



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 117662

(13) C2

(51) МПК

G01V 8/14 (2006.01)

G01V 1/16 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2015 02448	(72) Винахідник(и):	Ісаков Збігнієв (PL), Дворак Марек (PL), Агустиняк Адам (PL), Сіерадзкі Пшемислав (PL), Коца Януш (PL)
(22) Дата подання заявки:	15.12.2014	(73) Власник(и):	ІНСТИТУТ ТЕХНІК ІННОВАЦІЙНИХ ЕМАГ, ul. Leopolda 31, PL-40-189 Katowice, Poland (PL)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.09.2018	(74) Представник:	Сорокіна Олена Юріївна, реєстр. №186
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	P.410177	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	EP 2525240 A2, 21.11.2012 US 7558157 B1, 07.07.2009 CN 203299399 U, 20.11.2013
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	19.11.2014		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку:	PL		
(41) Публікація відомостей про заявку:	11.07.2016, Бюл.№ 13		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.09.2018, Бюл.№ 17		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/PL2014/000138, 15.12.2014		

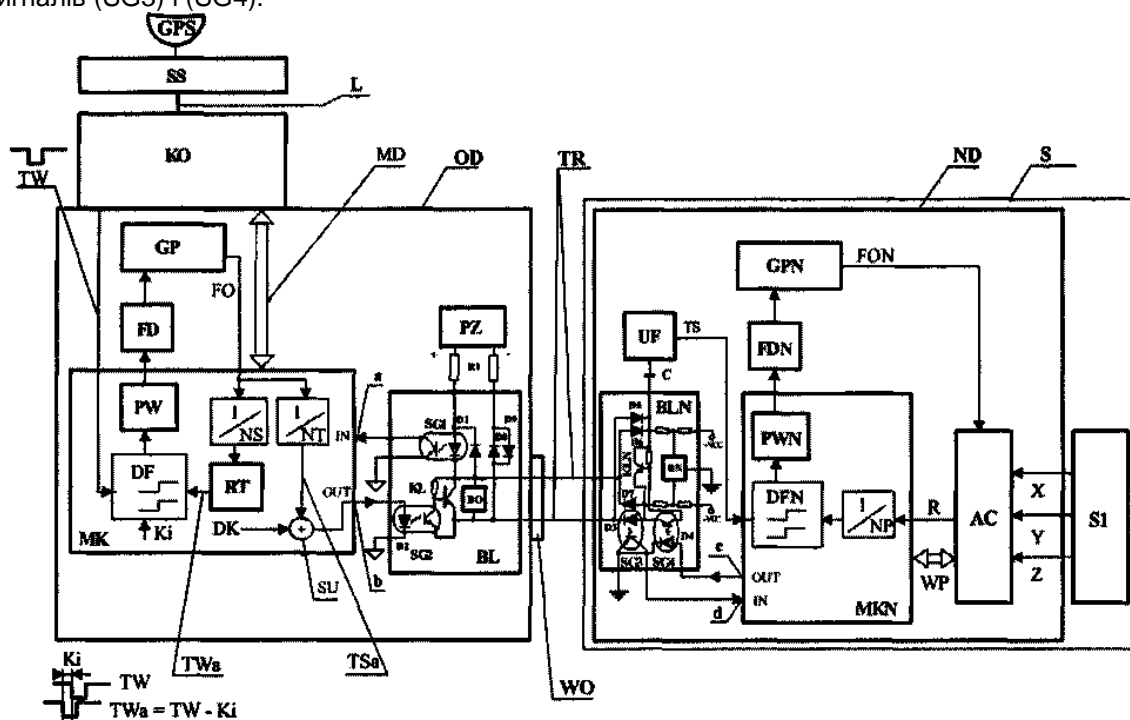
## (54) СПОСІБ ТА СХЕМА ДЛЯ СИНХРОНІЗАЦІЇ СЕЙСМІЧНИХ ТА СЕЙСМОАКУСТИЧНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ МЕРЕЖ, ОСОБЛИВО ШАХТНИХ ІСКРОБЕЗПЕЧНИХ МЕРЕЖ

### (57) Реферат:

Спосіб синхронізації сейсмічних та сейсмоакустичних вимірювальних мереж, особливо шахтних іскробезпечних мереж, полягає в тому, що в кожному трансмісивному каналі періодично ініціюється вимірювання величини тимчасового коригування (2Ki), що враховує час проходження сигналу від приймача (OD) до передавача (ND) та назад. Після цього схемою фазового автопідстроювання частоти приймача (OD), що містить годинник внутрішнього часу (RT), генерується, як коригування, в безперервному режимі, зрушений секундний внутрішній еталонний такт (TWa) з випередженням по фазі на величину тимчасового коригування (Ki), відносно секундного еталонного такту (TW) годинника (GPS) з одночасним випередженням часу годинника внутрішнього часу (RT) на величину тимчасового коригування (Ki), відносно секундного еталонного такту (TW), що здійснює маніпуляцію виходу живильно-роздільного перетворювача (PZ), іскробезпечно живлячого телетрансмісійну лінію (TR). Схема в лінійному блоці (BL) приймача (OD) має здійснюючий маніпуляцію телетрансмісійної лінії (TR) напівпровідниковий ключ (KL) приймача (OD), з'єднаний через вхідну оптронну гальванічну розв'язку (SG2) лінійного блока (BL) з виходом (b) мікроконтролера (МК). У свою чергу, в передавачі (ND) блок формування (UF) синхронізувального такту (TS) з'єднаний через конденсатор (C) з лінійним блоком передавача (BLN). При цьому вихід блоку формування (UF) з'єднаний з одним із входів фазового детектора (DFN) мікроконтролера передавача (MKN). У

UA 117662 C2

свою чергу, в лінійному блоці (BLN) передавача знаходяться оптронні гальванічні розв'язки сигналів (SG3) і (SG4).



Фіг.2 Блок-схема, що реалізує процес синхронізації схеми для одного зразкового вимірювально-трансмісійного каналу, застосовуваного в сейсмічній вимірювальній мережі

Предметом винаходу є спосіб та схема для синхронізації сейсмічних та сейсмоакустичних вимірювальних мереж, особливо шахтних іскробезпечних мереж.

Специфіка сейсмічних та сейсмоакустичних шахтних вимірювальних мереж обумовлена їх просторовим розташуванням в підземних виробках шахт. Сигнал GPS, який синхронізує вимірювальні мережі, залежно від розташування прийомної касети цифрової телетрансмісії сейсмічних або сейсмоакустичних систем, що складається з багатьох цифрових приймачів, надходить до неї безпосередньо або передається з поверхні шахти за допомогою шахтних мереж Ethernet, дротяних або світоводних, за стандартом IEEE 1588. Кожен вимірювальний канал в шахтних цифрових геофізичних вимірювальних мережах складається з цифрового передавача, з'єднаного з сейсмометром або геофоном та цифрового приймача, які з'єднані один з одним окремим телетрансмісійним каналом зв'язку. Цифрові передавачі, що працюють з сейсмометром або геофоном, розташовані поблизу очисної лави, найчастіше використовують для передачі вимірювальних даних окремі телетрансмісійні лінії, що дозволяють забезпечити центральне живлення передавачів від цифрових приймачів, а також двосторонню синхронну передачу. Цифровий приймач обладнаний мікроконтролером з годинником реального часу, що забезпечує живлення та гальванічну розв'язку перетворювачем, та з'єднаний з годинником GPS, а також, за допомогою телетрансмісійної лінії, з цифровим передавачем. У свою чергу, цифровий передавач містить мікроконтролер, іскробезпечну схему розв'язки та схему аналого-цифрового перетворювача.

Відомий, з патентного опису PL 211622, спосіб та мережа реєстрації геофізичних сигналів, особливо сигналів, що повільно змінюються, які надходять з точок на обраній, великій ділянці території, який полягає в тому, що сигнали, зібрані в кожній вимірювальній точці, підлягають одночасній дискретизації та запису, незалежно один від одного, в кожній вимірювальній точці, момент відліку геофізичного сигналу синхронізується із зовнішнім джерелом еталонного часу та реєструються значення сигналів в кожній вимірювальній точці, а сигнали після їх перетворення з аналогового вигляду в цифровий зберігаються у вимірювальній точці на носіях інформації, рекомендовано на картах пам'яті Compact Flash, а також, незалежно від їх накопичення та зберігання, передаються в станцію збору даних ON-LINE з усіх точок за допомогою телетрансмісійної мережі, рекомендовано по інтернету та / або стільникового телефонного зв'язку GSM, з можливістю тимчасового припинення передачі інформації, коли станція збору даних або телетрансмісійна мережа не працює, з можливістю поновлення передачі після перерви, починаючи з моменту припинення передачі, використовуючи інформацію, накопичену картами Compact Flash за період перерви в передачі даних. Одночасна дискретизація сигналів в кожній вимірювальній точці синхронізується сигналами еталонного часу із зовнішнього джерела еталонного часу, рекомендовано від системи GPS та / або передавача DCF, в результаті чого відбувається ідентифікація фазних залежностей сигналів, що приймаються окремими вимірювальними точками.

