



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 114423

(13) U

(51) МПК

G01B 7/16 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2016 08966**

(22) Дата подання заявки: **22.08.2016**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **10.03.2017**

(46) Публікація відомостей **10.03.2017, Бюл.№ 5**
про видачу патенту:

(72) Винахідник(и):

**Глухов Віктор Валентинович (UA),
Федоров Євген Федорович (UA),
Карпенко Володимир Володимирович
(UA)**

(73) Власник(и):

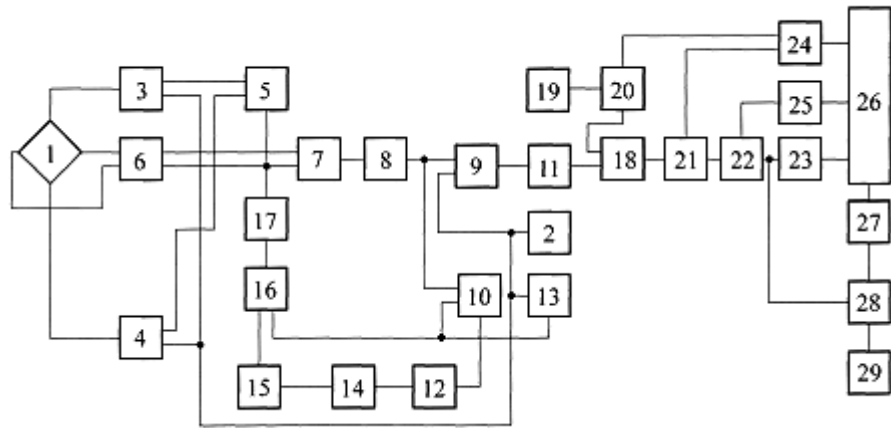
**ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В.
ЛАЗАРЯНА,
вул. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ-10,
49010 (UA)**

(54) ТЕНЗОМЕТРИЧНИЙ ПІДСИЛЮВАЧ НА НЕСУЧІЙ ЧАСТОТІ

(57) Реферат:

Тензометричний підсилювач на несучій частоті містить вимірювальний міст, задавальний генератор синусоїдальної напруги несучої частоти, підсилювач потужності живлення вимірювального моста парафазною синусоїдальною напругою, попередній підсилювач несучої частоти, демодулятор, активний фільтр нижніх частот з програмно-керованими частотами зрізу, підсилювач постійної напруги з програмно-перемикним коефіцієнтом підсилення, балансувальний пристрій, пристрій для калібрування, джерело еталонної опорної напруги, дешифратор команд управління, пристрій для управління режимами вимірювального каналу, аналого-цифровий перетворювач, системну магістраль, пристрій для автоматичної стабілізації напруги живлення вимірювального моста і комп'ютер. Додатково введено радіочастотний фільтр, фільтр верхніх частот, два фільтри нижніх частот, перетворювач рівня і мікроконтролер, що виконує функції дешифратора адреси та пристрою для управління режимами роботи вимірювального каналу; підсилювач потужності живлення вимірювального моста парафазною синусоїдальною напругою з автоматичною стабілізацією амплітуди містить два буферних підсилювача. Балансувальний пристрій містить два незалежних контури омичного і ємнісного балансування розкиду активних і реактивних параметрів вимірювального моста і з'єднувальних кабелів. При цьому контур омичного автоматизованого балансування винесено з ланцюгів попереднього підсилювача несучої частоти і містить джерело еталонної опорної напруги, цифро-аналоговий перетворювач, суматор, перетворювач рівня аналогового сигналу і мікроконтролер, а контур автоматичного балансування по ємності містить додатково введені демодулятор, фільтр нижніх частот, фазозсувний каскад, інтегратор, коригуючу ланку, аналоговий помножувач і перетворювач напруга-струм

UA 114423 U



Корисна модель належить до вимірювальної техніки і призначена для вимірювання статичних та динамічних деформацій, сил, тисків і переміщень за допомогою тензорезисторних датчиків, що включаються за напівмостовими і мостовими схемами.

