УДК 621.224(083)

П.М. Андренко, д-р техн. наук,
А.Ю. Лебедєв, канд. техн. наук,
О.В. Дмитрієнко, канд. техн. наук
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна
М.С. Свинаренко, канд. техн. наук,
Харківський національний університет будівництва та архітектури,
Харків, Україна

МІКРОГЕС ТИПУ SF МОНОБЛОЧНОГО ВИКОНАННЯ

MICROHYDROELECTRIC POWER STATION OF SF-TYPE OF MONOBLOCK DESIGN

Розроблено конструкцію мікроГЕС типу SF, яка забезпечує роботу гідроагрегата при високих значеннях ККД, підвищує його надійність та збільшує міжремонтний період.

Проаналізовано конструктивні особливості та робочі параметри мікроГЕС, які випускаються промисловими підприємствами. Розроблено нову конструкцію мікроГЕС типа SF, у якій електричний генератор є 3-х фазним багатополюсним синхронним генератором зі збудженням від висококоерцитивних постійних магнітів. Гідротурбіну виконано з саморегулюючими поворотними лопатями, а ущільнювачі з шаром твердосплавного композиційного матеріалу реліт—мідь, що підвищує надійність і збільшує міжремонтний період. Доведено, що робота розробленої мікроГЕС відбувається з ККД, близьким до оптимального, а її питома потужність при номінальних параметрах суттєво перевищує потужність існуючих мікроГЕС. Визначено поля характеристик прямоточних мікроГЕС типу SF. Встановлено діапазон зміни її напорів і подач та спосіб монтажу. Наведено формули для перерахунку конструктивних параметрів розробленої мікроГЕС на наявні напір та подачу. Встановлено, що ефективна робота розробленої мікроГЕС відбувається у діапазоні напорів від 4 до 12 метрів та подачі від 150 до 360 л/с.

Ключеві слова: мікроГЕС, електричний генератор, гідротурбіна, напір, подача, потужність, ущільнення.

Вступ

Використання енергії малих водостоків за допомогою малих гідроелектростанцій (мікроГЕС) є одним з найбільш ефективних напрямків розвитку альтернативної енергетики, особливо для віддалених і важкодоступних районів з обмеженою передавальною потужністю ЛЕП. Створення системи централізованого електропостачання потребує значних капітальних витрат та не завжди є економічно виправданим. При використанні мікроГЕС відсутні негативний вплив на довкілля та якість води, яка може використовуватися для водопостачання населення, та проблеми, характерні для великої гідроенергетики (побудова складних і коштовних гідроспоруд, затоплення місцевості тощо).

Аналіз літературних джерел

Проведений аналіз [1—10] засвідчив велику зацікавленість як в Україні, так і поза її межами, а саме в Аргентині, Новій Зеландії, Туреччині, Пакистані та ін., в недорогих, простих у експлуатації, надійних та таких, що не потребують значних капітальних витрат, мікроГЕС потужністю 25—30 *кВт*. Наявні на світовому ринку мікроГЕС вказаної потужності, які виробляються європейськими та північноамериканськими фірмами, мають високу вартість (до 2000 доларів за 1 *кВт* встановленої потужності), що заважає їх широкому впровадженню. Перспективним є виконання гідроагрегатів мікроГЕС, побудованих за схемою SF (сифонного типу). Саме тому таке схемне рішення обрано при проектуванні мікроГЕС.

За аналізом літературних джерел сформульовано вимоги до перспективної мікроГЕС моноблочного типу. В якості базової конструкції обрано схему SF, яка дозволяє об'єднати в одному блоці гідротурбіну та синхронний генератор номінальною потужністю 25 *кВт* при частоті обертання ротора турбіни 1500 *об/хв*. Забезпечити на виході напругу 127/220 *вольт* при частоті 50/60 *Гц* та високий ККД у широкому діапазоні зміни напору і подачі води. Конструкція мікроГЕС повинна бути технологічною у виробництві, мати малу металоємність, а отже легко транспортуватися.

Розглянута мікроГЕС типу SF виконується за найпростішим принципом переливу рідини з однієї ємності до іншої за допомогою каналу, труби або ємності, в якій встановлено лопаті турбіни. Такий спосіб використання потоку води дозволяє максимально ефективно використовувати енергію потоку води, що з'являється на перепаді.

Вона може бути встановлена на будь-який затвор або греблю. У будь-якому місці, де є перепад рівня води. Простота і надійність гідротурбіни дозволять експлуатувати її без обслуговуючого персоналу, і без додаткових приміщень. Дана мініГЕС абсолютно безпечна і ніяким чином не впливає на навколишнє середовище і водойми, на якому використовується. Конструкція і пристрій гідротурбіни дозволяють скоротити терміни виробництва і монтажу від одного до трьох місяців.

Конструкція мікроГЕС

Розроблену мікроГЕС [11] виконано у вигляді моноблока, що містить гідротурбіну, електричний генератор і систему ущільнень з'єднань пар обертального руху, яка ізолює від проточного тракту турбіни порожнину статора генератора і підшипникові вузли, що включає ущільнення порожнини статора генератора і ущільнення підшипникових вузлів. Гідротурбіна виконана у вигляді чотирьохлопатевої прямоточної осьової пропелерної турбіни і має камеру турбіни, робоче колесо, направляючий апарат, передній і задній статори, підшипникові вузли. Електричний генератор виконаний у вигляді 3-фазного багатополюсного синхронного генератора зі збудженням від висококоерцитивних постійних магнітів на основі композиції Nd-Fe-B. Це дозволило відмовитися від систем та вузлів, які обслуговують обмотку збудження і в яких відбувається підвищене зношення колектора, апарата, утримуючого щітки, і таке інше. Крім того, застосування Nd-Fe-B у постійних магнітах сприяло покращенню динамічної реакції, підвищенню коефіцієнта потужності і зумовило високу стійкість до перевантажень.

Для виключення витоків ущільнювальні кільця виконані з плоскими кільцевими поверхнями робочих торців, утворених шаром твердосплавного композиційного матеріалу реліт-мідь, що складається з твердих зерен реліту (литого карбіду вольфраму, переважно з розміром зерна 0,18—0,28 *мм*, евтектика W2C+WC), зцементованими прошарками міді. Твердосплавний шар реліт—мідь, нанесений на кільцеву основу ущільнювального кільця із сталі, забезпечує високу зносостійкість і антифрикційність ущільнення, що зумовлено високою твердістю зерен реліту і антифрикційними властивостями міді.

Конструктивно прямоточний гідроагрегат мікроГЕС типу SF складається з наступних основних вузлів (рисунок 1): корпусу, переднього і заднього статорів гідротурбіни, статора електрогенератора та турбіни ротора з розташованими на зовнішній, що утворює ротор індуктора (комплект постійних Nd-Fe-B магнітів 9, та система їх кріплення). Корпус 1

— зварне з'єднання циліндричної обичайки і двох фланців, що складаються з нерухомо закріпленої до внутрішньої поверхні циліндричної обичайки, шихтованого статора 8, електрогенератора, в якому розташовані робочі обмотки багатополюсного 3-х фазного синхронного генератора. На зовнішній поверхні корпусу розташовано коробку виводу статора. До фланців корпусу болтовим з'єднанням кріпиться передній статор гідротурбіни 4, що містить направляючий апарат 5.

Направляючий апарат є циліндричною обичайкою з фланцем, який з'єднує направляючий апарат з корпусом зі сторони підводу рідини. До внутрішньої поверхні обичайки прикріплені лопаті направляючого апарата, які попередньо задають напрямок потоку води перед тим як він потрапить на робочі лопаті гідротурбіни. Одночасно лопаті направляючого апарата є кріпленням підшипникового гнізда вала турбіни-ротора. Задній статор гідротурбіни за допомогою фланця кріпиться до корпусу зі сторони відводу води і є також циліндричною обичайкою, до внутрішньої поверхні якої прикріплені колони виправляючого потік апарата, до яких, в свою чергу, прикріплено друге підшипникове гніздо вала турбіни-ротора. Турбіна-ротор 2 є валом зі маточиною, до якої прикріплено робочі лопаті турбіни. Для підвищення ефективності перетворення гідравлічної енергії в електричну в якості турбіни використано 4-х лопатеву прямоточну осьову пропелерну турбіну, яка має найбільш високу пропускну здатність з усіх відомих типів реактивних турбін. До зовнішніх країв лопатей прикріплено циліндричну обичайку, на якій розташовано індуктор з постійними магнітами.

Для запобігання потрапляння води, а також водяних парів на статорні обмотки електрогенератора, порожнину моноблока, в якій розміщено статор електрогенератора, заповнено малов'язким мінеральним маслом під тиском, що дорівнює атмосферному. Постійний тиск масла в статорній порожнині електрогенератора підтримується компенсатором тиску. Порожнину заповнено маслом, ізольовано від води проточної частини гідротурбіни контактними торцевими релітовими ущільнювачами 6, які розміщено між індуктором, переднім і заднім статорами гідротурбіни відповідно.

Перевищення тиску води у проточній частині гідротурбіни над тиском масла у статорній порожнині електрогенератора та використання релітових ущільнювачів виключає потрапляння масла зі статорної порожнини електрогенератора до водяного потоку проточної частини гідротурбіни та може стати джерелом забруднення довкілля.

Високу зносостійкість та надійність релітових торцевих ущільнень підтверджено більш ніж двадцятирічним досвідом використання їх в екстремальних умовах технології глибоких свердловин нафто- і газовидобувних галузей. Слід зазначити, що практика використання релітових торцевих ущільнень у занурювальних електродвигунах свідчить — їх ресурс перевищує 22000 —25 000 годин, що перекриває ресурс усього виробу приблизно у 1,5—2 рази.

Для збереження високого ККД гідроагрегата при змінній величині напору у гідроагрегаті чотири робочі лопаті мають по два співосні циліндричні хвостовики, основний і допоміжний, які закріплено: основний у маточині і допоміжний — в обичайці робочого колеса турбіни. Основний хвостовик кожної лопаті закріплений у маточині робочого колеса турбіни за допомогою пружного

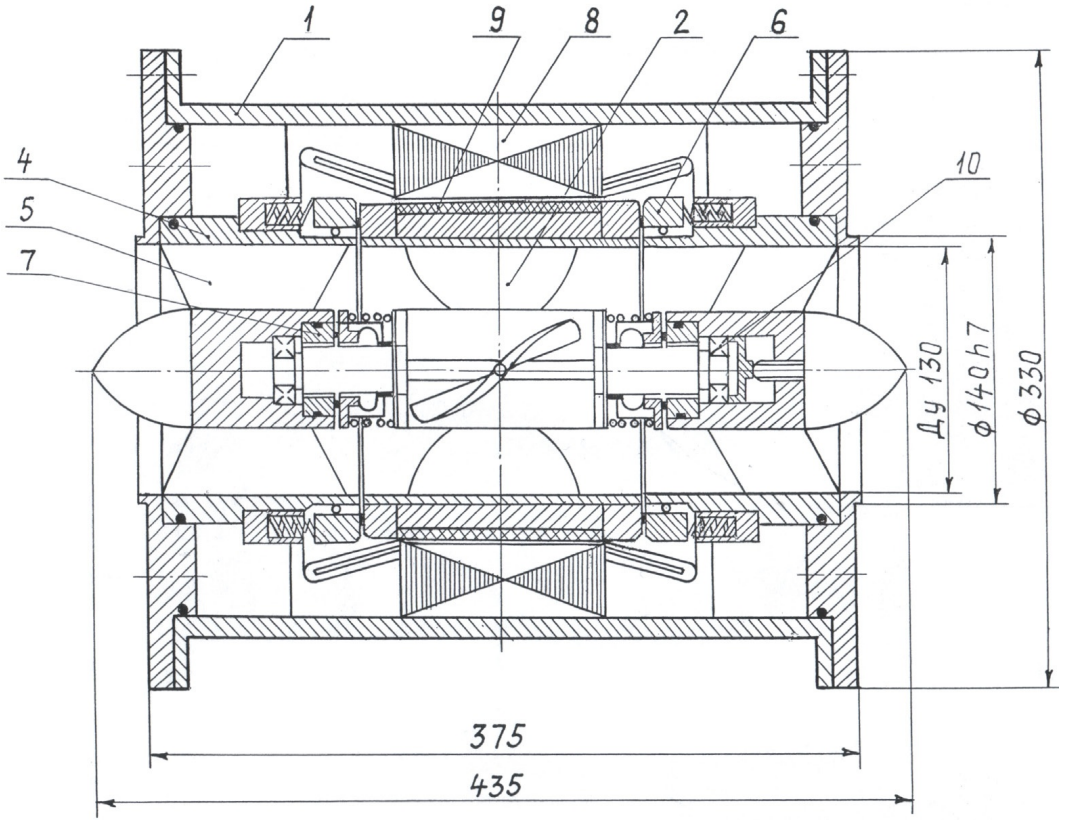

Рисунок 1 — Моноблок мікроГЕС типа SF: 1 — корпус, 2 — турбіна-ротор, 4 — передній статор гідротурбіни, 5 — напрямний апарат, 6, 7 — релітове торцеве ущільнення, 8 — статор електрогенератора, 9 — комплект постійних Nd-Fe-B магнітів, 10 — радіально-упорні конічні роликові підшипники кочення з регульованим натягом

елемента типу сайлент-блок, це дві металеві тонкостінні циліндричні втулки, до яких привулканизовано гумову втулку.

Зовнішню втулку сайлент-блока запресовано в маточині робочого колеса турбіни, а у внутрішню втулку сайлент-блока запресовано основний хвостовик лопаті турбіни [12, 13]. Це дозволяє лопаті повертатися навколо своєї осі обертання на певний кут щодо потоку води, який надходить до гідротурбіни залежно від напору і витрати води, зберігаючи при цьому максимальне значення ККД.

Таблиця 1 — Порівняльна оцінка мікроГЕС типу SF та найближчих аналогів

Мікро ГЕС, країна виробник	Габаритні розміри мікро ГЕС, мм	Номінальний напір, м	Номінальна подача л/с	Потужність, кВт	Маса енергоблока, кг	Питома потужність при номінальних параметрах, кВт/кг
МікроГЕС SF-10	D=330 L=435	12	85	10	48	0,21
МікроГЕС SF-25	D=465 L=535	10	360	25	120	0,21
МікроГЕС ТОМІК-5 ТОВ«Турбоатом», Україна	1600 × ×400 × 685	5	160	5,3	120	0,044
МікроГЕС 10ПР «МНТО ИНСЄТ», Росія	2000 × ×650 × 700	до 12	до 10	10	250	0,04
МікроГЕС «ЛМЗ», Росія	1200 × ×420 × 350	до 10	75 – 83	до 8	162	до 0,05

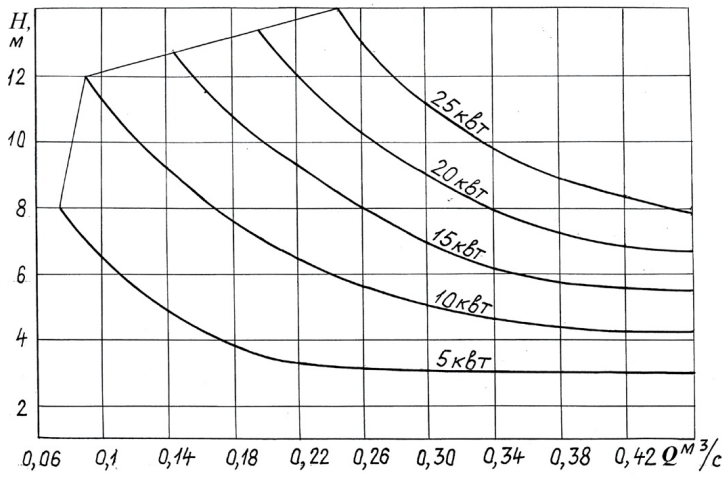

Рисунок 2 – Поля характеристик прямоточних мікроГЕС типу SF

Спроектовану мікроГЕС типу SF моноблочного виконання призначено для використання у діапазоні напорів від 4 до 12 *м* і подачі води від 150 до 360 *л/с* і при цьому генерує потужність від 5 до 25 *кВт*, відповідно. Габаритні розміри гідроагрегата такі: діаметр — 465 *мм*, довжина — 535 *мм*. Маса — 120 *кг*. Поля характеристик таких мікро ГЕС дозволяють за наявними напором та подачею визначити їх потужність (рисунок 2).

Відзначимо, що розроблені мікроГЕС типу SF мають найбільшу питому потужність при номінальних параметрах (таблиця 1).

Робота мікроГЕС

Водяний потік надходить до мікроГЕС від водозабірника 1 (рисунок 3) трубопроводом 2. Проходячи крізь лопаті направляючого апарата мікроГЕС 4, водяний потік змінює свій напрямок і потрапляє на робочі лопаті турбіни під кутом, при якому відбувається оптимальний відбір потужності. Постійні магніти індуктора 9, який обертається (рисунок 1), наводять на робочих обмотках статора ЕДС. Струм з частотою, кратною кількості полюсів індуктора, зі статорних обмоток подається на блок перетворення і регулювання потужності (інвертор) 6, а звідти зі стандартними частотою і напругою розподіляється між споживачами та автобалансним навантаженням 7.

Для раціонального використання напору води використовують відвідну трубу або дифузор 5. Для екстреної зупинки мікроГЕС та регулювання подачі води на трубі, по якій вода надходить до мікроГЕС, встановлюють засувку 3 з електроприводом, керованим системою управління. Способи встановлення мікроГЕС достатньо різноманітні. Вона може бути встановлена на природних водоскидах з використанням простих інженерних рішень, у мережі водопостачання підприємств, на існуючих греблях систем водорегулювання тощо.

Застосування спроектованої мікроГЭС дозволить

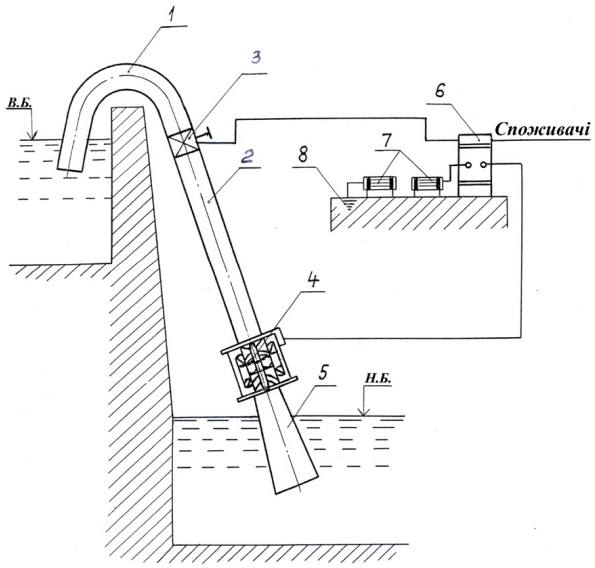

Рисунок 3 — Принципова схема встановлення мікроГЭС типу SF: 1 — водозабірник; 2 — трубопровід підводу води; 3 — запірна арматура з електроприводом; 4 — мікроГЕС; 5 — зливний дифузор; 6 — інверторний блок; 7 — автобаластне навантаження; 8 — заземлення

зекономити непоновлювальні джерела енергії. Так наприклад, 1000 мікро ГЭС типа SF потужністю 25 *кВт* забезпечить виробництво за рік до 220 *МВт* годин електроенергії, що дозволить заощадити 130 000 *т* вугілля або 60 мільйонів кубометрів природного газу. Крім того, економія органічних паливних ресурсів зменшить викид до атмосфери до 260 000 *т* вуглекислого газу і значної кількості інших шкідливих для довкілля речовин.

Перерахунок параметрів мікроГЭС на наявні напір та подачу

Для визначення робочих параметрів гідротурбіни мікроГЕС при наявних параметрах напору та подачі необхідно провести перерахунок параметрів спроектованої гідротурбіни. Його проводять за відомими методиками [14—16]. Зазначимо, що кількість електроенергії залежно від параметрів потоку води, який надходить до гідротурбіни, визначають за наступними рівняннями

$$P = 0{,}98\,QH, \tag{1}$$

$$n = QSgH, \tag{2}$$

$$Q = \frac{\pi D_y^2 v}{4}, \tag{3}$$

де P — потужність, *кВт*; Q — подача води, *л/с*; H — повний гідростатичний напір, *м*; n — частота обертання робочого колеса турбіни, *об/хв.*; S — перетин потоку, $м^2$; g — швидкість вільного падіння, $g = 9{,}8$ *м/с*; D_y — діаметр робочого колеса, *м*.

З урахуванням повного напору H потужність потоку розраховується за залежністю

$$P_n = \rho Q\left[gH + \frac{\left(v_{вх}^2 - v_{вих}^2\right)}{2}\right], \quad (4)$$

де ρ — густина води, *кг/м*^{3}; $v_{вх}$ і $v_{вых}$ — відповідно швидкості течії води на води і виході робочого колеса, *м/с*.

Потужність мікроГЭС визначається за формулою

$$P_{гес} = 0{,}098\eta P_n, \quad (5)$$

де η — ККД турбіни з електродвигуном, на першому етапі приймають $\eta \approx 0{,}8$.

З формули (5) можна визначити гідростатичний напір, потрібний для отримання потрібної кількості енергії,

$$H_{пот} = \frac{P_{гес}}{\eta Q}. \quad (6)$$

Кількість електроенергії яка виробляється мікроГЭС, визначається за залежністю

$$P_n = \eta\rho Q\left[gH + \frac{\left(v_{вх}^2 - v_{вих}^2\right)}{2}\right], \text{ кВт} \quad (7)$$

Перерахунок параметрів спроектованої гідротурбіни мікроГЭС потужністю 25 *кВт*, (рисунок 1), на іншу потужність проводять, використовуючи відомі залежності які наведено нижче, приймаючи що їх ККД однакові та позначаючи індексами 1 — спроектовану гідротурбіну потужністю 25 *кВт* і 2 — іншої потужності.

Швидкість обертання робочого колеса

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_{ó2}\sqrt{H_1}}{D_{ó1}\sqrt{H_2}}. \quad (8)$$

Подача води

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{D_{y1}^2\sqrt{H_1}}{D_{y2}^2\sqrt{H_2}}. \quad (9)$$

Потужність

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{D_{y1}^2 H_1\sqrt{H_1}}{D_{y2}^2 H_2\sqrt{H_2}}. \quad (10)$$

Для порівняння гідротурбін зазвичай використовують коефіцієнт швидкохідності n_s, який розраховують за формулою

$$n_s = 3{,}6\ n\frac{\sqrt{Q}}{\sqrt[4]{H^3}}, \quad (11)$$

в яку підставляють n — частоту обертання в *об/хв.*; Q — подачу в *м*^{3} */с*; H — напір в *м*.

Гідравлічний розрахунок гідротурбіни мікроГЕС докладно наведено в [15].

Висновки

Розроблено нову конструкцію мікроГЕС типу SF, яка завдяки виконанню електричного генератора у вигляді 3-х фазного багатополюсного синхронного генератора зі збудженням від висококоерцитивних постійних магнітів на основі композиції Nd-Fe-B, ущільнювачів з шаром твердосплавного композиційного матеріалу реліт—мідь та гідротурбіни з саморегулюючими поворотними лопатями забезпечує роботу гідроагрегата при ККД, близького до оптимального, підвищує надійність його роботи і збільшує міжремонтний період.

На основі розробленої базової конструкції мікроГЕС типу SF за наведеною методикою може бути створено низку мікроГЕС для їх ефективної роботи у діапазоні напорів від 4 до 12 *м* і подачі від 150 до 360 *л/с* та генерації потужності від 5 до 25 *кВт*.

Як альтернативи можуть бути розглянуті конструкції з ортогональними гідротурбінами, а також з пропелерними турбінами, які використовуються для напору від 2 до 20 *м*.

Література

1. Гидророгенераторы и гидроэнергетика от ОсОО «Гидропоника» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http:// energyservice.sitecity.ru/stext_1101130058.phtml

2. Мини-гидроэлектростанции от «НПО Инверсия» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.inversiya.com/ alternativ/ 001.htm

3. МикроГЭС10Пр от «МНТО ИНСЭТ» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.inset.ru/r_offers/MHPP-10Pr.htm

4. Микрогидроэлектростанция ПР-5-Г-20 от фирмы «Аванте» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.avante.com.ua/ rus/price/catalog/tmc_el01937.htm

5. Интересные рукавные всесезонные гидроэлектростанции Луч-1 и Луч-2 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://iis97.narod.ru/pr12.htm

6. Рукавная переносная гидроэлектростанция РПГЭС-1,5 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http:// promcomplex.ru/ rukavnaya_perenosnaya_gi

7. Гидрогенераторы в Канаде [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.powerpal.com

8. Необычные бесплотинные ГЭС нового поколения [Електронний ресурс]. — Режим доступу [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.rusphysics.ru/articles/221

9. Пособие по применению микро ГЭС: http://www.sgp.uz/userfiles/MikroGES%20rus-new.pdf

10. Гидрогенераторы, произведенные в Китае [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.made-in-china.com/products-search/hot-china-products/Hydro_Turbine.html

11. Патент на корисну модель 1785 Україна F03B13/00. / Прямоточний гідроагрегат / автори: Білокінь І.І., Стеценко Ю.М., Гапонов В.С., Андренко П.М., Воскресенський

В.О.; // заявник і патентовласник СП ЗАО «ХЕМЗ — IPEC». — № 2002086497; заявл. 05.80.2002; опубл. 15.05.2003, Бюл. № 5.

12. