



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **98216** (13) **U**
(51) МПК
F03B 13/12 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

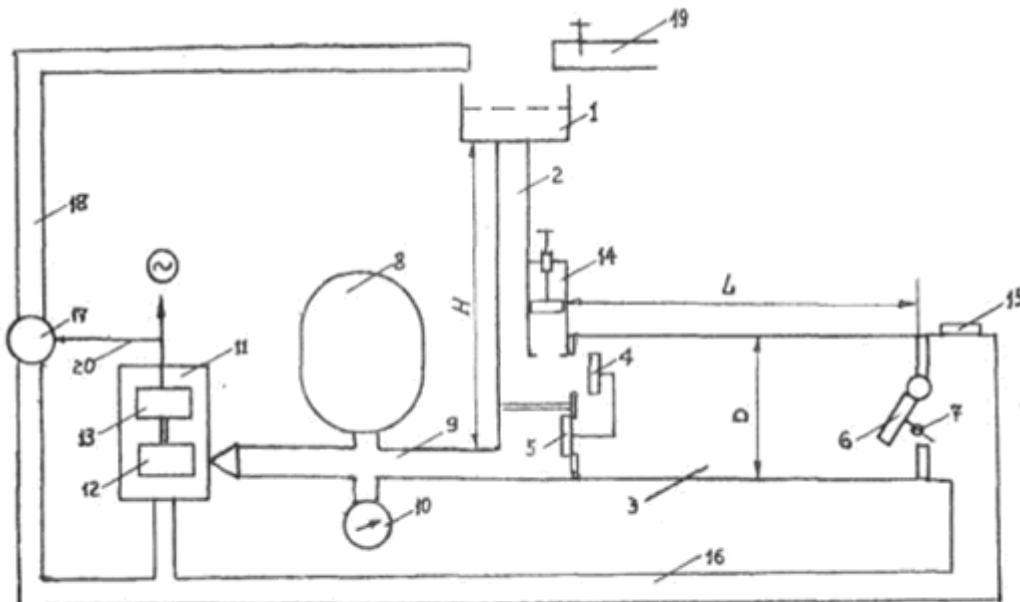
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2014 10762	(72) Винахідник(и): Нефедов Юрій Іванович (UA)
(22) Дата подання заявки: 02.10.2014	(73) Власник(и): ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ РАДІОЕЛЕКТРОНІКИ, пр. Леніна, 14, м. Харків, 61166 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 27.04.2015	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 27.04.2015, Бюл.№ 8	

(54) ГІДРОУДАРНИЙ ГЕНЕРАТОР ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

(57) Реферат:

Гідроударний генератор електричної енергії включає підводну трубу, відбійний, нагнітальний і зворотній клапани, які розташовані в живильній трубі, напірний бак, напірний трубопровід, турбінний водовід, гідрогенератор, що складається з гідротурбіни і електрогенератора, причому додатково введено гідроакумулятор, манометр, ємність з рухомим толоком, трубу відводу відпрацьованої води, повітряну сітку, електронасос, з'єднувальні електричні провідники, трубу водопровідну з краном, причому нагнітальний і зворотний клапани встановлені на початку живильної труби і з'єднані між собою жорсткою зв'язкою, напірний бак виконує функції малої греблі, відбійний клапан має на центральній осі тягар.



UA 98216 U

Корисна модель належить до поновлювальних альтернативних джерел електричної енергії, яка виробляється за рахунок енергії гідравлічного удару води, і може використовуватися для електропостачання побутових та промислових об'єктів.

Найбільш близьким аналогом за сукупністю ознак до корисної моделі є гідроударна електростанція [1], яка має підводну трубу, підключену до гідротарана, нагнітальний, відбійний і зворотний клапани, які розташовані в живильній трубі гідротарана, напірний бак, напірний трубопровід, турбінний водовід, гідрогенератор, що складається з гідротурбіни і електрогенератора. Гідроударна електростанція виробляє електроенергію за рахунок гідроудару, що здійснюється в кінці живильної труби гідротарана, коли відбійний клапан зачиняється загальмованим потоком води. Створена гідроударом ударна хвиля, високим тиском відчиняє нагнітальний клапан і зачиняє зворотний клапан. Крізь відчинений нагнітальний клапан вода під тиском заходить у повітряний ковпак і стискає повітря в його верхній частині. Стиснуте повітря, в свою чергу, тисне на воду в повітряному ковпаку, яка вимушена підійматися по напірному трубопроводу на висоту H до нагнітального бака. Звідти по турбінному водоводу вода подається під напором H в гідрогенератор, який виробляє електроенергію.

