, віднімальний вхід якого, об'єднаний з віднімальним входом сьомого суматора, з'єднаний з зовнішнім входом $\omega_{\text{ГР}}$ підсумовувальний вхід сьомого суматора з'єднаний з зовнішнім входом $\omega_{\text{Зад}}$ виходи сьомого і восьмого суматорів з'єднані з входами "Ділене" і "Подільник" другого блока ділення відповідно, вихід другого блока ділення через сьомий ключ з'єднаний з другим входом другого блока множення, перший вхід якого з'єднаний з зовнішнім входом V_{\max} , а вихід - з об'єднаними інформаційним входом шостого ключа, підсумовувальним входом шостого суматора і входом четвертого елемента "НІ", віднімальний вхід шостого суматора об'єднаний з інформаційним входом п'ятого ключа і з'єднаний з виходом першого блока множення, виходи п'ятого і шостого ключів з'єднані з підсумовувальними першим і другим входами п'ятого суматора, вихід якого з'єднаний з третім керувальним входом блока керування розгорткою частоти, вихід шостого суматора через другий знакочутливий елемент з'єднаний з об'єднаними входом третього елемента "НІ", вихід якого з'єднаний з керувальним входом шостого ключа, і першим входом елемента "АБО", другий вхід якого з'єднаний з виходом четвертого елемента "НІ", вихід елемента "АБО" з'єднаний з керувальним входом п'ятого ключа. (Див. деклараційний патент України №37880 А, М.кл. G01M7/00, 2002).

Відомий спосіб і пристрій для його здійснення дозволяють реалізувати такий технічний алгоритм роботи, який забезпечує можливість визначення швидкості зміни (сканування) частоти сигналу збудження вібростенда разом з випробуванням об'єктом при урахуванні максимально допустимого по технічним характеристикам рівня віброприскорення для конкретного типа вібростенда, що застосовується, максимально можливої швидкості зміни частоти сигналу збудження і заданого по програмі рівня віброприскорення сигналу збуджувальної дії.

Але відомий спосіб випробування виробів на віброміцність і пристрій для його здійснення при визначенні швидкості зміни частоти сигналу збудження не забезпечує урахування верхньої частоти діапазону частот, що відтворюється вібростендом.

Таким чином, відомий спосіб випробування виробів на віброміцність і пристрій для його здійснення не дозволяють ефективно застосовувати технологічні можливості вібростенда при проведенні вібровипробувань об'єктів.

В основу запропонованого винаходу на спосіб поставлене завдання розробки такого способу випробування виробів на віброміцність, який забезпечував би можливість визначення швидкості сканування частоти сигналу збуджувальної дії при урахуванні не тільки максимально допустимого по технічним характеристикам рівня віброприскорення для конкретного типа вібростенда, що застосовується, максимально можливої швидкості зміни частоти сигналу збудження і заданого по програмі рівня віброприскорення сигналу збуджувальної дії, але забезпечував би також і можливість урахування граничної частоти діапазону частот, що відтворюється вібростендом, таким чином підвищувати його технологічні можливості при проведенні вібровипробувань виробів.

В основу запропонованого винаходу на пристрій поставлене завдання удосконалення пристрою за рахунок введення до його складу додаткових елементів, які дозволили б урахувати не тільки максимально допустимий по технічним характеристикам рівень віброприскорення, але і граничні частоти діапазону частот, що відтворюється вібростендом, а це, в свою чергу, призведе до розширення технологічних можливостей самого пристрою.

Поставлене завдання вирішується тим, що у відомому способі випробування виробів на віброміцність, по якому збуджують на вібростенді резонансні коливання випробуваного виробу з заданим рівнем віброприскорення при зміні частоти сигналу збудження по лінійному закону в заданому діапазоні частот, причому швидкість розгортки частоти сигналу збудження і рівень віброприскорення рухомої системи вібростенда підбирають таким чином, щоб рівні віброприскорення при сталих і неусталених режимах коливань були б рівні, згідно з винаходом, швидкість $V_{\text{зад}}$ розгортки частоти сигналу збудження задають по співвідношенню:

$$V_{\text{зад}} = V_{\text{max}} \cdot \left[\sqrt{\left(\frac{\omega_{\text{зад}} + \omega_{\text{max}}}{2} \right)^2 - \left(\frac{Y_{\text{зад}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_{\text{max}} + \frac{Y_{\text{max}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_{\text{зад}} - \frac{Y_{\text{зад}} Y_{\text{max}}}{Y_{\text{гр}}^2} \omega_0 \right) \omega_0 - \left(\frac{\omega_{\text{max}} - \omega_{\text{зад}}}{2} \right)} \right] / \left(\omega_{\text{max}} - \frac{Y_{\text{max}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_0 \right),$$

де V_{max} - швидкість розгортки частоти сигналу збудження, що відповідає максимально можливій для використаного типу вібростенда;

$\omega_{\text{зад}}$ - частота максимуму обвідної напіврозмахів коливань динамічного резонансного піка, яка відповідає значенню, заданому по програмі вібровипробувань;

ω_{max} - частота максимуму обвідної напіврозмахів коливань динамічного резонансного піка, яка відповідає значенню швидкості V_{max} розгортки частоти сигналу збудження;

ω_0 - частота максимуму обвідної напіврозмахів коливань статичного резонансного піку;

$Y_{\text{зад}}$ - рівень віброприскорення, що відповідає заданому по програмі вібровипробувань;

Y_{max} - рівень віброприскорення, що відповідає максимуму обвідної напіврозмахів коливань динамічного резонансного піка при швидкості V_{max} розгортки частоти сигналу збудження;

$Y_{\text{гр}}$ - рівень віброприскорення, що відповідає максимально допустимому по технічним характеристикам для використаного типу вібростенда.