Відомі до теперішнього часу способи та схеми синхронізації вимірювальних мереж, що реєструють геофізичні сигнали, використовуючи для синхронізації цих вимірів зовнішні джерела еталонного часу від системи GPS, не забезпечують достатньо точної синхронізації виконання вимірювань, головним чином через не врахування запізнювання, пов'язаного з проходженням сигналів уздовж телетрансмісійних ліній різної довжини, що, зокрема, унеможливорює забезпечення достатньої точності локалізації сейсмічних явищ. Це стосується особливо прикордонних районів сусідніх шахт, а також застосування активної та пасивної сейсмічної швидкісної томографії, особливо у випадку просвічування невеликих ділянок гірського масиву, наприклад, попереду фронту очисної лави, де тимчасове запізнювання хвилі, що просвічує, дуже невелике та порівняно із запізненням, внесеним телетрансмісійними лініями. Це має також істотне значення у разі виконання вимірювань сейсмоакустичних сигналів, для яких запізнювання пропагації може становити до 10% періоду дискретизації. Застосовувані в даний час в схемах перетворення аналого-цифрові перетворювачі перетворюють сигнал з великою частотою та здійснюють його цифрову фільтрацію. Досягнення готовності та отримання даних, синхронно перетворених в точно певні моменти дискретизації, вимагає відповідного управління частотою їх роботи. Залежно від режиму роботи перетворювачів необхідно також враховувати час аналого-цифрового перетворення та фільтрації, чого не забезпечують існуючі схеми і що є джерелом вимірювальної похибки, особливо у випадку просвічування невеликих ділянок гірського масиву.

Метою винаходу є усунення недосконалості існуючих способів та схем синхронізації сейсмічних та сейсмоакустичних мереж шляхом поліпшення синхронізації цих мереж, що враховує коригування часу запізнювання в телетрансмісійних лініях та, додатково, коригування часу перетворення та цифрової фільтрації, реалізованої в аналого-цифрових перетворювачах,

що застосовуються в цих мережах, а також удосконалення комплектації та передачі блоків даних.

Спосіб синхронізації сейсмічних та сейсмоакустичних вимірювальних мереж характеризується тим, що в кожному каналі передачі даних періодично ініціюється вимірювання величини тимчасового коригування проходження сигналу від приймача до передавача та назад. Потім в ланцюзі фазового автопідстроювання частоти приймача, що містить годинник внутрішнього часу, генерується в безперервному режимі, як коригування, зрушений секундний внутрішній еталонний такт з фазним випередженням на величину тимчасового коригування, по відношенню до секундного еталонного такту годинника, синхронізованого від глобальної супутникової навігаційної системи одночасним прискоренням часу годинника внутрішнього часу на величину тимчасового коригування. Також в безперервному режимі генерується, набагато частіше, рекомендовано в 250 разів частіше, внутрішній синхронізувальний такт з випередженням по фазі на величину тимчасового коригування по відношенню до секундного еталонного такту, який маніпулює вихід перетворювача живлення та розв'язки, що живить іскробезпечною напругою телетрансмісійну лінію, а при її посередництві керуючий роботою ланцюга фазового автопідстроювання частоти передавача, що охоплює зворотним зв'язком аналого-цифровий перетворювач. Ця процедура реалізується таким чином, щоб готовність аналого-цифрового перетворювача з'являлася багаторазово, рекомендовано в 40 разів частіше, ніж синхронізувальний такт та раз на число готовностей, рекомендовано 40 готовностей, синхронно з цим тактом, а також, рекомендовано на кожні 10 000 вимірювань, синхронно з односекундним еталонним тактом. В результаті в приймачі отримують в кожному періоді синхронізувального такту блок вимірювальних даних дискретизації аналогових складових з сейсмічного датчика або геофонного вимірювального зонда. Потім реальний час дискретизації першої вибірки (відліку) в пакеті даних, що складається з блоків вимірювальних даних, що отримується з годинника внутрішнього часу в момент заднього фронту (зрізу) секундного еталонного такту, який враховує вже час запізнювання сигналу в телетрансмісійній лінії, коригується додатково шляхом програмного вичитування постійної поправки, рекомендовано 8 мс, яка витікає з часу комплектування блоку вимірювальних даних в передавачі, який дорівнює одному періоду синхронізуючого такту та часу передачі результатів вимірювань, що містяться в блоці вимірювальних даних у вигляді цифрових блоків, з передавача до приймача, який також дорівнює одному періоду такту, що синхронізує вального передавач.

Незважаючи на те, що деякі елементи схеми, що використовуються для реалізації способу, що є предметом винаходу, запропоновані в програмному вигляді, для фахівця в галузі, що стосується винаходу є очевидним, що ці елементи можуть бути також виконані в апаратному вигляді. Враховуючи вищесказане, якщо в будь-якому місці опису вказані пристрої, реалізовані програмним способом, слід мати на увазі, що ці ж елементи схеми можуть бути реалізовані апаратним способом. Програмні пристрої в обраних випадках дешевше та зручніше, ніж апаратні. Тому, у зв'язку з вищесказаним, ні загальний опис, ні приклади виконання винаходу в місцях, що стосуються програмного виду, не повинні розумітися у вузькому сенсі, як такі, що стосуються виключно програмних пристроїв. У свою чергу, в приймачі програмне реалізується фазове автопідстроювання частоти з використанням мікроконтролера, причому програмується фазовий детектор із заданою величиною постійної, коректуючої часової поправки внутрішнього секундного еталонного такту, тоді як фазовий детектор управляє модулятором ширини імпульсу, який через фільтр низьких частот управляє входом генератора керованого напругою. Вихідний сигнал цього генератора після розподілу програмне керованим дільником внутрішнього часу тактує апаратний годинник внутрішнього часу мікроконтролера. В результаті цієї процедури утворюється внутрішній секундний еталонний такт, зрушений за часом вперед, на величину тимчасової коректувальної поправки по відношенню до секундного еталонного такту з глобальної супутникової навігаційної системи, що дорівнює часу запізнювання сигналів, що передаються телетрансмісійною лінією. У той же час у результаті розподілу частоти генератора, керованого напругою, здійснюваного дільником внутрішнього часу, утворюється внутрішній синхронізувальний такт, що передається, рекомендовано кожні 4 мс, у передавач. Цей такт багаторазово частіше, рекомендовано в 250 разів частіше, ніж секундний внутрішній еталонний такт, синхронізує роботу передавача, з урахуванням різної за величиною для кожного каналу зв'язку тимчасової коректувальної поправки імпульсів секундного внутрішнього еталонного такту по відношенню до еталонного такту із годинника синхронізованого від глобальної супутникової навігаційної системи, при чому це коригування впливає з раніше виконаного автоматичного вимірювання часу запізнювання в даній телетрансмісійній лінії.

У передавачі імпульси синхронізувального такту, що передаються з приймача та відтворювані з телетрансмісійної лінії, керують ланцюгом автопідстроювання частоти, програмне організованої в мікроконтролері передавача, що охоплює зворотним зв'язком аналого-цифровий перетворювач, роботу якого тактує вихідна частота генератора, який керований напругою. При цьому на вхід цього генератора, через фільтр нижніх частот передавача, подається сигнал, довжина якого пропорційна похибці фази на виході програмованого фазового детектора передавача, що порівнює фазу імпульсів синхронізуючих тактів з імпульсами, отриманимим в результаті поділу імпульсів готовності аналого-цифрового перетворювача дільником синхронізувального такту. В результаті цієї процедури на виході передавача виходить послідовний за часом цифровий результат дискретизації аналогових складових сигналу, у вигляді блоку вимірювальних даних результату дискретизації, синхронно з синхронізованим тактом. У свою чергу, у взаємодіючому цифровому приймачі отримують результат у вигляді пакету даних, що складається з блоків вимірювальних даних результату вимірювань, синхронно з секундним еталонним тактом, блоки якого були передані між черговими синхронізувальними тактами.

Крім того, з метою підвищення точності синхронізації дискретизації сигналів в каналі приймача, здійснюється програмне коректування часу дискретизації першої вибірки пакета даних, що складається з блоків вимірювальних даних, яке надходить з годинника внутрішнього часу в момент заднього фронту секундного еталонного такту, з додатковим вирахуванням постійної коректувальної поправки часу, яка дорівнює сумі часу перетворення та часу цифрової фільтрації.