Недоліком найближчого аналога є те, що лише незначна частина енергії гідроудару використовується для обертання турбіни гідрогенератора. Підтвердженням цьому може бути те, що найбільша висота водного стовпа H , на яку може підійматися вода по напірному водогону в напірний бак у прототипі, не перевищує 10 метрів [1]. Напору в 10 м відповідає підвищення тиску на 1 атм., або $\sim 10^5$ Па. Але після гідроудару тиск в гідротарані підвищується значно більше і рахується за формулою Жуковського:

$$P = \rho v C, \quad (1)$$

в якій v - початкова швидкість потоку в живильній трубі, $C = 1350$ м/с - швидкість фронту відбитої ударної хвилі. Навіть при невеликій швидкості потоку $v = 1$ м/с тиск ударної хвилі після гідроудару (1) становить $13,5 \times 10^5$ Па, що перевищує збільшення тиску падаючої води з висоти 10 м у 13,5 разу.

Другим недоліком найближчого аналога є великі втрати води, що виходить з відбійного клапана гідротарана у відкрите водоймище і тому не дозволяє використовувати прототип в місцях, де такі водоймища відсутні.

В основу корисної моделі поставлена задача створити гідроударний електрогенератор, в якому, без споживання енергії від зовнішніх джерел, а також без втрат води, енергія гідроудару, а не енергія падаючої води, безпосередньо перетворюється в обертальну енергію генератора електричної енергії, що значно підвищить його потужність.

Поставлена задача вирішується тим, що гідроударний генератор електричної енергії містить підводну трубу, відбійний, нагнітальний і зворотний клапани, які розташовані в живильній трубі, напірний бак, напірний трубопровід, турбінний водовід, гідрогенератор, що складається з гідротурбіни і електрогенератора, згідно з корисною моделлю, додатково введено гідроакумулятор, манометр, ємність з рухомим толоком, трубу відводу відпрацьованої води, повітряну сітку, електронасос, з'єднувальні електричні провідники, трубу водопровідну з краном, причому нагнітальний і зворотний клапани встановлені на початку живильної труби і з'єднані між собою жорсткою зв'язкою, напірний бак виконує функції малої греблі, відбійний клапан має на центральній осі тягар.

Блок-схема гідроударного генератора електричної енергії у повздовжньому перерізі зображена на Фіг. 1. Гідроударний генератор електричної енергії складається з напірного баку 1, підводної труби 2, живильної труби 3, зворотного клапана 4 і нагнітального клапана 5, з'єднаних разом, відбійного клапана 6 з тягарем 7, який можна переміщувати по центральній осі відбійного клапана, а сам відбійний клапан зверху з'єднаний віссю з живильною трубою і може вільно рухатися відносно неї, гідроакумулятора 8, турбінного водоводу 9, манометра 10, гідрогенератора 11, що складається з гідротурбіни 12 і електрогенератора 13, ємності з рухомим толоком 14, повітряної сітки 15, труби відводу відпрацьованої води 16, електронасосу 17, напірного трубопроводу 18, водопровідної труби з краном 19, з'єднувальних електричних провідників 20. В корисній моделі замість повітряного ковпаку, що здійснює підйом води в гідроударній електростанції найближчого аналога, використовують гідроакумулятор. Це зумовлено тим, що повітряний ковпак розраховується на створення невеликого тиску (2-3 атм.), достатнього для підняття води на висоту до 10 м, тоді як тиск води після гідроудару в багато разів більший і може зруйнувати (розірвати) повітряний ковпак [2]. На відміну від повітряного ковпаку, гідроакумулятор використовується при великих тисках газу і рідини, а виконує аналогічні функції - під високим тиском газу у верхній частині гідроакумулятора його пружна мембрана витискує рідину в систему [3].

Розглянемо послідовно роботу корисної моделі.

До наповнення водою системи зворотний 4 і відбійний 6 клапани відчиненні, а нагнітальний клапан 5 зачинений, як зображено на кресленні. Вода з відкритого крану водопровідної труби 19 поступово заповнює напірний бак 1, живильну трубу 3 і крізь відбійний клапан 6, гальмуючись, поступає у трубу відбору відпрацьованої води 16. Коли напірний бак 1 наповниться водою, кран водопровідної труби 19 зачинається. Висота підводної труби 2 $H=1$ м утворює початкову швидкість потоку води 4 м/с в живильній трубі 3. Але, враховуючи підвищення об'єму води в ємності 14, а також сили тертя в підводній трубі 2, реальна початкова швидкість потоку буде приблизно дорівнювати $v=1$ м/с [4, 5]. Гальмування потоку біля відбійного клапана 6 утворює гідроудар. Підвищення тиску після гідроудару визначається за формулою (1) і становить $13,5 \times 10^5$ Па. Такий тиск матиме фронт створеної при відбитті від кінця живильної труби 3 ударної хвилі. Рухаючись з великою швидкістю C у зворотному напрямі, ударна хвиля доходить до зворотного клапану 4 і високим тиском зачинає його, водночас відчиняючи нагнітальний клапан 5. В цей же час в кінці живильної труби 3 тиск значно зменшиться і відбійний клапан 6 відчиниться. Біля зачиненого зворотного клапана 4 вхідний потік гальмується на невеликий термін часу, поки ударна хвиля крізь відчинений нагнітальний клапан 5 і турбінний водовід 9 не потрапить у гідроаккумулятор 8. За цей час уся вода із живильної труби 3 переміститься в гідроаккумулятор 8 і турбінний водовід 9, тому в живильній трубі 3 тиск значно знизиться і зворотний клапан 4 відчиниться напором H , зачинаючи нагнітальний клапан 5. Зачиненню нагнітального клапана 5 сприяє також миттєве підвищення тиску в турбінному водоводі за рахунок розширення газу в гідроаккумуляторі 8, що тисне на рідину. При напорі $H=1$ м, миттєве гальмування вхідного потоку біля зачиненого зворотного клапана 4 підвищує динамічний тиск в місті гальмування, коли клапан 4 відчиняється, до 10 атм., а це, в свою чергу, збільшує швидкість потоку в живильній трубі 3 до значення, перевищуючого 10 м/с [2, 4]. Прийmemo найменше значення цієї швидкості $v=10$ м/с. Така швидкість потоку здійснить у кінці живильної труби 3 гідроудар, після якого тиск ударної хвилі, згідно з формулою (1), зросте до 130 атм. Нова відбита ударна хвиля високого тиску зі швидкістю C переміщується в зворотному напрямі і крізь відчинений нагнітальний клапан 5 і турбінний водовід 9 потрапляє у пневогідравлічний гідроаккумулятор 8.

У пневогідравлічних гідроаккумуляторах з мембранним розподілом газу і рідини накопичення енергії і повернення її в систему здійснюється за рахунок енергії стислого газу (азоту або повітря). Найбільш прийнятними для корисної моделі є мембранні гідроаккумулятори, які, маючи невеликі розміри, використовуються там, де потрібна швидка віддача запасеної енергії і стабілізація тиску й витрат рідини [6-9]. Зарядний тиск газу в гідроаккумуляторах може досягати 100 атм. і вище, а тиск робочої рідини може стискувати газ ще більше, що в багато разів перевищує тиск газу в повітряному ковпаку гідротарана найближчого аналога [1, 3, 6, 7, 8, 9].

Під тиском ударної хвилі пружна мембрана прогинається і стискує газ. Після стиснення газу тиск рідини в гідроаккумуляторі зменшиться і газ високим тиском прогинає мембрану в напрямі рідини і підвищує її тиск, видавляючи рідину із гідроаккумулятора зі збереженням її об'єму. Це дозволяє підтримувати тиск і витрати води в турбінному водоводі майже стабільними на протязі всього періоду роботи гідроударного генератора електричної енергії [6-9]. Стабільність тиску і витрат потоку є необхідною умовою стабільного обертання гідротурбіни 13. Для обґрунтування стабільності потоку рідини, розглянемо процеси стиснення і розширення газу в пневогідравлічному гідроаккумуляторі. Вказані процеси є політропними і описуються рівнянням [7]:

$$P_1 V_1^n = P_2 V_2^n \quad (2)$$

Для гідроаккумулятора, який використовується у корисній моделі, P_1 і P_2 тиски газу в різні моменти часу, наприклад, P_1 - найбільший тиск стиснутого газу, створений фронтом ударної хвилі рідини, що прогинає мембрану, а P_2 - тиск після найбільшого розширення газу, який стискає крізь мембрану рідину, що діє на гідротурбіну. V_1 і V_2 - об'єми газу, у відповідні тискам миттєвості часу. В рівнянні (3) n - показник політропи, який для швидко діючих в гідроаккумуляторі (адіабатних) процесів можна прийняти $n=1,4$. Із рівняння (3) маємо:

$$P_2 = P_1 (V_1 / V_2)^n \quad (3)$$

Враховуючи загасання ударної хвилі при проходженні живильної труби 3 і відчиненого нагнітального клапана 5, тиск води, що діє на мембрану гідроаккумулятора 8, буде меншим ніж 130 атм. Тому й найбільший тиск стиснутого газу буде меншим. Прийmemo останній $P_1=100$ атм. Стислий газ під тиском P_1 займає об'єм V_1 , менший ніж розширений до об'єму V_2 з тиском P_2 . Тому з підвищенням тиску P_1 і розширенням газу, відношення V_1/V_2 зменшується, а добуток

$P_1(V_1/V_2)^{1,4}$, при визначених умовах, може залишатися майже незмінним, що обумовлює стабілізацію тиску газу P_2 (4), а тому й тиску рідини. Необхідною умовою цьому повинно бути таке зменшення відношення $(V_1/V_2)^{1,4}$ при якому збільшення тиску P_1 не приведе до значної зміни їх добутку. Цю умову можна виконати підбором об'ємів газової і водяної камер гідроакумулятора, а також початкового тиску газу P_1 газової камери.

У об'ємних гідроакумуляторів, за рахунок великого об'єму і тиску газової камери, об'єми стиснутого газу V_1 і розширеного газу V_2 мало змінюються [6-9]. Тобто $V_1 = V_2$. Тому, як впливає із співвідношення (4), тиск розширеного газу P_2 і стиснутого ударною хвилею газу P_1 будуть майже однакові. Наслідком рівності об'ємів газу є і стабільність витрат рідини.

Використання вказаних гідроакумуляторів - стабілізаторів потоку дозволяє стабілізувати тиск і витрати води в турбінному водоводі 9 на протязі усього циклу роботи [6-9]. Якщо на початку в гідроакумуляторі 8 постійний тиск газу становить 50 атм., то після стиснення ударною хвилею, тиск газу підвищиться і крізь мембрану почне протидіяти рідині, тиск якої зменшився за рахунок підвищення її об'єму. В наступну мить рідина почне виходити з турбінного водоводу 9 й тиснути на гідротурбіну 11. При цьому тиск води буде підтримуватися незмінним за рахунок протидії тиску газу в гідроакумуляторі увесь час, поки нагнітальний клапан зачинений, тобто до наступної ударної хвилі, яка знову утворюється в кінці живильної труби 3, відбивається від неї і відчиняє нагнітальний клапан 5. Далі усі процеси багаторазово повторюються. Тиск рідини, що діє на лопатки турбіни, буде меншим ніж підвищений тиск газу в гідроакумуляторі 8 внаслідок протидії розширеному газу тиску стовпа води в турбінному водоводі 9. Тому подальшому стабільний тиск рідини на виході гідроакумулятора зменшиться приблизно до $p=50$ атм. Манометр 10 дозволяє стежити за тиском у турбінному водоводі 9. Знайдемо можливі витрати води Q , що тисне на гідротурбіну за час одного циклу T . За час відкриття нагнітального клапана уся вода, що міститься в живильній трубі 3, рухаючись з великою швидкістю ударної хвилі C , переміститься у турбінний водовід 9 і далі в гідротурбіну. Для знаходження витрат води візьмемо дані, що використовувалися для розрахунку подібного гідроударного генератора [4]. Для діаметра $D=0,12$ м і довжини $L=2$ м живильної труби, а також вважаючи тривалість одного циклу роботи $T=0,12$ с, знайдемо витрати води згідно формули:

$$Q = V / T = (L\pi D^2) / (4T), \quad (4)$$

де V - об'єм води в живильній трубі. Розрахунок дає значення витратам $Q=0,11$ м³/с.

В гідроелектростанціях, коли напори води, що тисне на турбіну, великі ($H \geq 400$ м, що відповідає тискам $P \geq 40$ атм.), а витрати Q невеликі, застосовують імпульсні турбіни, наприклад, турбіни Турго або Пелтона [10]. Вони прості у монтажі і керуванні, екологічно безпечні, мають високий ККД (90 %), невелику вартість і великий термін використання. В цих турбінах кінетична енергія струменя води високого тиску перетворюється при ударі по лопатці турбіни в роботу обертального руху гідротурбіни. Однак є принципіальна відмінність вказаних турбін від інших імпульсних турбін: струмінь води здійснює удар з однієї сторони ротора турбіни, а, відбиваючись від нього, виходить з протилежної сторони. Це дозволяє зібрати відпрацьовану воду у трубу відводу відпрацьованої води 16, куди поступає і вода з відчиненого відбійного клапана 6. Призначення повітряної сітки 15 - здійснити контакт з навколишнім повітрям і, таким чином, не допустити підвищення тиску в трубі 16, який може протидіяти роботі відбійного клапана 6. Гідротурбіна 12 обертає з'єднаний з нею електрогенератор 13, який і виробляє електричну енергію. Незначна частина електричної потужності (до 2 квт) електрогенератора подається за допомогою електричних провідників 20 до електронасосу 17, який перекачує усю відпрацьовану воду крізь напірний трубопровід 18 в напірний бак 1. Таким чином здійснюється замкнутий цикл циркуляції води в гідроударному електрогенераторі, що дозволяє повністю ліквідувати втрати води і, на відміну від найближчого аналога, застосовувати корисну модель в місцях, де відсутні відкрити водоймища.

Маючи тиск води на вході у гідротурбіну 50 атм. (що приблизно відповідає напору в 50 м) і витрати 0,11 м³/с, гідроударний генератор електричної енергії зможе виробляти більш ніж 200 квт електроенергії [11]. Для керування роботою гідроударного електрогенератора використовуються ємність з рухомим толоком 14 і тягар 7 відбійного клапана 6. Якщо віддаляти тягар 7 від відбійного клапана 6, переміщуючи його вздовж осі, збільшиться обертальний момент, діючий на клапан 6, а тому цій клапан буде раніше зачинятися і пізніше відчинятися, і, навпаки, якщо відстань між тягарем 7 і відбійним клапаном 6 зменшувати. Зменшуючи об'єм ємності з рухомим толоком 14 переміщенням униз рухомого толоку, можна підвищити тиск, а тому й вихідну потужність гідроударного генератора електричної енергії. Подібні пристрої, так

звані зрівнювальні ємності, використовують в різних гідросистемах для зменшення сили гідродару [4, 5]. При збільшенні рухомим толоком об'єму регулюючої ємності 14, тиск і вихідна потужність корисної моделі зменшаться.

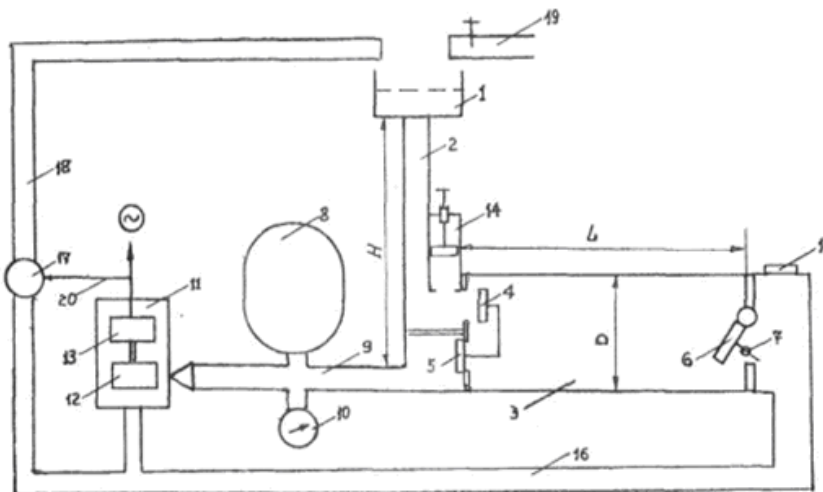
Корисна модель може бути технічно реалізована з використанням існуючих конструктивних елементів і матеріалів. Враховуючи великий тиск води, діючий в живильній трубі і турбінному водоводі, ці елементи повинні виготовлятися з твердої сталі і мати підвищену товщину стінок. Всі клапани повинні розраховуватись на роботу з великими тисками й бути швидкодіючими, тобто їх тривалість спрацьовування не повинна перевищувати 0,02 с [4]. Як гідроакумулятор краще застосувати стабілізатори потоку ємністю до 25 л, розраховані на тиск рідини, не нижчий 100 атм. [9]. Гідрогенератор повинен відповідати визначеним параметрам - тиску на лопатки гідротурбіни - 50 атм. (або напору в 500 м) і витратам води 0,11 м³/с. Так, наприклад, при зниженні тиску до 25 атм. в корисній моделі можна застосувати гідротурбіну і електрогенератор від "МикроГЭС 200К" [11]. Електронасос корисної моделі може бути відцентровий або вісний з потужністю ~ 2 квт [5].

Джерела інформації:

1. Патент RU № 101461 МПК (2006.01) E02B9/00, опубл. 20.01.2011.
2. Овсепян М.В. Гидравлический таран и таранные установки. - М.: Машиностроение, 1968, - 123 с.
3. Балонные гидроакумуляторы (<http://www.hydac.com.ru/bladder-accumulators.html>).
4. Патент UA 88309 МПК (2014.01) F24H1/00, опубл. 11.03.2014, бюл. № 5.
5. Скворцов Л.С., Долгочёв Ф.Н., Викулин П.Д., Викулина В.Б. Гидравлика систем водоснабжения и водоотведения. - М.: Архитектура – С. 2008, -256 с.
6. Демпферы пульсаций (<http://www.flow-smooth.fi/pulsation-dampfer/index/php>).
7. Описание и принцип действия пневмогидроакумуляторов (<http://www.hydac.com/ru/article-hydroaccumulfors.html>).
8. Flow Smooth-Pulsation Dampeners/Pulsation Preventors (<http://www.flow-smooth.com/>).
9. Гидравлические демпферы и стабилизаторы потоков (<http://www.hydac.com.ru/hydraulic-dampers/html>).
10. Турбина Турго для малых и мини ГЭС (<http://elektrogenerator.net/smallhydropower/turgo-turbines.html>).
11. ИНСЕТ Продукция (http://www.inset.ru/r_offers/Pelton.type.htm).

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Гідродарний генератор електричної енергії, що містить підводну трубу, відбійний, нагнітальний і зворотний клапани, які розташовані в живильній трубі, напірний бак, напірний трубопровід, турбінний водовід, гідрогенератор, що складається з гідротурбіни і електрогенератора, який **відрізняється** тим, що додатково введено гідроакумулятор, манометр, ємність з рухомим толоком, трубу відводу відпрацьованої води, повітряну сітку, електронасос, з'єднувальні електричні провідники, трубу водопровідну з краном, причому нагнітальний і зворотний клапани встановлені на початку живильної труби і з'єднані між собою жорсткою зв'язкою, напірний бак виконує функції малої греблі, відбійний клапан має на центральній осі тягар.



Комп'ютерна верстка В. Мацело

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

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