Поставлене завдання відносно пристрою вирішується тим, що у відомому пристрою для випробування виробів на віброміцність, який містить послідовно сполучені блок керування розгорткою частоти, задавальний генератор, регулятор амплітуди, підсилювач потужності, вібростенд, призначений для установки на його рухомій платформі випробуваного об'єкту, два віброперетворювача, перший з яких установлений на рухомій платформі вібростенда, а другий - на випробуваному об'єкті, два узгоджувальних підсилювача, входи яких сполучені з виходами відповідних віброперетворювачів, фазовий детектор, входи якого сполучені з виходами узгоджувальних підсилювачів, блок зворотного зв'язку, вхід якого сполучений з виходом першого узгоджувального підсилювача, а вихід - з керувальним входом регулятора амплітуди, піковий детектор, вхід якого сполучений з виходом другого узгоджувального підсилювача, послідовно сполучені нуль-орган, вхід якого з'єднаний з виходом фазового детектора, і комутатор, а також два дешифратори, де перший і другий виходи першого дешифратора сполучені з відповідними керувальними входами блока керування розгорткою частоти і комутатора, два тригери, прямі виходи яких сполучені з відповідними входами першого дешифратора, три ключі, три елементи затримки, перший з яких з'єднує перший вихід комутатора з S-входом другого тригера, а другий елемент затримки з'єднує об'єднані R-входи першого і другого тригерів з другим виходом комутатора, лічильник імпульсів, регістр задавання коду, перетворювач "частота-напруга", два блоки пам'яті, значочутливий елемент, два елементи "НІ", вісім суматорів, два блока множення, два блока ділення, перетворювач добувача кореня, причому вхід перетворювача "частота-напруга" сполучений з виходом другого узгоджувального підсилювача, а вихід перетворювача "частота-напруга" сполучений з інформаційним входом першого блока пам'яті, вихід якого сполучений з об'єднаними віднімальним входом першого суматора і інформаційним входом другого ключа, інформаційний вхід другого блока пам'яті сполучений з зовнішнім входом " $\omega_{\text{вм}}$ " пристрою, а вихід другого блока пам'яті сполучений з підсумовувальним входом першого суматора, вихід якого через значочутливий елемент сполучений з керувальним входом другого ключа, вихід якого сполучений з першим підсумовувальним входом другого суматора, другий підсумовувальний вхід якого через третій ключ сполучений з виходом другого блока пам'яті, керувальний вхід третього ключа через другий елемент "НІ" сполучений з виходом значочутливого елемента, входи "Запис" першого і другого блоків пам'яті об'єднані з керувальним входом пікового детектора і сполучені з виходом першого ключа, який через третій елемент затримки сполучений з об'єднаними входами "Читання" першого і другого блоків пам'яті, інформаційний вхід першого ключа об'єднаний з S-входом першого тригера, лічильним входом лічильника імпульсів і сполучений з виходом нуль - органа, а керувальний вхід першого ключа через перший елемент "НІ" сполучений з інверсним виходом другого тригера, розрядні входи лічильника імпульсів сполучені з прямими виходами розрядів регістра задавання коду, прямі виходи розрядів лічильника імпульсів сполучені з інформаційними входами другого дешифратора, вихід якого сполучений з входом "Скид" блока керування розгорткою частоти, R-входи першого і другого тригерів сполучені з зовнішнім входом "Скид", S-вхід першого тригера об'єднаний з входом "Прийом" лічильника імпульсів і сполучений з зовнішнім входом "Пуск", вхід "Скид" блока керування розгорткою частоти сполучений з зовнішнім входом "Скид", відповідно винаходу, пристрій додатково містить дев'ятий суматор, третій, четвертий, п'ятий, шостий, сьомий і восьмий блоки множення, третій блок ділення, перший і другий атенюатори, причому вихід другого суматора сполучений з об'єднаними другим підсумовувальним входом третього суматора, підсумовувальним входом четвертого суматора, підсумовувальним входом п'ятого суматора і другим входом третього блока множення, перший підсумовувальний вхід третього суматора об'єднаний з віднімальним входом четвертого суматора і другим входом четвертого блока множення і сполучений з зовнішнім входом " $\omega_{\text{зад}}$ ", перший вхід

третього блока множення об'єднаний з першим входом першого блока множення і сполучений з виходом першого блока ділення, вхід "Ділене" якого сполучений з зовнішнім входом " $Y_{\text{зад}}$ ", а вхід "Подільник", об'єднаний з входом "Подільник" другого блока ділення і сполучений з зовнішнім входом " $Y_{\text{гр}}$ ", вхід "Ділене" другого блока ділення сполучений з виходом пікового детектора, вихід другого блока ділення сполучений з об'єднаними першими входами другого і четвертого блоків множення і другим входом першого блока множення, виходи третього і четвертого блоків множення сполучені з першим і другим підсумовувальними входами відповідно шостого суматора, вихід якого сполучений з підсумовувальним входом сьомого суматора, віднімальний вхід якого сполучений з виходом п'ятого блока множення, перший вхід якого сполучений з виходом першого блока множення, а другий вхід сполучений з об'єднаними другими входами другого і сьомого блоків множення і з'єднаний з зовнішнім входом " ω_0 ", другий вхід сьомого блоку множення сполучений з виходом сьомого суматора, вихід сьомого блока множення сполучений з віднімальним входом восьмого суматора, підсумовувальний вхід якого сполучений з виходом шостого блока множення, перший і другий входи якого об'єднані і сполучені через перший атенюатор з виходом третього суматора, вихід восьмого суматора через перетворювач добувача кореня сполучений з підсумовувальним входом дев'ятого суматора, віднімальний вхід якого через другий атенюатор сполучений з виходом четвертого суматора, віднімальний вхід п'ятого суматора сполучений з виходом другого блока множення, а вихід п'ятого суматора сполучений з входом "Подільник" третього блока ділення, вхід "Ділене" якого сполучений з виходом дев'ятого суматора, а вихід третього блоку ділення сполучений з одним входом восьмого блока множення, другий вхід якого сполучений з зовнішнім входом " V_{max} ", а вихід восьмого блоку множення сполучений з третім керувальним входом блока керування розгорткою частоти.

Застосування запропонованого способу разом з усіма суттєвими ознаками, включаючи відмінні, дозволяє реалізувати такий технічний алгоритм, який забезпечує не тільки можливість визначення зміни (сканування) частоти сигналу збуджувальної дії для вібростенда разом з випробуванням об'єктом при урахуванні максимально допустимого по технічним характеристикам рівня віброприскорення для конкретного типу вібростенда, що застосовується для проведення вібровипробування об'єкта, максимально можливої швидкості зміни частоти сигналу збуджувальної дії і заданого по програмі рівня віброприскорення сигналу збуджувальної дії, але і можливість урахування верхньої (граничної) частоти діапазону частот, що відтворюється вібростендом.

Застосування запропонованого пристрою разом з усіма суттєвими ознаками, включаючи відмінні, забезпечує визначення не тільки швидкості розгортки частоти збуджувальної вібростенд з випробуванням об'єктом дії при задаванні максимально допустимого по технічним характеристикам для конкретного типу вібростенда рівня віброприскорення, рівня віброприскорення заданого по програмі вібровипробувань, фіксації і реєстрації рівня віброприскорення, що відповідає максимуму обвідної напіврозмахів коливань динамічного резонансного піка при швидкості розгортки частоти, яка відповідає як максимально допустимій по технічним характеристикам для конкретного типу вібростенда, так і при задаванні і урахуванні верхньої частоти діапазону частот, що відтворюється вібростендом.

Окрім цього забезпечується врахування нелінійності величини зміщення максимумів обвідних напіврозмахів коливань динамічних резонансних піків при невеликих коефіцієнтах демпфування при скануванні частоти задавального генератора для формування сигналу збуджувальної вібростенд дії, що призводить до підвищення точності і розширення технологічних можливостей пристрою і галузі його використання.

Таким чином, використання запропонованого способу випробування виробів на віброміцність разом з пристроєм для його здійснення дозволяє вирішити завдання визначення швидкості сканування частоти сигналу збуджувальної дії при урахуванні граничної частоти діапазону частот, що відтворюється вібростендом при проведенні вібровипробувань.

Запропонований спосіб виконують наступним чином.

При заданих значеннях резонансної частоти ω_0 випробуваного об'єкта і при урахуванні технічних характеристик використовуюваного типу вібростенда, що відповідають максимально можливій величині віброприскорення (вібропереміщення) і верхній межі $\omega_{\text{вм}}$ діапазону частот амплітудно-частотної характеристики вібростенда, задають рівень сигналу збуджувальної вібростенд дії таким чином, щоб мати максимальну величину віброприскорення $Y_{\text{гр}}$. Приймають максимальну допустиму для використовуюваного типу вібростенда величину швидкості V_{max} розгортки частоти сигналу задавального генератора. Фіксують частоту ω_{max} і величину віброприскорення Y_{max} максимуму обвідної напіврозмахів коливань динамічного резонансного піка, що відповідає швидкості V_{max} розгортки частоти. Приймають умову, що відома величина віброприскорення $Y_{\text{зад}}$, яка задана на поточній ступені програми вібровипробувань. Відоме наближене співвідношення (див. ав. св. СРСР №1700410, М.кл. G01M7/00, 1991)

$$Y_0 = (Y_1 V_2^2 - Y_2 V_1^2) / (V_2^2 - V_1^2) \quad (1)$$

де Y_0 - значення максимуму обвідної напіврозмахів коливань статичного резонансного піка випробуваного об'єкта;

Y_1, Y_2 - значення максимумів обвідних напіврозмахів коливань динамічних резонансних піків, що відповідають швидкостям V_1, V_2 розгортки частоти сигналу задавального генератора, що формує сигнал збуджувальної вібростенд дії.