Схема для синхронізації сейсмічних та сейсмоакустичних вимірювальних мереж в лінійному блоці приймача має вбудований короткозамикальний телетрансмісійну лінію напівпровідниковий ключ, з'єднаний за допомогою вхідної оптронної гальванічної розв'язки з виходом мікроконтролера. Передавач має блок формування синхронізувального такту, який з'єднаний через конденсатор з лінійним блоком передавача. При цьому вихід блоку формування з'єднаний з одним із входів фазового детектора мікроконтролера передавача. У лінійному блоці передавача знаходяться дві оптронні гальванічні розв'язки сигналів, причому керуючий діод вихідної оптронної гальванічної розв'язки в лінійному блоці передавача є, разом з трьома іншими діодами, елементом мостової схеми випрямляча Гретца, що з'єднує лінійний блок передавача з телетрансмісійною лінією. Вихід цієї оптронної гальванічної розв'язки з'єднаний з входом даних мікроконтролера передавача, а вихід даних мікроконтролера передавача з'єднаний з керуючим діодом вхідної оптронної гальванічної розв'язки в лінійному блоці передавача, вихід якого управляє напівпровідниковим ключем передавача, що здійснює маніпуляцію телетрансмісійною лінією. Вихід оптронної гальванічної розв'язки вихідного лінійного блоку приймача з'єднаний з входом мікроконтролера, в той час як керуючий діод цієї оптронної гальванічної розв'язки з'єднує живильно-керуючий перетворювач з телетрансмісійною лінією через обмежувач струму.

Приймач оснащений схемою автопідстроювання частоти, яка містить програмне реалізований фазовий детектор з програмне встановленою величиною коректувальної поправки часу, апаратний генератор з програмне встановленою шириною імпульсу, апаратний фільтр нижніх частот, з'єднаний з генератором, який керований напругою, вихід якого з'єднаний з дільником внутрішнього часу. При цьому, керований напругою генератор з'єднаний з телетрансмісійною лінією через подільник внутрішнього синхронізувального такту, підсумовуючий вузол та лінійний блок приймача.

Передавач оснащений схемою автопідстроювання частоти, яка складається з генератора імпульсів з програмне встановленою шириною, апаратного фільтра нижніх частот передавача, з'єднаного з генератором, керованим напругою, вихід якого з'єднаний з керуючим входом аналого-цифрового перетворювача. У свою чергу, вихід готовності аналого-цифрового перетворювача з'єднаний через дільник, що визначає число вимірювань, виконуваних між синхронізуючими тактами, з одним із входів фазового детектора передавача, другий вихід якого з'єднаний з лінійним блоком передавача через формуючу схему та конденсатор.

Рішення схеми та способу, згідно винаходу, забезпечує в кожному каналі взаємодіючих вимірювальних сейсмічних та сейсмоакустичних мереж, точну синхронізацію, що враховує запізнювання проходження сигналу в лініях різної довжини, а також тривалість комплектації та передачі, послідовно, з передавача ND до приймача OD вибірок трьох складових сигналу коливань з сейсмічного датчика S1 та / або геофонного вимірювального зонда G1, а також постійний час перетворення та цифрову фільтрацію сигналу. Винахід істотно зменшує похибку вимірювання, що має особливо важливе значення у разі здійснення локалізації сейсмічних явищ в невеликих ділянках гірського масиву, а також при просвічуванні гірського масиву з

використанням сейсмічних хвиль, збуджених цими явищами або ж збуджених із застосуванням активних методів.

Предмет винаходу представлений, для прикладу, на кресленнях, де Фіг. 1 являє оглядову схему сейсмічної та сейсмоакустичної вимірювальної мережі на шахті, Фіг. 2 являє блок-схему, що реалізує процес синхронізації схеми для одного зразкового вимірювально-трансмисійного каналу, що застосовується в сейсмічній вимірювальній мережі, Фіг. 3 представляє основні часові графіки сигналів TW, Twa, TSa, TS, R, MD, що мають місце в схемі, зображеної на Фіг. 2.

#### Приклад I

У способі, що є предметом винаходу, в кожному каналі передачі періодично ініціюється вимірювання величини коригування  $2K_i$  часу проходження сигналу від приймача OD до передавача ND та назад. Потім в ланцюзі фазового автопідстроювання частоти приймача OD, що містить годинник внутрішнього часу RT, генерується, в режимі безперервного коригування, зрушений секундний еталонний такт Twa з випередженням по фазі на величину тимчасового коригування  $K_i$  по відношенню до секундного еталонного такту TW від годинника GPS з одночасним прискоренням часу годинника внутрішнього часу RT на час тимчасового коригування  $K_i$ . Також безперервно генерується, в  $N = 250$  разів частіше, внутрішній синхронізувальний такт TSa з випередженням по фазі на величину тимчасового коригування  $K_i$ , по відношенню до секундного еталонного такту TW, який здійснює маніпуляцію виходом живлячого розділювального перетворювача PZ, що забезпечує іскробезпечне живлення телетрансмисійної лінії TR, а за допомогою її керуючий роботою схеми фазового автопідстроювання частоти передавача ND, що охоплює своїм зворотним зв'язком аналого-цифровий перетворювач AC типу сигма-дельта, з тим, щоб готовність R аналого-цифрового перетворювача AC з'являлася в  $NP = 40$  разів частіше, ніж синхронізувальний такт TS, між черговими імпульсами синхронізувального такту TS та один раз на  $NP = 40$  готовностей R, синхронно з цим тактом, а також один раз на  $(N-NP) = 10\ 000$  реній, синхронно з секундним еталонним тактом TW. В результаті цих процедур, у приймачі OD отримують в кожен період синхронізувального такту TS, блоки BNP вимірювальних даних від дискретизації аналогових складових X, Y, Z з сейсмічного датчика S1 або геофонного вимірювального зонда G1. У кожний період секундного еталонного такту TW отримують пакет, що складається з 250 блоків BNP результатів вимірювань. При цьому фактичний час ретізації першої вибірки в першому блоці вимірювальних даних BNP пакету результатів вимірювань, переданий в момент T1 з годинника внутрішнього часу RT, який вже враховує час запізнювання сигналу TR в телетрансмисійній лінії, додатково коригується шляхом програмного вирахування постійної затримки 8 мс, викликаній тривалістю комплектування в передавачі ND блоку вимірювальних даних BNP результатів вимірювань, що дорівнює одному періоду синхронізувального такту TS та часу передачі результатів вимірювань, що містяться в блоці вимірювальних даних BNP у вигляді цифрових вибірок, з передавача ND до приймача QD, також рівному одному періоду синхронізувального такту TS. Крім того, для кожного тривимірного вимірювального каналу (X, Y, Z), як сейсмічного, так і сейсмоакустичного, реалізується автоматичне вимірювання тимчасового коригування  $K_i$  запізнювання, викликаного тривалістю проходження сигналу в телетрансмисійній лінії TR, відповідної даному каналу, що з'єднує передавач ND з приймачем OD. З метою підвищення точності синхронізації дискретизації сигналів в каналі приймача OD здійснюється програмне коректування часу дискретизації першої вибірки пакета даних, що складається з N блоків вимірювальних даних BNP, прийнятого від годин RT в момент T1, з додатковим вирахуванням часу постійного тимчасового коригування Tас, рівного сумі часу перетворення Tr та часу цифрової фільтрації Tf. У кожному приймачі OD діє ланцюг фазового автопідстроювання частоти, організований з використанням мікроконтролера МКО, що охоплює: фазовий детектор DF з програмне встановленою величиною тимчасового коригування  $K_i$ , модулятор ширини імпульсу PW, керований від виходу фазового детектора DF фазовою похибкою, апаратний фільтр нижніх частот FD, що керує апаратним генератором, який керований напругою GP, вихід якого після поділу програмне налаштованим дільником внутрішнього часу  $1/NS$  тактує апаратний годинник внутрішнього часу RT із заданим спочатку актуальним астрономічним часом, переданим програмним протоколом NMEA. В результаті дії описаного вище ланцюга фазового автопідстроювання частоти приймача отримують зрушений секундний еталонний такт Twa, зі зрушенням за часом вперед на величину тимчасового коригування  $K_i$  по відношенню до секундного еталонного такту TW від годинника GPS, з одночасним прискоренням місцевого часу в годиннику внутрішнього часу RT на величину тимчасового коригування  $K_i$ . В результаті розподілу частоти FO генератора, який керований напругою GP, програмне налаштованим дільником внутрішнього синхронізувального такту  $1/NT$  в приймачі отримують внутрішній синхронізувальний такт TSa, кожні 4 мс зрушений за часом вперед на величину тимчасового

коригування  $K_i$  по відношенню до секундного еталонного такту  $TW$ , переданий в передавач  $ND$ . Синхронізувальний такт  $TS$ , відтворений в передавачі з внутрішнього синхронізувального такту  $TSa$  набагато частіше, ніж кожен 1 с, синхронізує роботу передавача з урахуванням тимчасового коригування  $K_i$  імпульсів секундного еталонного такту  $TW$ , що витікає з раніше виконаного автоматичного вимірювання запізнювання на телетрансмісійній лінії зв'язку  $TR$ , а також тактує передачу пакета даних, що складається з  $N = 250$  блоків вимірювальних даних  $BNP$ , по 40 результатів в кожному блоці, з передавача  $ND$ , синхронно з синхронізувальним тактом  $TS$ , причому весь пакет даних передається синхронно з секундним еталонним тактом  $TW$ . Згідно зі схемою імпульси внутрішнього синхронізувального такту  $TSa$  з приймача  $OD$  надходять в передавач  $ND$ , за допомогою приймача, що знаходиться в лінійному блоці  $BL$ , оптронного блоку гальванічної розв'язки  $SG2$  та транзисторного ключа  $KL$ , короткозамикальної напруги, що живить розділовий перетворювач  $PZ$ , що подається через резистори  $R1$  в іскробезпечну телетрансмісійну лінію зв'язку  $TR$ , захищену, зважаючи на необхідну іскробезпечу, діодним бар'єром  $BO$ , що обмежує напругу та струм в телетрансмісійній лінії  $TR$ .