Корисна модель спрямована на вирішення існуючої проблеми щодо підвищення точності, температурної стабільності та перешкодозахищеності тензоапаратури на несучій частоті.

Відома тензометрична апаратура на несучій частоті 8АНЧ-23, яка призначена для вимірювання статичних та динамічних деформацій, сил і тисків, перетворених за допомогою первинних перетворювачів в електричні сигнали (Галиаскаров Ш.А., Дмитриев Б.И., Носова М.А. и др. Тензометрическая аппаратура 8АНЧ-23 // Приборы и системы управления. - 1985. - № 9. - С. 25). Апаратура містить блок живлення, задавальний генератор із чотирма підсилювачами потужності для живлення вимірювальних мостів і перетворювачем синусоїдальної напруги в напругу прямокутної форми для управління демодуляторами, вісім підсилювачів несучої частоти. У склад підсилювача несучої частоти входять: підсилювач змінної напруги, фазочутливий демодулятор, фільтр низьких частот, пристрій для виділення динаміки, підсилювач постійного струму, балансувальні та калібрувальний пристрої, атенуатори.

До недоліків аналога відносяться:

ручне балансування початкового розкиду активних опорів тензорезисторів і вимірювальних ліній, а також їх паразитних ємностей;

відсутність стабілізації напруги живлення вимірювальних мостів;

недостатня захищеність від високочастотних електромагнітних перешкод, що створюються портативними радіостанціями і мобільними телефонами;

відсутність аналого-цифрового перетворювача і каналу передачі даних у керуючий комп'ютер.

Найближчим аналогом корисної моделі є вимірювальний перетворювач на несучій частоті (патент RU № 2396511, 10.08.2010, МПК G01B 7/16). Він містить вимірювальний міст, програмований задавальний генератор синусоїдальної напруги несучої частоти з автоматичною стабілізацією амплітуди живлення моста, підсилювач потужності живлення вимірювального моста парафазною синусоїдальною напругою, попередній підсилювач несучої частоти, демодулятор, перетворювач синусоїдальної напруги в прямокутну, активний фільтр нижніх частот з програмно-змінюваними частотами зрізу, програмно-керований балансувальний пристрій, пристрій для калібрування і пристрій для керування режимами роботи перетворювача, дешифратор команд управління, вихідний підсилювач постійної напруги з програмованим коефіцієнтом підсилення, аналого-цифровий перетворювач, керуючий комп'ютер.

До недоліків цього аналога належать:

недостатній захист від високочастотних електромагнітних перешкод, створюваних засобами зв'язку;

додаткові похибки, обумовлені дискретним характером цифрових потенціометрів в ланцюгах балансування розкиду активних і реактивних параметрів вимірювального моста і з'єднувальних кабелів;

складність процесу балансування, що викликана послідовним включенням цифрових потенціометрів, через їхній взаємний вплив;

неможливість побудови багатоканального варіанта тензометричного перетворювача. Запропонований в аналогу метод автоматичної стабілізації напруги живлення вимірювального моста, що реалізований за допомогою буферного підсилювача, детектора, суматора, генератора несучої частоти і підсилювача потужності, в багатоканальному варіанті вимагає наявності в кожному каналі свого генератора несучої частоти. Це суперечить відомій вимозі - при використанні багатоканальної тензометричної апаратури необхідно всі канали перевести в режим роботи від одного, спільного для всіх, генератора. В іншому випадку в вихідних сигналах каналів мають місце паразитні низькочастотні биття;

вплив температурних зсувів попереднього підсилювача несучої частоти на режим роботи демодулятора.