Відоме також наближене співвідношення (див. ав. св. СРСР №1633294, М.кл. G01H13/00, 1991)

$$\omega_0 = (\omega_1 V_2 - \omega_2 V_1) / (V_2 - V_1) \quad (2)$$

де ω_0 - значення резонансної частоти статичного резонансного піку випробуваного об'єкта;

ω_1, ω_2 - значення частот максимумів обвідних напіврозмахів коливань динамічних резонансних піків, що

відповідають швидкостям V_1, V_2 розгортки частоти сигналу задавального генератора, що формує сигнал збуджувальної вібростенд дії.

Проведемо деякі перетворення співвідношень (1), (2), як системи двох рівнянь. Із (2) маємо:

$$V_2 - V_1 = (\omega_1 V_2 - \omega_2 V_1) / \omega_0. \quad (3)$$

Запишемо (1) при урахуванні (3)

$$Y_0 = \frac{(Y_1 V_2^2 - Y_2 V_1^2)}{(V_2 - V_1)(V_2 + V_1)} = \frac{(Y_1 V_2^2 - Y_2 V_1^2)}{(\omega_1 V_2 - \omega_2 V_1)(V_1 + V_2)}. \quad (4)$$

Із (4) отримаємо рівняння відносно швидкості V_1 сканування частот сигналу збуджувальної дії

$$V_1^2 (\omega_2 Y_0 - \omega_0 Y_2) + Y_0 V_1 V_2 (\omega_2 - \omega_1) - V_2^2 (\omega_1 Y_0 - \omega_0 Y_1) = 0 \quad (5)$$

або

$$V_1^2 + Y_0 V_2 \frac{(\omega_2 - \omega_1)}{(\omega_2 Y_0 - \omega_0 Y_2)} V_1 - V_2^2 \frac{(\omega_1 Y_0 - \omega_0 Y_1)}{(\omega_2 Y_0 - \omega_0 Y_2)} = 0. \quad (6)$$

Знайдемо корені рівняння (6)

$$\begin{aligned} V_1 &= -\frac{Y_0 V_2 (\omega_2 - \omega_1)}{2(\omega_2 Y_0 - \omega_0 Y_2)} \pm \sqrt{\frac{1}{4} \frac{Y_0^2 V_2^2 (\omega_2 - \omega_1)^2}{(\omega_2 Y_0 - \omega_0 Y_2)^2} + V_2^2 \frac{(\omega_1 Y_0 - \omega_0 Y_1)}{(\omega_2 Y_0 - \omega_0 Y_2)}} = \\ &= V_2 \left\{ \pm \sqrt{\left(\frac{\omega_2 + \omega_1}{2} \right)^2 - \omega_0 \left(\omega_2 \frac{Y_1}{Y_0} + \omega_1 \frac{Y_2}{Y_0} - \frac{Y_1 Y_2}{Y_0} \omega \right) - \left(\frac{\omega_2 - \omega_1}{2} \right)} \right\} / \left(\omega_2 - \omega_0 \frac{Y_2}{Y_0} \right). \end{aligned} \quad (7)$$

Беручи до уваги, що $V_1 > 0$, із (7) маємо заключне співвідношення:

$$V_1 = V_2 \left\{ \sqrt{\left(\frac{\omega_1 + \omega_2}{2} \right)^2 - \omega_0 \left(\omega_2 \frac{Y_1}{Y_0} + \omega \frac{Y_2}{Y_0} - \frac{Y_1 Y_2}{Y_0^2} \omega_0 \right)} - \left(\frac{\omega_2 - \omega_1}{2} \right) \right\} / \left(\omega_2 - \omega_0 \frac{Y_2}{Y_0} \right). \quad (8)$$

Ураховуючи інші позначення, а саме:

$\omega_1 = \omega_{\text{зад}}; \omega_2 = \omega_{\text{мах}}; Y_0 = Y_{\text{гр}}; Y_1 = Y_{\text{зад}}; Y_2 = Y_{\text{мах}}$, співвідношення (8) набуває вигляду $V_{\text{зад}} = V_{\text{мах}}$

$$\cdot \left[\sqrt{\left(\frac{\omega_{\text{зад}} + \omega_{\text{мах}}}{2} \right)^2 - \omega_0 \left(\frac{Y_{\text{зад}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_{\text{мах}} + \frac{Y_{\text{мах}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_{\text{зад}} - \frac{Y_{\text{зад}} \cdot Y_{\text{мах}}}{Y_{\text{гр}}^2} \omega_0 \right)} - \left(\frac{\omega_{\text{мах}} - \omega_{\text{зад}}}{2} \right) \right] / \left(\omega_{\text{мах}} - \frac{Y_{\text{мах}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_0 \right), \quad (9)$$

Із співвідношення (9) маємо алгоритм для визначення швидкості $V_{\text{зад}}$ розгортки частоти сигналу задавального генератора, що формує сигнал збуджувальної дії при урахуванні $V_{\text{мах}}, Y_{\text{гр}}, Y_{\text{мах}}, \omega_{\text{мах}}$ для випробуваного об'єкту резонансного типу, що має конкретне значення ω_0 в залежності від $\omega_{\text{зад}}$ тобто $V_{\text{зад}} = f(V_{\text{мах}}, \omega_{\text{мах}}, \omega_0, \omega_{\text{зад}}, Y_{\text{мах}}, Y_{\text{гр}}, Y_{\text{зад}})$. Причому мають місце нерівності:

$$Y_{\text{зад}} < Y_{\text{гр}}, \omega_{\text{мах}} > \omega_{\text{зад}} > \omega_0, \omega_{\text{мах}} < \omega_{\text{вм}}, Y_{\text{мах}} < Y_{\text{гр}}.$$

де $\omega_{\text{вм}}$ - верхня межа діапазону частот, що відтворюється вібростендом.

1). Для конкретного використаного типу вібростенда відоме значення $Y_{\text{гр}}$, що визначається конструктивними особливостями; відомий також поточний рівень $Y_{\text{зад}}$, що відповідає значенню заданому по програмі вібровипробувань, і резонансна частота ω_0 випробуваного об'єкту.

2). Приймають максимально допустиму по технічним характеристикам швидкість $V_{\text{мах}}$ розгортки частоти сигналу задавального генератора для формування збуджувальної вібростенд дії і фіксують значення максимуму $Y_{\text{мах}}$ обвідної напіврозмахів коливань динамічного резонансного піку при $V = V_{\text{мах}}$ і частоту $\omega_{\text{мах}}$ що відповідає $Y_{\text{мах}}$.

3). При вибраних за пп. 1, 2 значення $Y_0, Y_{\text{зад}}, Y_{\text{мах}}, V_{\text{мах}}, \omega_0$ швидкість $V_{\text{зад}}$ розгортки частоти буде залежною тільки від $\omega_{\text{зад}}, V_{\text{зад}} = f(\omega_{\text{зад}})$. Задаючи $\omega_{\text{зад}}$ отримаємо значення $V_{\text{зад}}$.