У передавачі  $ND$  при посередництві блоку лінійних ланцюгів  $BLN$  та схеми формування такту  $UF$  відтворюється синхронізувальний такт  $TS$  від змінної складової в телетрансмісійній лінії  $TR$ , спричиненої шляхом маніпуляції в приймачі  $OD$  внутрішнім синхронізувальним тактом  $TSa$ . При цьому  $TS = TSa + K_i$ . У передавачі  $ND$  імпульси синхронізувального такту  $TS$ , що одержані в схемі формування  $UF$ , управляють фазовим автопідстроюванням частоти, програмно організованим в мікроконтролері передавача  $MKN$ , що охоплює зворотним зв'язком апаратний аналого-цифровий перетворювач  $AC$  типу сигма-дельта, маніпульований вихідною частотою  $FO$  апаратного генератора, керованого напругою  $GPN$  від виходу апаратного фільтра нижніх частот передавача  $FDN$ , на вхід якого подається сигнал з модулятора  $PWN$ , тривалість якого пропорційна фазовій похибці на виході програмованого фазового детектора  $DFN$ , що порівнює для порівняння фазу синхронізуючих імпульсів  $TS$  з імпульсами, отриманими в результаті поділу імпульсів готовності  $R$ , що генеруються готовністю  $R$  аналого-цифрового перетворювача  $AC$  за допомогою програмно заданого дільника синхронізувального такту  $1/NP$ . В результаті такого рішення отримують на виході передавача блок вимірювальних даних  $BNP$ , що складається з  $NP = 40$  цифрових результатів дискретизації аналогових складових сигналу  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , під час інтервалу між черговими фронтами імпульсів синхронізувального такту  $TS$ , синхронно з цим тактом. Крім того, результат вимірювання  $WP$  передається з аналого-цифрового перетворювача  $AC$  в мікроконтролер  $MKN$ . Вихідні дані у вигляді блоку вимірювальних даних  $BNP$  результатів вимірювань передаються з передавача  $ND$  за допомогою маніпулювання телетрансмісійною лінією  $TR$  за допомогою оптронної гальванічної розв'язки  $SG4$  та ключа передавача  $KLN$  в лінійному блоці передавача  $BLN$  та приймаються приймачем  $OD$  через оптронну гальванічну розв'язку  $SG1$ , діод якої управляється змінною складовою струму в лінії та після відповідного формування надходять послідовно в мікроконтролер приймача  $MK$ . Кожен  $N$ -й блок вимірювальних даних, що складається з  $NP = 40$  результатів вимірювань, приймається приймачем  $OD$  синхронно з секундним еталонним тактом  $TW$  з годинника  $GPS$ . Першому блоку вимірювальних даних  $BNP$ , що складається з  $NP = 40$  результатів, в пакеті складається з  $N = 250$  блоків результатів вимірювань  $BNP$ , що видається з приймача  $OD$ , передуює час, програмне визначений отриманим в приймачі  $OD$  від годинника внутрішнього часу  $RT$  в момент  $T1$ .

Отриманий час враховує запізнювання в лінії, а після додаткового коректування, що полягає в відніманні з нього постійних величин часу, що впливають з формування блоку (4 мс), тривалості передачі блоку (4 мс), а також постійної величини часу перетворення та фільтрації сигналу у вигляді постійної величини коректувальної поправки  $T_{ас}$ , точно визначає час виконання першої вибірки (відліку) сигналу, що передається в першому блоці  $BNP$  пакета, що складається з  $N$  блоків. Маніпуляція телетрансмісійною лінією  $TR$  в блоці лінійних ланцюгів передавача  $BLN$  та приймача  $OD$  дозволяє відправляти послідовно комбінації бітів записаних в цифровому вигляді даних коливань - сигналу  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , головним чином з передавача  $ND$  до приймача  $OD$ . Нерегулярно, спорадично, передаються конфігураційні та тестові дані від приймача  $OD$  до передавача  $ND$ . Зміні напрямку передачі передуює передача з поверхні шахти  $A$  внутрішнього синхронізувального такту  $TSa$  подвійної ширини та тоді передаються в підземну частину шахти  $B$  до передавача  $ND$  конфігураційні дані з суматорного вузла  $SU$  мікроконтролера  $MK$  приймача  $OD$ . У способі, що є предметом винаходу, секундний еталонний такт  $TW$ , що подається з годинника  $GPS$ , синхронізує астрономічний час  $NMEA$ , що подається періодично в години внутрішнього часу  $RT$ . Після вимірювання в каналі зв'язку чергової тимчасової коригування  $K_i$  запізнювання, внесеного телетрансмісійною лінією  $TR$  (наприклад, після зміни її довжини) шляхом генерування імпульсу внутрішнього синхронізувального такту  $TSa$  та програмного вимірювання тимчасового коригування  $2K_i$  часу, що минає до першого

імпульсу, який є відповіддю передавача ND, виміряна величина запізнювання програмним чином вводиться у вигляді тимчасового коригування  $K_i$  в фазовий детектор DF схеми фазового автопідстроювання частоти приймача OD. В результаті дії фазового детектора DF схеми фазового автопідстроювання частоти мікроконтролера МК приймача OD годинники внутрішнього часу RT зсуваються вперед на величину виміряної тимчасової коригування  $K_i$  в телетрансмісійній лінії TR та генерований внутрішній синхронізувальний такт TSa, що здійснює синхронізацію роботи передавача ND, зрушений вперед на величину тимчасового коригування  $K_i$  по відношенню до секундного еталонного такту TW від годинника GPS. Прискорені за часом імпульси внутрішнього синхронізувального такту TSa передаються до передавача ND із затримкою, яка компенсує введене прискорення, тобто синхронно, кожен черговий N-й внутрішній синхронізувальний такт TSa з секундним еталонним тактом TW годин GPS. У передавачі ND імпульси синхронізувального такту TS з використанням схеми фазового автопідстроювання частоти з фазовим детектором DF керують частотою генератора GPN та при його посередництві - аналого-цифрового перетворювача AC з тим, щоб кожен NP-й результат перетворення видавався синхронно з тактом TS та кожні  $N-NP = 10\,000$  з секундним еталонним тактом TW. Час  $T_i$  на графіку (Фіг. 3) визначає час вимірювання першої вибірки пакета даних, що складається з багатьох блоків вимірювальних даних BNP. Визначається він шляхом його прийняття від годинника внутрішнього часу RT в момент заднього фронту синхронізуючого такту TW та розміщення попереду переданого першого блоку BNP пакета даних. Додатково він коректується шляхом вирахування 8 мс - тривалості 2 синхронізуючих тактів TS, один з яких враховує комплектування блоку вимірювальних даних BNP, що складається з  $NP = 40$  вибірок, в передавачі ND, а під час другого такту здійснювалася передача блоку вимірювальних даних BNP з передавача ND в приймач OD, а також додатково шляхом вирахування постійного часу перетворення та фільтрації в аналого-цифровому перетворювачі. Для забезпечення синхронізації роботи передавача ND зі зрушеним секундним еталонним тактом TWa, прискореним на час запізнювання сигналу в телетрансмісійній лінії TR, що генеруються годинником GPS, приймач OD посиляє частіше внутрішній синхронізувальний такт TSa шляхом короткого замикання перетворювача PZ ключем KL, керованим з виходу мікроконтролера МК приймача OD за допомогою оптронної гальванічної розв'язки SG2 з діодом D2. Внутрішній синхронізувальний такт TSa відтворюється в передавачі ND із змінною складовою в телетрансмісійній лінії TR за допомогою схеми формування UF синхронізувального такту TS та управляє, за допомогою організованої там схеми фазового автопідстроювання частоти, роботою аналого-цифрового перетворювача AC таким чином, щоб виконував перетворення  $NP = 40$  вимірювань, з першим виміром виконуваним синхронно з секундним синхронізувальним тактом TS. Укомплектовані вимірювальні дані у вигляді блоку вимірювальних даних BNP, що складається з  $NP = 40$  результатів, в мікроконтролері передавача MKN передаються з передавача ND за допомогою телетрансмісійної лінії TR в приймач OD в результаті її маніпулювання ключем передавача KLN, керованим оптронною гальванічною розв'язкою SG4 від виходу даних мікроконтролера передавача MKN. Результат маніпуляції телетрансмісійної лінії TR ключем KLN, у вигляді змінної складової, яка ідентифікована діодом D1 оптронної гальванічної розв'язки SG1 в лінійному блоці приймача BLO, приймається мікроконтролером МК. Прийняті мікроконтролером МК приймача OD дані, у вигляді пакету, що складається з блоків вимірювальних даних BNP, доповнені часом прийнятим в момент  $T_i$  від внутрішнього годинника RT, з описаними додатковими коригуваннями, передаються магістралю даних MD в приймальню касету передачі KO та далі, за допомогою лінії L в сейсмічну систему SS. У разі передачі конфігураційних даних каналу передачі із сейсмічної системи S S за допомогою приймача OD в передавач ND передається більш тривалий імпульс внутрішнього синхронізувального такту TSa, короткозамикаючий телетрансмісійні лінії ключ KLO. При цьому за допомогою суматорного вузла SU мікроконтролера МК передаються конфігураційні дані в передавач ND, де ідентифікуються діодом D3 оптронної гальванічної розв'язки SG3 та надходять на вхід мікроконтролера MKN передавача ND.