Задача і технічним результатом корисної моделі є:

підвищення перешкодозахищеності від впливу високочастотних перешкод;

автоматична стабілізація напруги живлення вимірювального моста як в одно- так і в багатоканальному варіанті пристрою;

незалежне автоматизоване балансування розкиду активних параметрів моста і з'єднувальних кабелів;

незалежне автоматичне балансування розкиду реактивних параметрів вимірювального моста і з'єднувальних кабелів;

підвищення температурної стабільності вимірювальних каналів.

Поставлена задача вирішується тим, що в тензометричному підсилювачі на несучій частоті, що містить вимірювальний міст, задавальний генератор синусоїдальної напруги несучої частоти, підсилювач потужності живлення вимірювального моста парафазною синусоїдальною напругою, попередній підсилювач несучої частоти, демодулятор, активний фільтр нижніх частот з програмно-керованими частотами зрізу, підсилювач постійної напруги з програмно-перемикним коефіцієнтом підсилення, балансувальний пристрій, пристрій для калібрування, джерело еталонної опорної напруги, дешифратор команд управління, пристрій для управління режимами перетворювача, аналого-цифровий перетворювач, системну магістраль, пристрій для автоматичної стабілізації напруги живлення вимірювального моста і комп'ютер, згідно з корисною моделлю, введено радіочастотний фільтр, фільтр верхніх частот, два фільтри нижніх частот, перетворювач рівня і мікроконтролер, що виконує функції дешифратора адреси та пристрою для управління режимами роботи вимірювального каналу; підсилювач потужності живлення вимірювального моста парафазною синусоїдальною напругою з автоматичною стабілізацією амплітуди містить два буферних підсилювача, що охоплені негативними зворотними зв'язками з вимірювальним мостом; балансувальний пристрій містить два незалежних контури омичного і ємнісного балансування розкиду активних і реактивних параметрів вимірювального моста і з'єднувальних кабелів, при цьому контур омичного автоматизованого балансування винесено з ланцюгів попереднього підсилювача несучої частоти і містить джерело еталонної опорної напруги, цифро-аналоговий перетворювач, суматор, перетворювач рівня аналогового сигналу і мікроконтролер, а контур автоматичного балансування по ємності містить додатково введені демодулятор, фільтр нижніх частот, фазозсувний каскад, інтегратор, коригуючу ланку, аналоговий помножувач і перетворювач напруга-струм; вихід задавального генератора несучої частоти з'єднаний зі входами основного демодулятора, фазозсувного каскаду і першими входами буферних підсилювачів; другі входи і виходи буферних підсилювачів, а також входи пристрою для калібрування підключені до живлючої діагоналі вимірювального моста кабельними лініями зв'язку; вихід фазозсувного каскаду з'єднаний з керуючим входом додаткового демодулятора і першим входом аналогового помножувача; вихід додаткового демодулятора через фільтр нижніх частот, інтегратор, коригуючу ланку з'єднаний з другим входом аналогового помножувача; вихід помножувача підключений до входу перетворювача напруга-струм; виходи перетворювача напруга-струм і пристрою для калібрування з'єднані з одним із входів попереднього підсилювача несучої частоти, при цьому обидва його входи через радіочастотний фільтр підключені до вимірювальної діагоналі моста, а вихід - через фільтр верхніх частот до аналогових входів основного і додаткового демодуляторів; вихід основного демодулятора через фільтр нижніх частот підключений до одного із входів суматора, його другий вхід - до виходу цифро-аналогового перетворювача, що сполучений з виходом джерела еталонної опорної напруги; вихід суматора через активний фільтр нижніх частот з програмно-керованими частотами зрізу підключений до входу підсилювача постійної напруги з програмно-перемикним коефіцієнтом підсилення; керуючі цифрові входи цифро-аналогового перетворювача і активного фільтра нижніх частот підключені до мікроконтролеру через дводотову лінію, а підсилювач постійної напруги - через паралельну шину; вихід підсилювача постійної напруги з'єднаний зі входом аналого-цифрового перетворювача і через перетворювач рівня з аналоговим входом мікроконтролера; цифрові входи і виходи мікроконтролера і аналого-цифрового перетворювача з'єднані через системну магістраль; аналого-цифровий перетворювач підключений до комп'ютера.