4). Формують сигнали:

$$Z_1 = \frac{\omega_{\text{мах}} + \omega_{\text{зад}}}{2}; Z_2 = \frac{\omega_{\text{мах}} - \omega_{\text{зад}}}{2}; Z_3 = \frac{Y_{\text{зад}}}{Y_{\text{гр}}};$$

$$Z_4 = \frac{Y_{\text{мах}}}{Y_{\text{гр}}}, Z_5 = Z_3 Z_4 = \frac{Y_{\text{зад}} Y_{\text{мах}}}{Y_{\text{гр}}^2};$$

$$Z_6 = Z_3 \cdot \omega_{\text{мах}} = \frac{Y_{\text{зад}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_{\text{мах}}; Z_7 = Z_4 \omega_{\text{зад}} = \frac{Y_{\text{мах}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_{\text{зад}};$$

$$Z_8 = Z_5 \omega_0 = \frac{Y_{\text{зад}} Y_{\text{мах}}}{Y_{\text{гр}}^2} \omega_0; Z_9 = Z_4 \cdot \omega_0 = \frac{Y_{\text{мах}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_0;$$

$$Z_{10} = \omega_{\text{мах}} - \frac{Y_{\text{мах}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_0.$$

5). Формують сигнал Z_{11} , який дорівнює $Z_{11} = (Z_6 + Z_7 - Z_8) \omega_0$

$$6). \text{Формують сигнал } Z_{12} = \sqrt{Z_1^2 - Z_{11}}.$$

7). Формують сигнал $Z_{13} = Z_{10}^{-1}$.

8). Формують сигнал $Z_{14} = V_{\text{мах}} (Z_{12} - Z_2) Z_{13}$, що відповідає значенню $V_{\text{зад}}$ по співвідношенню (9).

Запропонований винахід пояснюється кресленням, де на фіг.1 наведена структурна схема пристрою для реалізації способу випробування виробів на віброміцність,

на фіг.2 - структурна схема блока керування розгорткою частоти.

Пристрій для випробування виробів на віброміцність містить блок 1 керування розгорткою частоти, задавальний генератор 2, регулятор 3 амплітуди, підсилювач 4 потужності, вібростенд 5 з установленим на його платформі (на фіг.1 не позначена) випробуваним об'єктом 6, перший і другий віброперетворювачі 7 і 8 відповідно, перший віброперетворювач 7 установлений на рухомій платформі вібростенда 5, другий віброперетворювач 8 - на випробуваному об'єкті 6, перший і другий узгоджувальні підсилювачі 9 і 10 відповідно, фазовий детектор 11, блок 12 зворотного зв'язку, нуль-орган 13, піковий детектор 14, комутатор 15, перший і другий тригери 16, 17 відповідно, перший і другий дешифратори 18 і 19 відповідно, лічильник 20 імпульсів, регістр 21 задавання коду, перший і другий блоки 22, 23 пам'яті відповідно, суматори 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32 перший, другий, третій, четвертий, п'ятий, шостий, сьомий, восьмий і дев'ятий, перший, другий, третій, четвертий, п'ятий, шостий, сьомий, восьмий блоки 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40 множення відповідно, перший, другий, третій блоки 41, 42, 43 ділення відповідно, блок 44 добувача кореня, перший і другий атенюатори 45, 46 відповідно, знакочутливий елемент 47, перший і другий елементи "НІ" 48, 49 відповідно, перший, другий і третій ключі 50, 51, 52 відповідно, перетворювач 53 "частота-напруга", перший, другий і третій елементи 54, 55, 56 затримки відповідно, входи: 57 "Скид", 58 "Пуск", 59 " $Y_{\text{гр}}$ ", 60 " $Y_{\text{зад}}$ ", 61 " $V_{\text{мах}}$ ", 62 ω_0 , 63 " $\omega_{\text{зад}}$ ", 64 " $\omega_{\text{вм}}$ ".

Блок 1 керування розгорткою частоти містить перший і другий імпульсні генератори 65 і 66 відповідно, третій, четвертий і п'ятий тригери 67, 68, 69 відповідно, четвертий, п'ятий і шостий ключі 70, 71, 72 відповідно, зарядний резистор 73, перший нагромаджувальний конденсатор 74, елемент 75 "АБО", генератор 76 ступінчатої напруги, що виконаний на сьомому і восьмому ключах 77, 78 відповідно, другому

нагромаджувальному конденсатору 79, третьому узгоджувальному підсилювачу 80, токостабілізуючому двополюснику 81 і регульованому одновібратору 82.

Блок 1 керування розгорткою частоти містить також четвертий елемент 83 затримки, перший, другий і третій керувальні входи 84, 85, 86 відповідно, вхід 87 "Скид", шину 88 нульового потенціалу, вихід 89 блока 1 керування розгорткою частоти.

Елементи пристрою з'єднані таким чином. Вихід блока 1 керування розгорткою частоти сполучений з керувальним входом задавального генератора 2 змінної частоти, вихід якого через послідовно з'єднані регулятор 3 амплітуди і підсилювач 4 потужності сполучений з обмоткою рухомої котушки збудження (на схемі не показана і не позначена), що жорстко з'єднана з рухомою платформою вібростенда 5. На рухомій платформі вібростенда 5 і випробуваному об'єкті 6, що жорстко установлений на платформі вібростенда 5, установлені перший і другий віброперетворювачі 7 і 8 відповідно, виходи яких сполучені з входами першого і другого узгоджувальних підсилювачів 9 і 10 відповідно, виходи останніх сполучені з входами фазового детектора 11. Вихід першого узгоджувального підсилювача 9 через блок 12 зворотного зв'язку сполучений з керувальним входом регулятора 3 амплітуди. Вихід другого узгоджувального підсилювача 10 сполучений з входом пікового детектора 14.

Вихід фазового детектора 11 через нуль-орган 13 сполучений з інформаційним входом комутатора 15, перший вихід якого через перший елемент 54 затримки сполучений з S-входом другого тригера 17, R-вхід якого, об'єднаний з R-входом першого тригера 16, через другий елемент 55 затримки під'єднаний до другого виходу комутатора 15. S-вхід першого тригера 16 об'єднаний з входом "Прийом" лічильника 20 імпульсів і сполучений з входом 58 "Пуск".

Прямі виходи першого і другого тригерів 16 і 17 сполучені з інформаційними входами першого дешифратора 18, перший вихід якого сполучений з об'єднаними першим керувальним входом 84 блока 1 керування розгорткою частоти і першим керувальним входом комутатора 15. Другий вихід першого дешифратора 18 сполучений з об'єднаними другим керувальним входом 85 блока 1 керування розгорткою частоти і другим керувальним входом комутатора 15.

Вихід другого узгоджувального підсилювача 10 через перетворювач 53 "частота-напруга" сполучений з інформаційним входом першого блока 22 пам'яті, вхід "Запис" якого, об'єднаний з входом "Запис" другого блока 23 пам'яті, сполучений з виходом першого ключа 50.

Входи "Читання" першого і другого блоків пам'яті 22 і 23 об'єднані і через третій елемент 56 затримки сполучені з виходом першого ключа 50.

Інформаційний вхід другого блока 23 пам'яті сполучений з входом 64 " $\omega_{\text{вм}}$ " пристрою.

Виходи першого і другого блоків 22, 23 пам'яті сполучені з віднімальним і підсумовувальним входами першого суматора 24 відповідно, вихід якого через значочутливий елемент 47 сполучений з керувальним входом другого ключа 51, інформаційний вхід якого сполучений з виходом першого блока 22 пам'яті, а вихід другого ключа 51 сполучений з одним входом другого суматора 25, другий вхід якого через третій ключ 52 сполучений з виходом другого блока 23 пам'яті.

Керувальний вхід третього ключа 52 через другий елемент 49 "НІ" сполучений з виходом значочутливого елемента 47.

Інформаційний вхід першого ключа 50 сполучений з виходом нуль-органа 13. Керувальний вхід першого ключа 50 сполучений через перший елемент 48 "НІ" з інверсним виходом другого тригера 17.

Керувальний вхід пікового детектора 14 сполучений з виходом першого ключа 50. R-входи першого і другого тригерів 16 і 17 об'єднані, з'єднані з входом "Скид" блока 1 керування розгорткою частоти і сполучені з входом 57 "Скид". Вихід пікового детектора 14 сполучений з входом "Ділене" другого блока 42 ділення, вхід "Подільник" якого, об'єднаний з входом "Подільник" першого блока 41 ділення, сполучений з входом 59 " $Y_{\text{гр}}$ ".