На представлених на Фіг. 3 графіках показані тимчасові діаграми:

- сигналу TW - секундного еталонного такту, переданого з приймача GPS;

- сигналу TWa - зрушеного секундного внутрішнього еталонного такту, створюваного в приймачі OD, зрушеного за часом вперед на величину тимчасового коригування  $K_i$ , рівну автоматично вимірюваному запізнюванню в телетрансмісійній лінії TR, по відношенню до секундного еталонного такту TW;

- сигналу TSa - внутрішньо синхронізованого такту, створюваного в приймачі, синхронізуючого роботу передавача після проходження сигналом телетрансмісійної лінії з



запізненням  $K_i$  та відтвореного в передавачі ND, як синхронізувальний такт TS. Сигнал TSa в N разів частіше сигналу TWa, причому  $N = 250$ ;

- сигналу TS - синхронізуючого передавач, відтвореного в передавачі з такту TSa, переданого з приймача. Сигнал TS в N разів частіше сигналу TW, причому  $N = 250$ ;

5     • імпульсу готовності R аналого-цифрового перетворювача AC, визначаючого моменти дискретизації тривимірного аналогового сигналу з сейсмічного датчика S1 або геофонного вимірювального зонда G1 на тлі такту TS, синхронізуючого роботу передавача ND з метою утворення блоків вимірювальних даних BNP, що складаються з  $NP = 40$  результатів вимірювань, синхронно з цим тактом;

10     • вимірювальних даних, переданих вимірювальною магістраллю MD у вигляді пакетів даних, що складаються з N блоків вимірювальних даних, тобто BNP1 ... BNPN, що доповнюються кожен секунду часом вимірювання першої вибірки, визначеним шляхом відліку в момент T1 (графік TW) з внутрішніх годин RT та вирахування з цього часу додаткової часової поправки, яка витікає з часу для комплектації блоку вимірювальних даних BNP та часу для його передачі, яка дорівнює двом періодам такту  $TS = 8$  мс, а також постійного коригування часу Tас, як суми часу для перетворення Tr даних аналого-цифровим перетворювачем AC та цифрової фільтрації з приймача OD в приймальню касету передачі KO та далі, в сейсмічну систему SS. Блоки вимірювальних даних BNP передаються передавачем ND, а також комплектуються та передаються з приймача OD за допомогою магістралі MD, синхронно з внутрішнім синхронізуючим тактом TSa.

#### Приклад II

Схема для синхронізації сейсмічних та сейсмоакустичних вимірювальних мереж, призначена для застосування способу, що є предметом винаходу, складається з розташованої на поверхні шахти A сейсмічної системи SS, а також двох шахтних сейсмоакустичних систем SA1 та SA2. Сейсмічна система SS з'єднана з годинником GPS, а також за допомогою світоводної мережі ETHERNET L з приймальною касетою цифрової передачі даних KO, яка містить цифрові приймачі OD з входами WO, до яких підключені окремі телетрансмісійні лінії TR, відповідні вимогам іскробезпеки. До входів WO чотирьох приймачів OD підключені чотири сейсмометричні станції S, встановлені в підземній частині шахти B. Кожна сейсмометрична станція S містить сейсмічний датчик, з'єднаний з передавачем ND, який в свою чергу з'єднаний з приймачем OD окремою телетрансмісійною лінією TR. Кожна з двох шахтних сейсмоакустичних станцій SA1 та SA2 оснащена центральним іскробезпечним живленням передавачів ND від приймачів OD, з'єднана з годинником GPS, а також, за допомогою світоводної мережі ETHERNET L, з приймальною касетою цифрової передачі даних KO, яка містить цифрові приймачі OD з входами WO, до яких підключені окремі телетрансмісійні лінії, відповідні вимогам іскробезпеки. До кожного входу WO підключені вісім геофонних станцій G, встановлених в прилеглих до очисної лави штреках С. Кожна геофонна станція G, містить геофонний вимірювальний зонд G1, з'єднаний з передавачем ND, який в свою чергу з'єднаний з приймачем OD окремою телетрансмісійною лінією TR. Телетрансмісійні лінії TR служать для двосторонньої цифрової передачі тривимірних цифрових сейсмічних та сейсмоакустичних сигналів між передавачем ND та приймачем OD, а також для іскробезпечного живлення цифрового передавача ND з поверхні шахти А. Кожен приймач OD виконує роль концентратора вимірювальних даних, який може бути встановлений як на поверхні А, так і в підземній частині шахти В. Схема, яка є предметом винаходу, в лінійному блоці BL приймача OD має короткозамикаючий, телетрансмісійну лінію, напівпровідниковий ключ KL, з'єднаний через оптронну гальванічну розв'язку SG2 лінійного блоку BL з виходом b мікроконтролера МК. У свою чергу, в передавачі ND, блок формування UF синхронізуючого такту TS, з'єднаний через конденсатор С з лінійним блоком передавача BLN. При цьому вихід блоку формування UF з'єднаний з одним із входів фазового детектора DFN, мікроконтролера передавача MKN. У той же час в лінійному блоці передавача BLN знаходяться оптронні розв'язки сигналів SG3 та SG4. Керуючий діод вихідної оптронної гальванічної розв'язки SG3 в лінійному блоці передавача BLN є, разом з діодами D5, D6 та D7, елементом випрямляча Гретца, що з'єднує лінійний блок передавача BLN з телетрансмісійною лінією TR. Вихід оптронної гальванічної розв'язки SG3 з'єднаний з входом d даних мікроконтролера передавача MKN, а вихід с даних мікроконтролера передавача MKN з'єднаний з керуючим діодом D4 вхідної оптронної гальванічної розв'язки SG4 лінійного блоку передавача BLN, вихід якого управляє напівпровідниковим ключем передавача KLN, що здійснює маніпуляцію телетрансмісійною лінією TR. У свою чергу вихід оптронної гальванічної розв'язки SG1 лінійного блоку BL приймача з'єднаний з входом а мікроконтролера МК. У той же час керуючий діод D1 цієї оптронної гальванічної розв'язки з'єднує живляче-

керуючий перетворювач PZ з телетрансмісійною лінією TR через обмежувач струму, що складається з резистора R1 та діодів D8 та D9.