Запропонована корисна модель пояснюється на кресленні, де зображена блок-схема тензометричного підсилювача на несучій частоті.

Тензометричний підсилювач на несучій частоті включає вимірювальний міст 1, задавальний генератор синусоїдальної напруги несучої частоти 2, буферні підсилювачі живлення вимірювального моста парафазною синусоїдальною напругою 3 і 4, пристрій для калібрування 5, радіочастотний фільтр 6, попередній підсилювач несучої частоти 7, фільтр верхніх частот 8, основний демодулятор 9 і додатковий демодулятор 10, фільтри нижніх частот 11 і 12, фазозсувний каскад 13, інтегратор 14, коригувальна ланка 15, аналоговий помножувач 16, перетворювач напруга-струм 17, суматор 18, джерело еталонної опорної напруги 19, цифро-аналоговий перетворювач 20, активний фільтр нижніх частот з програмно-керованими частотами зрізу 21, підсилювач постійної напруги з програмно-перемикним коефіцієнтом підсилення 22, перетворювач рівня 23, дводотову шину управління 24, паралельну шину управління 25, мікроконтролер 26, системну магістраль 27, аналого-цифровий перетворювач 28, комп'ютер 29. Буферні підсилювачі 3 і 4, що охоплені негативним зворотним зв'язком з вимірювальним мостом 1, утворюють пристрій для автоматичної стабілізації напруги живлення

моста. Суматор 18, джерело еталонної опорної напруги 19, цифро-аналоговий перетворювач 20 і мікроконтролер 26 утворюють контур автоматизованого омичного балансування розкиду активних параметрів моста 1. Додатковий демодулятор 10, фазозсувний каскад 13, фільтр нижніх частот 12, інтегратор 14, коригувальна ланка 15, аналоговий помножувач 16, перетворювач напруга-струм 17 утворюють контур автоматичного балансування розкиду реактивних параметрів моста 1 і з'єднувального кабелю.

Запропонований підсилювач працює наступним чином.

Вихідна синусоїдальна напруга задавального генератора несучої частоти 2 подається на перші входи буферних підсилювачів 3 і 4, які формують парафазну напругу живлення вимірювального моста 1.

Для стабілізації амплітуди напруги живлення буферні підсилювачі 3 і 4 охоплено негативними зворотними зв'язками з вимірювальним мостом 1. У результаті, при зміні довжини кабелю або температури навколишнього середовища прямо пропорційно змінюються опори його провідників і відповідно коефіцієнти підсилення буферних підсилювачів 3 і 4, що автоматично компенсує відхилення амплітуди напруги живлення вимірювального моста 1. Це дозволяє реалізувати багатоканальний варіант тензопідсилювача шляхом підключення виходу генератора 2 до входів буферних підсилювачів 3 і 4 інших вимірювальних каналів.

Вимірюваний сигнал знімається з вимірювальної діагоналі моста 1, фільтрується від високочастотних електромагнітних перешкод радіочастотним фільтром 6 і підсилюється попереднім підсилювачем несучої частоти 7.

Активний фільтр верхніх частот 8 блокує температурні зсуви нулів, пригнічує в сигналі низькочастотні складові, що лежать у спектрі нижче частоти несучої, та подає його на основний демодулятор 9 і додатковий демодулятор 10.

Додатковий демодулятор 10, яким керує каскад зсуву фази 13, і фільтр нижніх частот 12 формують напругу, що прямо пропорційна величині паразитних ємностей вимірювального моста і з'єднувального кабелю. Ця напруга через інтегратор 14 і коригувальну ланку 15 надходить на перший вхід аналогового помножувача 16. Інтегратор 14 мінімізує похибку контуру автоматичного балансування по ємності та спільно з коригувальною ланкою 15 забезпечує його стійкість.