Вхід "Ділене" першого блока 41 ділення сполучений з входом 60 " $Y_{\text{зад}}$ ". Вихід першого блока 41 ділення сполучений з об'єднаними першими входами першого і третього блоків 33 і 35 множення відповідно. Другий вхід першого блока 33 множення, об'єднаний з першими входами другого і четвертого блоків 34 і 36 множення відповідно, сполучений з виходом другого блока 42 ділення. Другий вхід третього блока 35 множення, об'єднаний з другим підсумовувальним входом третього суматора 26 і підсумовувальними входами четвертого і п'ятого суматорів 27 і 28 відповідно і сполучений з виходом другого суматора 25. Другий вхід четвертого блока 36 множення об'єднаний з першим підсумовувальним входом третього суматора 26 і віднімальним входом четвертого суматора 27 і сполучений з входом 63 " $\omega_{\text{зад}}$ ".

Виходи третього і четвертого блоків 35 і 36 множення сполучені з входами шостого суматора 29. Входи п'ятого блока 37 множення сполучені з виходом першого блока 33 множення і входом 62 " ω_0 ".

Виходи шостого суматора 29 і п'ятого блока 37 множення сполучені з підсумовувальним і віднімальним входами сьомого суматора 30 відповідно. Один вхід сьомого блока 39 множення сполучений з виходом сьомого суматора 30, а другий вхід, об'єднаний з другим входом другого блока 34 множення, сполучений з входом 62 " ω_0 ".

Вихід третього суматора 26 через перший атенюатор 45 сполучений з об'єднаними входами шостого блока 38 множення, вихід якого сполучений з підсумовувальним входом восьмого суматора 31, віднімальний вхід якого сполучений з виходом сьомого блока 39 множення.

Вихід четвертого суматора 27 сполучений через другий атенюатор 46 з віднімальним входом дев'ятого суматора 32, підсумовувальний вхід якого через блок 44 добувача кореня сполучений з виходом восьмого суматора 31.

Віднімальний вхід п'ятого суматора 28 сполучений з виходом другого блока 34 множення.

Вихід п'ятого суматора 28 сполучений з входом "Подільник" третього блока 43 ділення, вхід "Ділене" якого сполучений з виходом дев'ятого суматора 32. Вихід третього блока 43 ділення сполучений з одним входом

восьмого блока 40 множення, другий вхід якого сполучений з входом 61 " V_{\max} ", а вихід восьмого блока 40 множення сполучений з третім керувальним входом блока 1 керування розгорткою частоти.

Вхід 58 "Пуск" сполучений з S-входом першого тригера 16 і входом "Прийом" лічильника 20 імпульсів.

Лічильний вхід лічильника 20 імпульсів об'єднаний з S-входом першого тригера 16 і сполучений з виходом нуля-органа 13.

Розрядні входи лічильника 20 імпульсів сполучені з розрядними виходами регістра 21 задавання коду.

Прямі виходи розрядів лічильника 20 імпульсів сполучені з інформаційними входами другого дешифратора 19, вихід якого сполучений з входом 87 "Скид" блока 1 керування розгорткою частоти.

Елементи блоку 1 керування розгорткою частоти з'єднані таким чином (фіг. 2). Перші входи першого і другого імпульсних генераторів 65 і 66 об'єднані і сполучені через третій елемент 83 затримки з керувальним входом 84 "Пуск", що сполучений з першим виходом першого дешифратора 18. Виходи першого і другого імпульсних генераторів 65 і 66 сполучені з R- і S-входами відповідно третього тригера 67, інверсний і прямий виходи якого через четвертий і п'ятий ключі 70, 71 відповідно під'єднані через послідовно з'єднані зарядний резистор 73 і перший нагромаджувальний конденсатор 74 до загальної шини 88. Паралельно першому нагромаджувальному конденсатору 74 під'єднаний шостий ключ 72.

Загальна вузлова точка з'єднання зарядного резистора 73, першого нагромаджувального конденсатора 74 і шостого ключа 72 сполучена з виходом 89 блока 1 керування розгорткою частоти. Керувальні входи четвертого і п'ятого ключів 70, 71 сполучені з інверсним і прямим виходами четвертого тригера 68 відповідно, R-вхід якого, об'єднаний з R-входом п'ятого тригера 69, сполучений з першим керувальним входом 84.

Керувальний вхід шостого ключа 72 сполучений з виходом елемента 75 "АБО", перший вхід якого сполучений з виходом одновібратора 82, що під'єднаний до другого виходу генератора 76 ступінчатої напруги, а другий вхід елемента 75 "АБО" сполучений з прямим виходом п'ятого тригера 69, під'єднаного також до третього керувального входу генератора 76 ступінчатої напруги, об'єднаному з керувальним входом сьомого ключа 77 і об'єднаними другими керувальними входами першого і другого імпульсних генераторів 65 і 66. S-вхід п'ятого тригера 69 під'єднаний до входу 87 "Скид" блока 1 керування розгорткою частоти.

Потенціальний вихід "Е" джерела енергії через послідовно з'єднані токостабілізуючий двополюсник 81, восьмий ключ 78 і третій узгоджувальний підсилювач 86 сполучений з третім керувальним входом першого імпульсного генератора 65. Керувальний вхід восьмого ключа 78 сполучений з виходом регульованого одновібратора 82, перший керувальний вхід якого, об'єднаний з першим керувальним входом генератора 76 ступінчатої напруги і сполучений з третім керувальним входом 86 блока 1 керування розгорткою частоти, під'єднаний до виходу восьмого блока 40 множення.

Другий керувальний вхід регульованого одновібратора 82, об'єднаний з другим керувальним входом генератора 76 ступінчатої напруги, під'єднаний до другого керувального входу 85 блока 1 керування розгорткою частоти, що з'єднаний з другим виходом першого дешифратора 18. Вихід восьмого ключа 78 через паралельно з'єднані сьомий ключ 77 і другий нагромаджувальний конденсатор 79 під'єднаний до загальної шини 88. На виходах першого і другого імпульсних генераторів 65, 66 формуються імпульсні послідовності тільки при наявності нуля на других керувальних входах, під'єднаних до прямого виходу п'ятого тригера 69, і при наявності одиниці на перших керувальних входах, під'єднаних через четвертий елемент 83 затримки до першого керувального входу 84, що сполучений з першим виходом першого дешифратора 18.

Пристрій для випробування виробів на віброміцність працює наступним чином.

У початковому стані лічильник 20 імпульсів установлений в нульовий стан, перший і другий тригери 16 і 17 також установлені в нуль за рахунок надходження сигналу на вхід 57 "Скид". Частота задавального

генератора 2 дорівнює нижній частоті ω_n робочого діапазону частот ($\omega_n, \omega_b, \omega_n < \omega_b$).

Комутатор 15 установлений в нейтральне положення, при цьому його виходи від'єднані від входу. Перший і другий блоки 22 і 23 пам'яті установлені в нуль.

Блок 1 керування розгорткою частоти установлений в початковий стан, в якому частота задавального генератора 2 зафіксована за рахунок надходження сигналу на вхід 57 "Скид".

На вході 59 " $Y_{гр}$ " установлена величина сигналу, що відповідає рівню віброприскорення максимально допустимому по технічним характеристикам для використаного типу вібростенда.

На вході 60 " $Y_{зад}$ " установлена величина сигналу, що відповідає рівню віброприскорення, заданому по програмі вібровипробувань. У регістрі 21 задавання коду установлений код, що відповідає числу циклів формування режимів розгортки частоти сигналу збуджувальної вібростенд дії.

На вході 61 " V_{\max} " установлена величина сигналу, що відповідає максимально допустимій по технічним характеристикам швидкості розгортки частоти сигналу збуджувальної дії для використаного типу вібростенда.

На вході 62 " ω_0 " установлена величина сигналу, що відповідає значенню резонансної частоти випробуваного об'єкту.

На вході 63 " $\omega_{зад}$ " установлена величина сигналу, що відповідає значенню частоти при $V_{зад}$ і нерівності $\omega_0 < \omega_{зад} < \omega_{\max} < \omega_{\text{вм}}$.

На вході 64 " $\omega_{\text{вм}}$ " установлена величина сигналу, що відповідає значенню верхньої частоти частотного діапазону, що відтворюється вібростендом 5.

При надходженні сигналу на вхід 58 "Пуск" перший тригер 16 установлюється в одиницю, а зміст регістра 21 задавання коду передається із регістра 21 в лічильник 20 імпульсів.

На першому виході дешифратора 18 формується сигнал, який надходить на перші керувальні входи комутатора 15 і блоку 1 керування розгорткою частоти.

При наявності кодової комбінації "ОО" на входах першого дешифратора 18 на його обох виходах вигнали відсутні. При наявності кодової комбінації "О1" на входах формується сигнал на першому виході дешифратора 18. При цьому вхідний сигнал комутатора 15 надходить на його перший вихід і з'являється сигнал на першому

виході 84 блока 1 керування розгорткою частоти. В такому режимі частота задавального генератора 2

збільшується по лінійному закону від заданого початкового значення ω_n із швидкістю V_{\max} .

Сигнал з виходу задавального генератора 2 через регулятор 3 амплітуди і підсилювач 4 потужності надходить в обмотку рухомої котушки збудження вібростенда 5, що жорстко з'єднана з рухомою платформою вібростенда 5, на якій установлений випробуваний об'єкт 6.

Сигнал з виходу першого віброперетворювача 7 через перший узгоджувальний підсилювач 9 і блок 12 зворотного зв'язку надходить на керувальний вхід регулятора 3 амплітуди для стабілізації рівня збудження вібростенда 5.

Сигнал з виходів першого і другого узгоджувальних підсилювачів 9 і 10 надходить на входи фазового детектора 11.

При порівнянні частоти сигналу збуджувальної дії, що змінюється із швидкістю V_{\max} з резонансною частотою динамічного резонансного піку випробуваного об'єкту 6 різниця фаз сигналів на вході фазового детектора 11 дорівнює величині $\pi/2$, а сигнал на його виході буде рівним нулю.

При цьому на виході нуля-органа 13 формується сигнал, що надходить на перший вихід комутатора 15 і далі через перший елемент 54 затримки на S-вхід другого тригера 17, установлюючи його в одиницю.

Сигнал з виходу нуля-органа 13 через перший ключ 50 надходить на керувальний вхід пікового детектора 14. Перший ключ 50 знаходиться в розімкнутому стані на тій підставі, що при надходженні на R-вхід другого тригера 17 сигналу з виходу 57 "Скид" цей тригер установлюється в нуль, на інверсному його виході сигнал дорівнює одиниці, а на виході першого елемента 48 "НІ" присутній нуль. При формуванні сигналу на першому виході комутатора 15 через проміжок часу, що визначається першим елементом 54 затримки, другий тригер 17 установлюється в одиницю, на інверсному виході цього тригера маємо тепер нуль, а на виході першого елемента 48 "НІ" маємо одиницю.

При цьому перший ключ 50 замикається. Сигнал з виходу нуля-органа 13 надходить через перший ключ 50 на керувальний вхід пікового детектора 14, в якому фіксується і запам'ятовується значення Y_{\max} максимуму обвідної напіврозмахів коливань динамічного резонансного піку, що відповідає швидкості V_{\max} розгортки частоти сигналу задавального генератора 2 для формування сигналу збуджувальної вібростенда 5 дії.

Сигнал з виходу 58 "Пуск" надходить також на вхід "Прийом" лічильника 20 імпульсів, тим самим нульовий стан цього лічильника змінюється за рахунок введення в нього інформації, що міститься в регістрі 21 задавання коду, який визначає число циклів формування режимів розгортки частоти сигналу збуджувальної вібростенда 5 дії.

Кожний імпульс з виходу нуля-органу 13 надходить також на віднімальний вхід лічильника 20 імпульсів, зменшуючи його зміст на одиницю молодшого розряду, і на S-вхід першого тригера 16, установлюючи його в одиницю, тим самим повторюється режим розгортки частоти сигналу задавального генератора 2.

Сигнал з виходу нуля-органу 13 при замкненому першому ключі 50 надходить на входи "Запис" першого і другого блоків 22 і 23 пам'яті, на інформаційний вхід першого з яких надходить сигнал з виходу перетворювача 53 "частота-напруга", на вхід якого надходить сигнал з виходу другого узгоджувального підсилювача 10.

Таким чином, в першому блоці 22 пам'яті фіксується і запам'ятовується частота ω_{\max} , що відповідає значенню максимуму обвідної Y_{\max} напіврозмахів коливань динамічного резонансного піку при швидкості V_{\max} розгортки частоти задавального генератора 2.

На інформаційний вхід другого блоку 23 пам'яті надходить сигнал, що дорівнює максимальному значенню частоти $\omega_{\text{вм}}$, яка відповідає технічним можливостям використовуваного типу вібростенда 5, а саме, визначає верхню межу діапазону частот, що відтворюється вібростендом 5.

Через проміжок часу, що визначається третім елементом 56 затримки, на входи "Читання" першого і другого блоків 22 і 23 пам'яті надходить сигнал з виходу першого ключа 50.

Сигнали, що дорівнюють ω_{\max} і $\omega_{\text{вм}}$, з виходів першого і другого блоків 22 і 23 пам'яті відповідно надходять на віднімальний і підсумовувальний входи відповідно першого суматора 24, на виході якого формується сигнал $(\omega_{\text{вм}} - \omega_{\max})$.

При виконанні умови $\omega_{\text{вм}} > \omega_{\max}$ на виході знакочутливого елемента 47 формується сигнал, який надходить на керувальний вхід другого ключа 51, замикаючи його.

При цьому сигнал, що дорівнює ω_{\max} з виходу першого блоку 22 пам'яті через другий ключ 51 надходить на один підсумовувальний вхід другого суматора 25.

Третій ключ 52 буде розімкненим, тому що на його керувальному вході присутній нуль з виходу другого елемента 49 "НІ", на вхід якого надходить ненульовий сигнал з виходу знакочутливого елемента 47.

При виконанні умови $\omega_{\text{вм}} < \omega_{\max}$ на виході знакочутливого елемента 47 сигнал дорівнює нулю. При цьому другий ключ 51 буде розімкненим, а на виході другого елемента 49 "НІ" присутній сигнал, тому третій ключ 52 буде замкненим. При цьому сигнал $\omega_{\text{вм}}$ з виходу другого блоку 23 пам'яті через ключ 52 надходить на другий підсумовувальний вхід другого суматора 25.

Сигнал, що дорівнює $\omega_{\max}(\omega_{\text{вм}})$, з виходу другого суматора 25 надходить на один вхід третього блоку 35 множення, об'єднаного з другими підсумовувальними входами третього суматора 26, четвертого суматора 27 і першим підсумовувальним входом п'ятого суматора 28. На другий вхід третього блоку 35 множення надходить

сигнал $\frac{Y_{\text{зад}}}{Y_{\text{гр}}}$ з виходу першого блока 41 ділення, на вхід "Ділене" якого надходить сигнал $Y_{\text{зад}}$ з входу 60 " $Y_{\text{зад}}$ ", а на вхід "Подільник" - сигнал $Y_{\text{гр}}$ з входу 59 " $Y_{\text{гр}}$ ". Сигнал з входу 59 " $Y_{\text{гр}}$ " надходить також на вхід "Подільник" другого блока 42 ділення, на вхід "Ділене" якого надходить сигнал Y_{max} з виходу пікового детектора 14.

Сигнали $\frac{Y_{\text{зад}}}{Y_{\text{гр}}}$ і $\frac{Y_{\text{max}}}{Y_{\text{гр}}}$ з виходів першого і другого блоків 41 і 42 ділення відповідно надходять на входи

першого блока 33 множення, вихідний сигнал якого $\frac{Y_{\text{max}}}{Y_{\text{гр}}} \cdot \frac{Y_{\text{зад}}}{Y_{\text{гр}}}$ надходить на один вхід п'ятого блока 37 множення, на другий вхід якого надходить сигнал ω_0 з входу 62 " ω_0 ".

На один вхід четвертого блока 36 множення надходить сигнал $\frac{Y_{\text{max}}}{Y_{\text{гр}}}$ з виходу другого блока 42 ділення, а на другий вхід - сигнал $\omega_{\text{зад}}$ з входу 63 " $\omega_{\text{зад}}$ ". Вихідні сигнали $\frac{Y_{\text{зад}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_{\text{max}}$ і $\frac{Y_{\text{max}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_{\text{зад}}$ третього і четвертого блоків 35 і 36 множення відповідно надходять на підсумовувальні входи шостого суматора 29.

На виході шостого суматора 29 формується сигнал $\left(\frac{Y_{\text{зад}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_{\text{max}} + \frac{Y_{\text{max}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_{\text{зад}} \right)$, надходить на

підсумовувальний вхід сьомого суматора 30, на віднімальний вхід якого надходить сигнал $\frac{Y_{\text{зад}} \cdot Y_{\text{max}}}{Y_{\text{гр}}^2} \omega_0$ з виходу п'ятого блока 37 множення.

Сигнал, що дорівнює величині $\left[\left(\frac{Y_{\text{зад}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_{\text{max}} + \frac{Y_{\text{max}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_{\text{зад}} \right) - \frac{Y_{\text{зад}} Y_{\text{max}}}{Y_{\text{гр}}^2} \omega_0 \right]$ виходу сьомого суматора 30

надходить на один вхід сьомого блока 39 множення, на другий вхід якого надходить сигнал ω_0 з входу 62 " ω_0 ".

Сигнал, що дорівнює величині $\left[\left(\frac{Y_{\text{зад}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_{\text{max}} + \frac{Y_{\text{max}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_{\text{зад}} \right) - \frac{Y_{\text{зад}} Y_{\text{max}}}{Y_{\text{гр}}^2} \omega_0 \right] \omega_0$, з виходу сьомого блока 39 множення надходить на віднімальний вхід восьмого суматора 31, на підсумовувальний вхід якого надходить

сигнал, що дорівнює величині $\left(\frac{\omega_{\text{зад}} + \omega_{\text{max}}}{2} \right)^2$, з виходу шостого блока 38 множення.

Сигнал $\omega_{\text{зад}}$ з входу 63 " $\omega_{\text{зад}}$ " надходить на перший підсумовувальний вхід третього суматора 26 і віднімальний вхід четвертого суматора 27. Вихідний сигнал третього суматора 26, що дорівнює величині $(\omega_{\text{зад}} + \omega_{\text{max}})$ або $(\omega_{\text{зад}} + \omega_{\text{вм}})$ через перший атенюатор 45 надходить на об'єднані входи шостого блока 38 множення. Вихідний сигнал четвертого суматора 27, що дорівнює $(\omega_{\text{max}} - \omega_{\text{зад}})$ або $(\omega_{\text{вм}} + \omega_{\text{зад}})$ через другий атенюатор 46 надходить на віднімальний вхід дев'ятого суматора 32, на підсумовувальний вхід якого надходить сигнал з виходу восьмого суматора 31 після перетворення в добувачі 44 кореня і який дорівнює величині:

$$\sqrt{\left(\frac{\omega_{\text{зад}} + \omega_{\text{max}}}{2} \right)^2 - \left(\frac{Y_{\text{зад}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_{\text{max}} + \frac{Y_{\text{max}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_{\text{зад}} - \frac{Y_{\text{зад}} Y_{\text{max}}}{Y_{\text{гр}}^2} \omega_0 \right) \omega_0}.$$

На виході дев'ятого суматора 32 формується сигнал, що дорівнює величині:

$$\sqrt{\left(\frac{\omega_{\text{зад}} + \omega_{\text{max}}}{2} \right)^2 - \left(\frac{Y_{\text{зад}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_{\text{max}} + \frac{Y_{\text{max}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_{\text{зад}} - \frac{Y_{\text{зад}} Y_{\text{max}}}{Y_{\text{гр}}^2} \omega_0 \right) \omega_0} - \left(\frac{\omega_{\text{max}} - \omega_{\text{зад}}}{2} \right).$$

На один вхід другого блока 34 множення надходить сигнал з виходу другого блока 42 ділення, що

дорівнює величині $\frac{Y_{\text{max}}}{Y_{\text{гр}}}$, а на другий вхід - сигнал ω_0 з входу 62 " ω_0 ".

Сигнал $\frac{Y_{\text{max}}}{Y_{\text{гр}}^2} \omega_0$ з виходу другого блока 34 множення надходить на віднімальний вхід п'ятого суматора 28,

сигнал з виходу якого, що дорівнює величині $\left(\omega_{\max} - \frac{Y_{\max}}{Y_{\text{гр}}} \omega_0\right)$ або $\left(\omega_{\text{вм}} - \frac{Y_{\max}}{Y_{\text{гр}}} \omega_0\right)$ надходить на вхід "Подільник" третього блока 43 ділення, на вхід "Ділене" якого надходить сигнал з виходу дев'ятого суматора 32, а на виході третього блока 43 ділення формується сигнал, що дорівнює величині:

$$\left[\sqrt{\left(\frac{\omega_{\text{зад}} + \omega_{\max}}{2}\right)^2 - \left(\frac{Y_{\text{зад}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_{\max} + \frac{Y_{\max}}{Y_{\text{гр}}} \omega_{\text{зад}} - \frac{Y_{\text{зад}} Y_{\max}}{Y_{\text{гр}}^2} \omega_0\right)} \omega_0 - \left(\frac{\omega_{\max} - \omega_{\text{зад}}}{2}\right) \right] \cdot \left[\omega_{\max} - \frac{Y_{\max}}{Y_{\text{гр}}} \omega_0 \right]^{-1}.$$

Сигнал Z_1 з виходу третього блока 43 ділення надходить на один вхід восьмого блока 40 множення, на другий вхід якого надходить сигнал V_{\max} з виходу 61 "V_{max}".

Сигнал на виході восьмого блока 40 множення дорівнює величині:

$$\left[\sqrt{\left(\frac{\omega_{\text{зад}} + \omega_{\max}}{2}\right)^2 - \left(\frac{Y_{\text{зад}}}{Y_{\text{гр}}} \omega_{\max} + \frac{Y_{\max}}{Y_{\text{гр}}} \omega_{\text{зад}} - \frac{Y_{\text{зад}} Y_{\max}}{Y_{\text{гр}}^2} \omega_0\right)} \omega_0 - \left(\frac{\omega_{\max} - \omega_{\text{зад}}}{2}\right) \right] \cdot \left[\omega_{\max} - \frac{Y_{\max}}{Y_{\text{гр}}} \omega_0 \right]^{-1} \cdot V_{\max}.$$

Сигнал з виходу восьмого блока 40 множення надходить на третій керувальний вхід блока 1 керування розгорткою частоти.

Після установлення в нуль змісту лічильника 20 імпульсів (після реалізації заданого по програмі числа циклів розгортки частоти сигналу задавального генератора з швидкістю $V_{\text{зад}}$) на виході другого дешифратора 19 формується сигнал, що надходить на п'ятий керувальний вхід 87 блока 1 керування розгорткою частоти.

При цьому частота задавального генератора 2 установлюється на рівні нижньої частоти ω_n діапазону частот задавального генератора 2 і блокується режим формування розгортки частоти.

Нова послідовність циклів розгортки частоти сигналу задавального генератора 2 реалізується тільки після надходження сигналу на вхід 58 "Пуск" пристрою. Перед надходженням сигналу на вхід 58 "Пуск" на вхід 57 "Скид" надходить сигнал, що установлює пристрій в початковий стан.

Блок 1 керування розгорткою частоти працює таким чином.

При надходженні сигналу на вхід 87 "Скид" п'ятий тригер 69 установлюється в одиницю, шостий ключ 72 замикається, тому що на його керувальний вхід надходить одиничний сигнал з прямого виходу п'ятого тригера 69 через елемент 75 "АБО". Перший нагромаджувальний конденсатор 74 розряджається через шостий ключ 72. На виході 89 установлюється нульовий рівень. Замикається також сьомий ключ 77, тим самим через цей ключ розряджається другий нагромаджувальний конденсатор 79. Блокується також робота першого і другого імпульсних генераторів 65 і 66 відповідно, тому що на другі керувальні входи цих генераторів надходить одиничний сигнал з прямого виходу п'ятого тригера 69.

При надходженні сигналу на перший керувальний вхід 84 "Пуск" четвертий і п'ятий тригери 68 і 69 установлюються в нуль, тим самим шостий і сьомий ключі 72 і 77 відповідно розмикаються, четвертий ключ 70 замикається, розблокуються перший і другий імпульсні генератори 65 і 66 відповідно, тому що на їх об'єднані другі керувальні входи надходить нульовий сигнал з прямого виходу п'ятого тригера 69. Така комутація відбувається тому, що формується сигнал на першому виході першого дешифратора 18. При надходженні сигналу на керувальний вхід 84 "Пуск" цей сигнал проходить через четвертий елемент 83 затримки на перші керувальні входи першого і другого імпульсних генераторів 65 і 66, на виходах яких формуються імпульсні послідовності, частоти генерації яких підбираються близькими, але таким чином, щоб частота биття, яка визначає період формування лінійно змінної напруги, була б такою, щоб вона перекривала весь діапазон частот формування сигналу збуджувальної вібростенди.

Для формування сигналу задавального генератора 2 з лінійно зростаючою частотою частота надходження імпульсів з виходу другого імпульсного генератора 66 установлюється вище частоти надходження імпульсів з виходу першого імпульсного генератора 65.

Імпульсні послідовності з виходів першого і другого імпульсних генераторів 65 і 66 керують станом третього тригера 67, на інверсному виході якого формується імпульсна послідовність з лінійно зростаючою тривалістю імпульсів, а на прямому виході - імпульсна послідовність з лінійно спадаючою тривалістю імпульсів.

Якщо четвертий ключ 70 замкнений, а п'ятий ключ 71 розімкнений, то імпульсна послідовність з лінійно зростаючою тривалістю імпульсів через замкнений ключ 70 і зарядний резистор 73 заряджає перший нагромаджувальний конденсатор 74, тому на виході 89 формується лінійно зростаюча напруга.

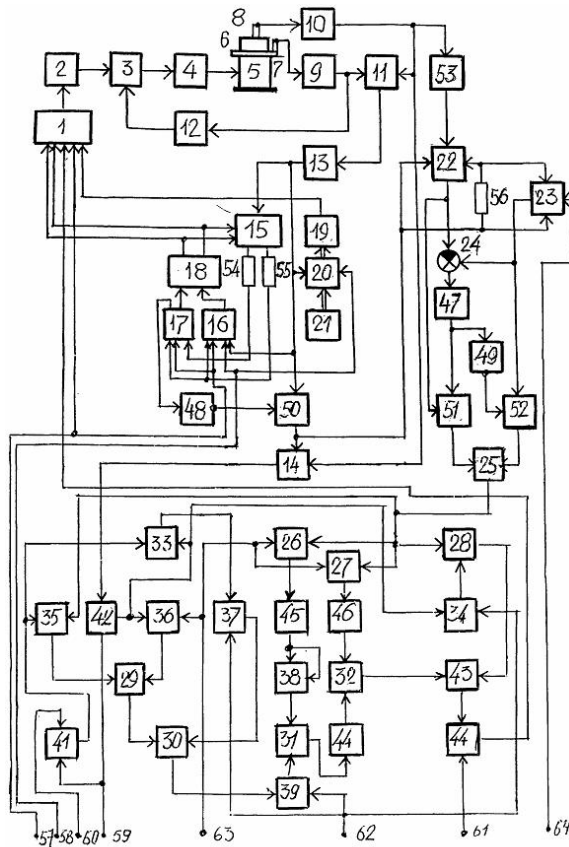
При формуванні сигналу на другому виході першого дешифратора 18 цей сигнал надходить на другий керувальний вхід 85 блока 1 керування розгорткою частоти, а тому і на другий керувальний вхід регульованого одновібратора 82, на виході якого формується імпульс, який надходить через елемент 75 "АБО" на керувальний вхід шостого ключа 72, замикаючи його.

Перший нагромаджувальний конденсатор 74 розряджається через замкнений шостий ключ 72, а на виході 89 установлюється нульовий рівень, який надходить на керувальний вхід задавального генератора 2 і установлює частоту його генерації, що дорівнює нижній частоті досліджуваного діапазону частот.

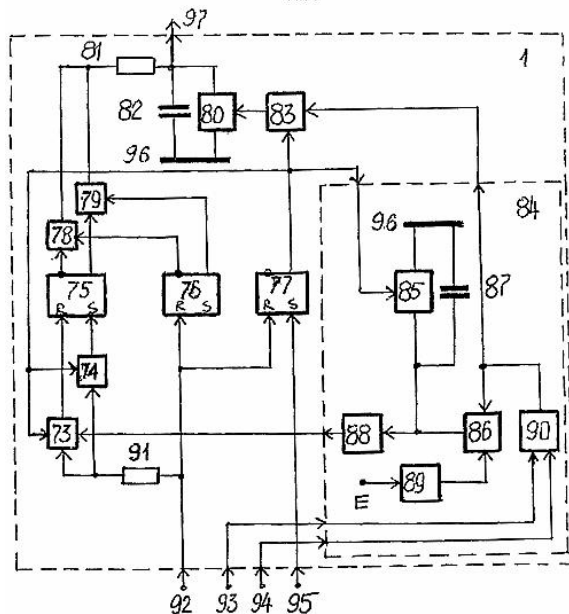
Імпульсний сигнал з виходу регульованого одновібратора 82 надходить також на керувальний вхід восьмого ключа 78, замикаючи його. Другий нагромаджувальний конденсатор 79 через токостабілізуючий двополюсник 81 і замкнений восьмий ключ 78 заряджається від джерела "Е" напруги на величину ΔV . Через

третій узгоджувальний підсилювач 80 напруга ΔV надходить на третій керувальний вхід першого імпульсного генератора 65, що призводить до зростання частоти формування імпульсів на його виході, тим самим зменшується крутість лінійно змінної напруги на виході 89.

Таке виконання пристрою дозволяє розширити технологічні можливості пристрою при проведенні вібровипробувань виробів на віброміцність і вібронадійність, тому що забезпечується урахування нелінійності величини зміщення максимумів обвідних напіврозмахів коливань динамічних резонансних піків від відповідних швидкостей розгортки частоти сигналу задавального генератора при формуванні збуджувальної вібростендії.



Фиг. 1



Фиг. 2