Приймач OD містить мікроконтролер МК, який управляє його роботою, а також годинник внутрішнього часу RT, що завантажується спорадично від годинника GPS та безперервно синхронізований односекундним еталонним тактом TW. У приймачі OD знаходиться схема фазового автопідстроювання частоти, елементи якої реалізовані частково програмне, частково ж є апаратними, причому програмні елементи (DF,  $1 / NS$ , SU) позначені на Фіг. 2 тоншою лінією, на відміну від апаратних елементів. Схема фазового автопідстроювання частоти містить програмне реалізований фазовий детектор DF з програмно заданим тимчасовим коригуванням  $K_i$ , апаратний генератор імпульсів PW з програмно заданою шириною імпульсу, апаратний фільтр нижніх частот FD, з'єднаний з генератором керованим напругою GP, вихід якого, частотою FO, після поділу програмним дільником внутрішнього часу  $1 / NS$ , управляє годинником внутрішнього часу RT, звідки вихід односекундного внутрішнього такту TSa фазовим детектором DF порівнюється по фазі з односекундним еталонним тактом TW з годинника GPS. Величина тимчасового коригування, рівна раніше вимірюваному запізнюванню в телетрансмісійній лінії TR, викликає зрушення вперед за часом, на величину коригування  $K_i$ , еталонного такту TWA та вироблюваного внутрішнього синхронізувального такту TSa по відношенню до односекундного еталонного такту TW. У мікроконтролері МК генерується також, після розподілу частоти FO дільником внутрішнього синхронізувального такту  $1/NS$ , внутрішній синхронізувальний такт TSa, який за допомогою телетрансмісійної лінії TR управляє роботою передавача ND. Здійснюється це з використанням оптронної гальванічної розв'язки SG2 та напівпровідниковим ключем KJL в лінійному блоці BL приймача OD, який з'єднує безпосередньо лінію з напругою, що надходить від живляче-розділового перетворювача PZ, передаючи цим, рекомендовано кожні 4 мс, імпульс внутрішнього синхронізувального такту TSa в передавач ND. Захисний бар'єр BO забезпечує іскробезпеку телетрансмісійній лінії TR. У свою чергу, передавач ND містить також, як приймач OD, мікроконтролер MKN, а також схему фазового автопідстроювання частоти, реалізовану частково програмне, а частково апаратним способом. Схема містить програмне реалізований фазовий детектор DFN, апаратний генератор імпульсів з програмно заданою шириною PWN, апаратний фільтр нижніх частот передавача FDN, з'єднаний з генератором передавача, керованим напругою GPN, вихід якого, частотою FON, тактує роботу аналого-цифрового перетворювача AC, тоді як імпульси готовності R аналого-цифрового перетворювача AC після ділення програмно реалізованим дільником синхронізованого такту  $1/NP$  порівнюються у фазовому детекторі передавача DFN з синхронізувальним тактом TS. При цьому, синхронізувальний такт  $TS = TSa + K_i$ . Синхронізувальний такт TS відтворюється в передавачі ND із змінної складової на телетрансмісійній лінії TR в формуючій схемі UF. Число NP визначає кількість готовностей R аналого-цифрового перетворювача AC, тобто, число виконаних вимірювань під час одного синхронізувального такту TS. Пакет блоків вимірювальних даних BNP передається з виходу мікроконтролера передавача MKN за допомогою оптронної гальванічної розв'язки SG4 та напівпровідникового ключа KLN лінійного блоку передавача BLN шляхом маніпуляції телетрансмісійної лінії TR. Модульований імпульсним чином струм в телетрансмісійній лінії TR приймається приймачем OD через діод оптронної гальванічної розв'язки SG1 та після формування прямокутного сигналу в мікроконтролері МК комплектуються блоки даних та програмно доповнюються часом дискретизації першої вибірки пакета блоків, з годинника внутрішнього часу RT, відлічуваним в момент T1 заднього фронту секундного еталонного такту TW, а також коригуваннями, що впливають з комплектування блоку вимірювальних даних BNP результатів вимірювань, його передачі, часу перетворення та цифрової фільтрації сигналу.

Список позначень:

A - поверхня шахти, B - підземна частина шахти, C - очисна лава, S S - шахтна сейсмічна система, KO - приймальня касета цифрової передачі даних, WO - входи приймачів, L - світловодна мережа ETHERNET, S - сейсмометрична станція, S1 - сейсмічний датчик, SA - шахтна сейсмоакустична система, G - геофонна станція, G1 - геофонна вимірювальна станція, GPS - годинник, що синхронізуються глобальною супутниковою навігаційною системою, TR - телетрансмісійні лінії, OD - приймач, МК - мікроконтролер приймача, RT - годинник внутрішнього часу, PW - генератор імпульсів (з програмно заданою шириною імпульсів), DF - фазовий детектор приймача (з програмно заданим коригуванням часу), FD - фільтр нижніх частот приймача,

FO - вихідна частота приймача,  
 GP - генератор керований напругою,  
 SG1 - вихідна оптронна гальванічна розв'язка блоку BL,  
 SG2 - вхідна оптронна гальванічна розв'язка блоку BL,  
 5 D2 - діод оптронної гальванічної розв'язки SG2,  
 KL - напівпровідниковий ключ,  
 BL - лінійний блок,  
 PZ - живляче-розділовий перетворювач,  
 BO - захисний бар'єр,  
 10 SU - суматорний вузол,  
 1 / NT - дільник внутрішнього синхронізувального такту,  
 1 / NS - дільник внутрішнього часу (визначає необхідну частоту для годинника внутрішнього часу RT);  
 a - вхід мікроконтролера приймача,  
 15 b - вихід мікроконтролера приймача,  
 ND - передавач,  
 MKN - мікроконтролер передавача,  
 DFN - програмний фазовий детектор передавача,  
 PWN - генератор імпульсів передавача,  
 20 FDN - фільтр нижніх частот передавача,  
 FON - вихідна частота передавача,  
 AC - аналого-цифровий перетворювач,  
 GPN - керований напругою генератор передавача,  
 I / NP - дільник синхронізувального такту (програмний дільник, що визначає число  
 25 готовностей перетворювача AC, тобто, число вимірювань за час одного синхронізувального такту TS),  
 UF - схема формування такту  $TS = TS * + Ki$  в каналі "i",  
 SG3 - вихідна оптронна гальванічна розв'язка блоку передавача,  
 SG4 - вхідна оптронна гальванічна розв'язка блоку передавача,  
 30 D3 - діод оптронної гальванічної розв'язки SG3,  
 D5, D6, D7 - діоди, що є частиною схеми випрямляча Гретца,  
 KLN - напівпровідниковий ключ,  
 BLN - лінійний блок передавача, блоку лінійних ланцюгів передавача,  
 c - вихід даних (мікроконтролера передавача),  
 35 d - вхід даних (мікроконтролера передавача),  
 TS - синхронізувальний такт (передавач -  $TS = TSa + Ki$ , відтворений в передавачі ND в формуючій схемі UF),  
 TW - секундний еталонний такт від годинника GPS,  
 TWa - зрушений секундний внутрішній еталонний такт (зрушений по фазі вперед по  
 40 відношенню до такту TW на величину тимчасового коригування Ki),  
 TI - момент часу (заднього фронту секундного еталонного такту),  
 TSa - внутрішній синхронізувальний такт (виробляється в приймачі та, який передається в передавач  $TSa \cdot N = TWa$ ),  
 Tас - постійне часове коригування ( $Tас = Tr + TI$ ),  
 45 Tr - час перетворення (в перетворювачі AC в передавачі),  
 Tf - час цифрової фільтрації (сигналу в перетворювачі AC та чи мікроконтролері МК приймача),  
 R - імпульси готовності (аналого-цифрового перетворювача AC),  
 DK - конфігураційні дані (передаються в передавач);  
 50 Ki - часове коригування (рівне запізнюванню в лінії),  
 BMP - блок вимірювальних даних (з числом вимірів NP, визначеним дільником 1 / NP),  
 N - число (визначальне кількість синхронізуючих тактів TSa, що генеруються протягом секундного внутрішнього еталонного такту TWa, відповідає числу синхронізуючих тактів TS, що генеруються протягом секундного еталонного такту TW),  
 55 NP - число виконаних вимірювань (протягом одного синхронізувального такту TS, що визначається дільником 1/NP, тобто, число готовностей R аналого-цифрового перетворювача AC),  
 MD магістраль передачі вимірювальних даних та часу (від мікро-контролера МК до приймальної касети KO та назад),

WP результат вимірювання (передається з аналого-цифрового перетворювача АС в мікроконтролер МКН).