На другий вхід аналогового помножувача 16 з фазозсувного каскаду 13 подається стабільний по амплітуді синусоїдальний сигнал, зсунутий по фазі на 90° відносно несучої. Оскільки знак напруги на першому вході помножувача 16 залежить від того, у якому плечі вимірювальної схеми переважає паразитна ємність, то компенсуючий сигнал, що поступає на вхід попереднього підсилювача несучої частоти 7 через перетворювач напруга-струм 17 завжди перебуває в протифазі сигналу від ємнісного розбалансу і пригнічує його. Діапазон автокомпенсації ємнісного розбалансу для несучих частот 5 кГц і 10 кГц відповідає включенню паралельно одному плечу вимірювального моста ємностей 8000 пФ і 4000 пФ. Контур компенсує не тільки початковий розкид, але й інші зміни паразитної ємності в процесі вимірювань, не перериваючи їх.

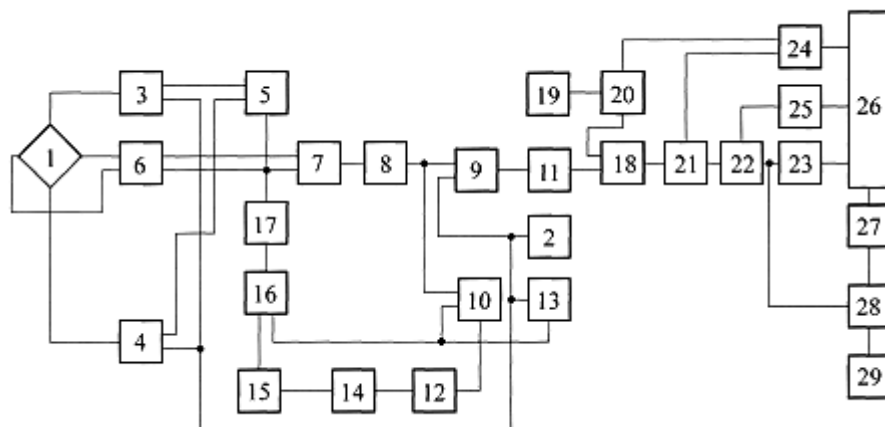
Вихідний сигнал основного демодулятора 9 проходить через фільтр нижніх частот 11, суматор 18, активний фільтр нижніх частот з програмно-керованими частотами зрізу 21 і підсилювач постійної напруги з програмно-перемикним коефіцієнтом підсилення 22, оцифровується аналого-цифровим перетворювачем 28 і передається в комп'ютер 29.

Автоматизоване балансування розкиду активних параметрів моста 1 ініціюється подаванням на мікроконтролер 26 відповідної команди. Ця команда, а також команди встановлення частоти зрізу активного фільтра нижніх частот 21, коефіцієнта передачі підсилювача постійної напруги 22 надходять від комп'ютера 29 на аналого-цифровий перетворювач 28 і по системній магістралі на мікроконтролер 26. Мікроконтролер 26 вимірює поточні значення вихідного сигналу каналу, що надходять на його аналоговий вхід через перетворювач рівня 23 і, за допомогою цифро-аналогового перетворювача 20, джерела еталонної опорної напруги 19, покроково змінює напругу на одному із входів суматора 18 так, щоб вихідна напруга каналу встановилася близькою нулю. Залишковий небаланс усувається програмно в комп'ютері 29. Діапазон балансування відповідає розкиду активних опорів тензорезисторів $\pm 2\%$ від їхніх номінальних значень. Тестовий сигнал формується в калібрувальному пристрої 5 шляхом почергового паралельного підключення прецизійних резисторів до плечей вимірювального моста 1 і подається на вхід попереднього підсилювача несучої частоти 7.

Запропонований прилад має підвищені перешкодозахищеність, термостабільність, зручність в експлуатації і може знайти застосування в області вимірювання статичних, динамічних деформацій, сил і тисків.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

5 Тензометричний підсилювач на несучій частоті, що містить вимірювальний міст, задавальний генератор синусоїдальної напруги несучої частоти, підсилювач потужності живлення вимірювального моста парафазною синусоїдальною напругою, попередній підсилювач несучої частоти, демодулятор, активний фільтр нижніх частот з програмно-керованими частотами зрізу, підсилювач постійної напруги з програмно-перемикним коефіцієнтом підсилення, балансувальний пристрій, пристрій для калібрування, джерело еталонної опорної напруги,
 10 дешифратор команд управління, пристрій для управління режимами вимірювального каналу, аналого-цифровий перетворювач, системну магістраль, пристрій для автоматичної стабілізації напруги живлення вимірювального моста і комп'ютер, який **відрізняється** тим, що додатково введено радіочастотний фільтр, фільтр верхніх частот, два фільтри нижніх частот, перетворювач рівня і мікроконтролер, що виконує функції дешифратора адреси та пристрою
 15 для управління режимами роботи вимірювального каналу; підсилювач потужності живлення вимірювального моста парафазною синусоїдальною напругою з автоматичною стабілізацією амплітуди містить два буферних підсилювачі, що охоплені негативними зворотними зв'язками з вимірювальним мостом; балансувальний пристрій містить два незалежних контури омичного і ємнісного балансування розкиду активних і реактивних параметрів вимірювального моста і
 20 з'єднувальних кабелів, при цьому контур омичного автоматизованого балансування винесено з ланцюгів попереднього підсилювача несучої частоти і містить джерело еталонної опорної напруги, цифро-аналоговий перетворювач, суматор, перетворювач рівня аналогового сигналу і мікроконтролер, а контур автоматичного балансування по ємності містить додатково введені демодулятор, фільтр нижніх частот, фазозсувний каскад, інтегратор, коригуючу ланку,
 25 аналоговий помножувач і перетворювач напруга-струм; вихід задавального генератора несучої частоти з'єднаний зі входами основного демодулятора, фазозсувного каскаду і першими входами буферних підсилювачів; другі входи і виходи буферних підсилювачів, а також входи пристрою для калібрування підключені до живлячої діагоналі вимірювального моста кабельними лініями зв'язку; вихід фазозсувного каскаду з'єднаний з керуючим входом
 30 додаткового демодулятора і першим входом аналогового помножувача; вихід додаткового демодулятора через фільтр нижніх частот, інтегратор, коригуючу ланку з'єднаний з другим входом аналогового помножувача; вихід помножувача підключений до входу перетворювача напруга-струм; виходи перетворювача напруга-струм і пристрою для калібрування з'єднані з
 35 одним із входів попереднього підсилювача несучої частоти, при цьому обидва його входи через радіочастотний фільтр підключені до вимірювальної діагоналі моста, а вихід - через фільтр верхніх частот до аналогових входів основного і додаткового демодуляторів; вихід основного демодулятора через фільтр нижніх частот підключений до одного із входів суматора, його
 40 другий вхід - до виходу цифро-аналогового перетворювача, що сполучений з виходом джерела еталонної опорної напруги; вихід суматора через активний фільтр нижніх частот з програмно-керованими частотами зрізу підключений до входу підсилювача постійної напруги з програмно-перемикним коефіцієнтом підсилення; керуючі цифрові входи цифро-аналогового перетворювача і активного фільтра нижніх частот підключені до мікроконтролера через
 45 дводотову лінію, а підсилювач постійної напруги - через паралельну шину; вихід підсилювача постійної напруги з'єднаний зі входом аналого-цифрового перетворювача і через перетворювач рівня з аналоговим входом мікроконтролера; цифрові входи і виходи мікроконтролера і аналого-цифрового перетворювача з'єднані через системну магістраль; аналого-цифровий перетворювач підключений до комп'ютера.



Комп'ютерна верстка Т. Вахричева

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601