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

5

1. Спосіб синхронізації сейсмічних і сейсмоакустичних вимірювальних мереж, особливо шахтних іскробезпечних мереж, який **відрізняється** тим, що в кожному вимірювальному каналі, що складається з цифрового передавача (ND) та цифрового приймача (OD), з'єднаних трансмісійною лінією (TR), використовується для синхронізації час з годинника GPS, а в кожному трансмісійному каналі періодично ініціюється вимір тимчасового коригування (2Ki) проходження сигналу від приймача (OD) до передавача (ND) та назад, від передавача (ND) до приймача (OD), після чого в схемі фазового автопідстроювання частоти приймача (OD), що містить годинник внутрішнього часу (RT), генерується, як коригування, в безперервному режимі зрушений секундний внутрішній еталонний такт (TWa) з випередженням по фазі на величину тимчасового коригування (Ki) відносно секундного еталонного такту (TW) годинника (GPS) з одночасним випередженням часу годинника внутрішнього часу (RT) на величину тимчасового коригування (Ki) і, також в безперервному режимі, генерується в (N) разів частіше, рекомендовано в 250 разів, внутрішній синхронізувальний такт (TSa) з випередженням по фазі на величину тимчасового коригування (Ki), відносно секундного еталонного такту (TW), який здійснює маніпуляцію виходом живильно-роздільного перетворювача (PZ), що живить іскробезпечно телетрансмісійну лінію (TR), а за допомогою її керує роботою схеми фазового автопідстроювання частоти передавача (ND), охоплює зворотним зв'язком аналого-цифровий перетворювач (AC) з тим, щоб готовність (R) аналого-цифрового перетворювача (AC) з'являлася в (NP) разів, рекомендовано в 40 разів, частіше синхронізувального такту (TS), між черговими імпульсами синхронізувального такту (TS) та один раз на число (NP) готовностей (R), рекомендовано на 40 готовностей, синхронно з цим тактом, а також на (N-NP), рекомендовано на кожні 10000 вимірювань, синхронно з односекундним еталонним тактом (TW), в результаті чого в приймачі (OD) отримують у кожний період синхронізувального такту (TS) блоки вимірювальних даних (BNP) з дискретизації аналогових складових від сейсмічного датчика (S1) або від геофонного вимірювального зонда (G1), потім реальний час дискретизації першої вибірки в пакеті даних, що складається з (N) блоків вимірювальних даних (BNP) результатів вимірювань, прийнятий від годинника внутрішнього часу (RT) в момент (Ti) заднього фронту секундного еталонного такту (TW), який враховує вже час запізнювання сигналу в телетрансмісійній лінії (TR), додатково коригується шляхом програмного віднімання постійної величини корегуючої поправки часу, складової, рекомендовано, 8 мс, що впливає з тривалості комплектування в передавачі (ND) блока вимірювальних даних (BNP) результатів вимірювань, що дорівнює одному періоду синхронізувального такту (TS) і тривалості передачі результатів вимірювань, що містяться в блоці вимірювальних даних (BNP) у вигляді цифрових вибірок з передавача (ND) в приймач (OD), рівної також одному періоду такту (TS), синхронізувального передавач.

40

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що в приймачі (OD) для реалізації програмним чином схеми фазового автопідстроювання частоти з використанням мікроконтролера (МК) програмується фазовий детектор (DF) із заданою величиною тимчасового коригування (Ki) секундного еталонного такту (TW), причому фазовий детектор (DF) управляє модулятором ширини імпульсу (PW), який через фільтр нижніх частот (FD) управляє входом генератора, керованого напругою (GP), а вихідний сигнал цього генератора після розділення програмно налаштованим дільником внутрішнього часу (1/NS) тактує апаратний годинник внутрішнього часу (RT) мікроконтролера, в результаті чого отримують внутрішній еталонний такт (TWa), зрушений за часом вперед на величину тимчасового коригування (Ki) відносно секундного еталонного такту (TW), що дорівнює часу запізнювання в телетрансмісійній лінії (TR), а в результаті розподілу частоти (FO) генератора, керованого напругою (GP), дільником внутрішнього часу (1/NS) отримують внутрішній синхронізувальний такт (TSa), рекомендовано кожні 4 мс, переданий в передавач (ND), який у (N) разів частіше, рекомендовано в 250 разів, ніж зрушений секундний еталонний такт (TWa), синхронізує роботу передавача (ND), з урахуванням в кожному трансмісійному каналі різної величини тимчасового коригування (Ki) імпульсів зрушеного секундного еталонного такту (TWa), що походить від годинника (GPS), причому це коригування впливає з раніше виконаного автоматичного вимірювання запізнювання в даній телетрансмісійній лінії (TR).

55

3. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що в передавачі (ND) імпульси синхронізувального такту (TS), що посиляються з приймача (OD) та відтворювані в

60

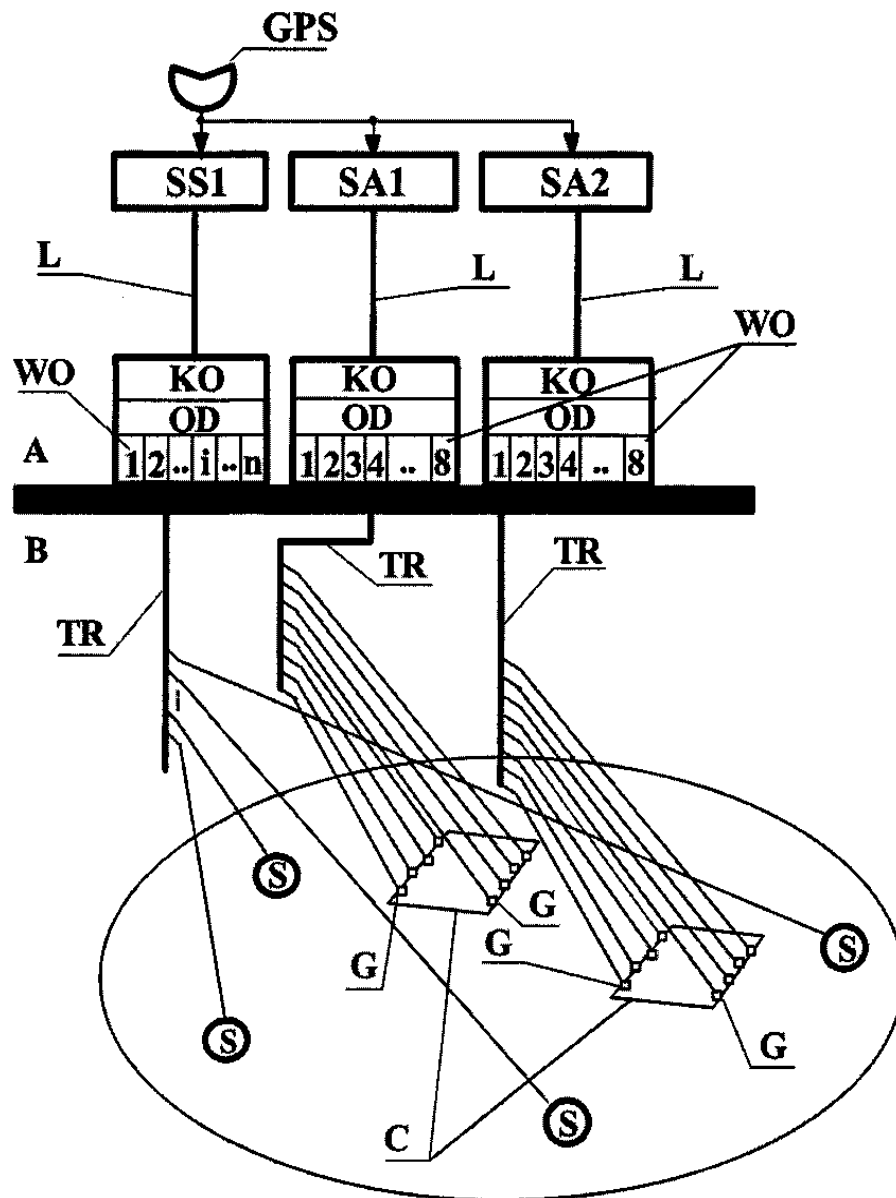
телетрансмісійній лінії (TR), управляють програмно організованою в мікроконтролері передавача (MKN) схемою фазового автопідстроювання частоти, яка охоплює зворотним зв'язком аналого-цифровий перетворювач (AC), роботу якого тактує вихідна частота (FON) генератора, керованого напругою (GPN), причому на вхід цього генератора через фільтр нижніх частот передавача (FDN) подається сигнал, довжина якого пропорційна фазовій помилці на виході програмованого фазового детектора передавача (DFN), що порівнює фазу імпульсів синхронізуючих тактів (TS) з імпульсами, одержуваними в результаті поділу імпульсів готовності (R) аналого-цифрового перетворювача, здійснюваного дільником синхронізувального такту (1/NP), в результаті чого отримують на виході передавача (ND) послідовно за часом цифровий результат дискретизації аналогових складових сигналу у вигляді блока вимірювальних даних (BNP) результатів вимірювань, синхронно з синхронізувальним тактом (TS), а у взаємодіючому приймачі (OD) - цифровий результат у вигляді пакета даних, що складається з блоків вимірювальних даних (BNP) результатів вимірювань, синхронно з секундним еталонним тактом (TW), кожен з яких був переданий між черговими синхронізуючими тактами (TS).

4. Спосіб за п. 1 або 2, який **відрізняється** тим, що для збільшення точності синхронізації дискретизації сигналів в каналі приймача (OD) програмно коригується час дискретизації першої вибірки пакета даних, що складається з блоків вимірювальних даних (BNP), що задається годинником внутрішнього часу (RT) в момент (TI) з додатковим вирахуванням часу постійного тимчасового коригування (Tас), яке дорівнює сумі часу перетворення (Tr) та часу цифрової фільтрації (Tf).

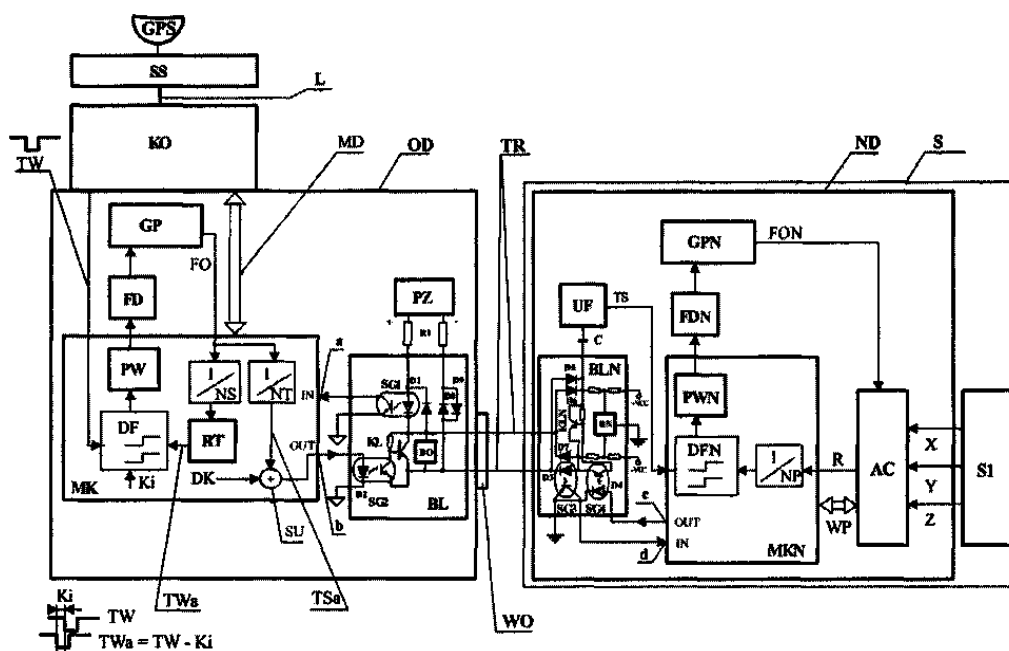
5. Схема для синхронізації сейсмічних і сейсмоакустичних вимірювальних мереж, особливо шахтних іскробезпечних мереж, що складається з приймача з живильним перетворювачем, іскробезпечного захисного бар'єру, а також керуючого мікроконтролера з годинником внутрішнього часу, з'єднаним з годинником GPS, які з'єднані за допомогою телетрансмісійної лінії з передавачем, що містить цифровий керуючий мікроконтролер, аналого-цифровий перетворювач та іскробезпечний захисний бар'єр, яка **відрізняється** тим, що в лінійному блоці (BL) приймача (OD) знаходиться короткозамикаючий телетрансмісійну лінію (TR) напівпровідниковий ключ (KL), з'єднаний через вхідну оптронну гальванічну розв'язку (SG2) лінійного блока (BL) з виходом (b) мікроконтролера (МК), а в передавачі (ND) блок формування (UF) синхронізувального такту (TS) з'єднаний через конденсатор (C) з лінійним блоком передавача (BLN), причому вихід блока формування (UF) з'єднаний з одним із входів фазового детектора (DFN) мікроконтролера передавача (MKN), а в лінійному блоці передавача (BLN) знаходяться оптронні гальванічні розв'язки сигналів (SG3) та (SG4), причому керуючий діод (D3) вихідної оптронної гальванічної розв'язки (SG3) в лінійному блоці передавача (BLN) є, разом з діодами (D5), (D6), (D7), елементом випрямляча Гретца, що з'єднує лінійний блок передавача (BLN) з телетрансмісійною лінією (TR), в той час як вихід цієї оптронної гальванічної розв'язки (SG3) з'єднаний з входом (d) даних мікроконтролера передавача (MKN), а вихід (с) даних мікроконтролера передавача (MKN) з'єднаний з керуючим діодом (D4) вхідної оптронної гальванічної розв'язки (SG4) в лінійному блоці передавача (BLN), вихід якого управляє напівпровідниковим ключем передавача (KLN), що здійснює маніпуляцію телетрансмісійною лінією (TR), а вихід вихідної оптронної гальванічної розв'язки (SG1) лінійного блока (BL) приймача (OD) з'єднаний з входом (а) мікроконтролера (МК), тоді як керуючий діод (D1) цієї оптронної гальванічної розв'язки з'єднує живильно-роздільний перетворювач (PZ) з телетрансмісійною лінією (TR) через обмежувач струму, що складається з резистора (R1) та діодів (D8) і (D9).

6. Схема за п. 5, яка **відрізняється** тим, що приймач (OD) обладнаний схемою фазового автопідстроювання частоти, яка містить програмно реалізований фазовий детектор (DF) з програмно заданим тимчасовим коригуванням (Ki), апаратний фільтр нижніх частот (FD), з'єднаний з генератором, який керований напругою (GP), вихід якого з'єднаний з дільником внутрішнього часу (1/NS), причому генератор, який керований напругою, (GP) з'єднаний з телетрансмісійною лінією (TR) через дільник внутрішнього синхронізувального такту (1/NT), суматорний вузол (SU) і лінійний блок (BL) приймача (OD).

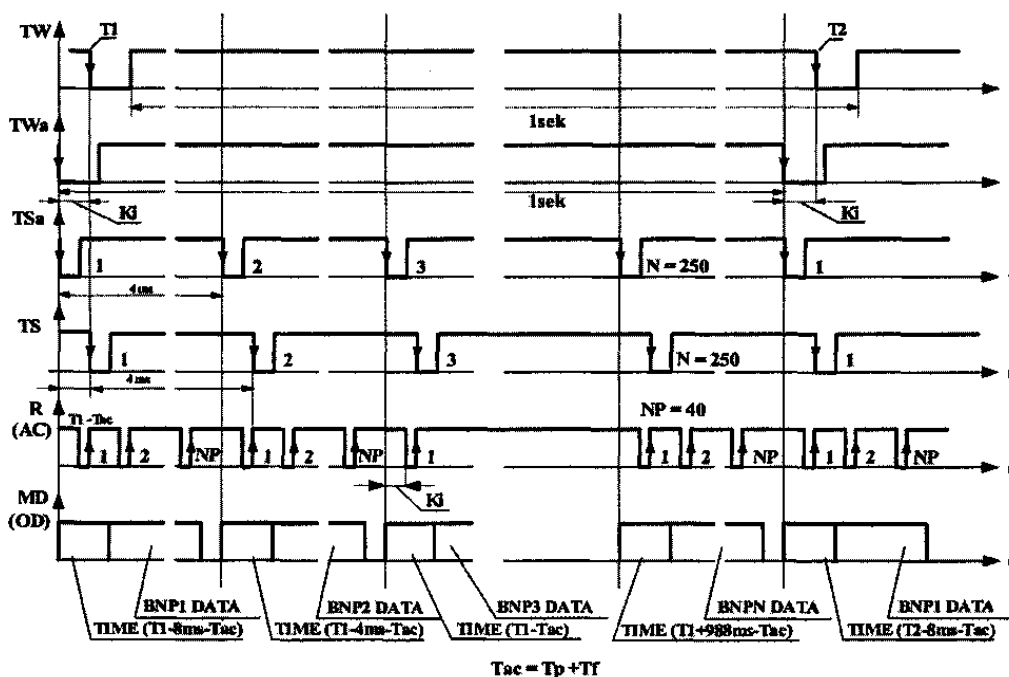
7. Схема за п. 5 або 6, яка **відрізняється** тим, що передавач (ND) обладнаний схемою фазового автопідстроювання частоти, яка складається з генератора імпульсів з програмно заданою шириною (PWN), апаратного фільтра нижніх частот передавача (FDN), поєднаного з генератором передавача, який керований напругою (GPN), вихід якого з'єднаний з керуючим входом аналого-цифрового перетворювача (AC), а вихід готовності (R) аналого-цифрового перетворювача (AC) з'єднаний через дільник синхронізувального такту (1/NP), що визначає число вимірювань, які виконуються між синхронізуючими тактами (TS), з одним із входів фазового детектора (DFN) передавача (ND), причому другий вхід детектора з'єднаний з лінійним блоком (BLN) передавача (ND) через формуючу схему (UF) та конденсатор (C).



Фіг.1 Оглядова схема сейсмічної та сейсмоакустичної виміральної мережі на шахті



Фіг.2 Блок-схема, що реалізує процес синхронізації схеми для одного зразкового вимірювально-трансмійного каналу, застосовуваного в сейсмічній вимірювальній мережі



Фіг.3 Основні часові графіки сигналів TW, TWa, TSa, TS, R, MD, що мають місце в схемі, показаної на Фіг. 2.

Комп'ютерна верстка О. Рябо

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

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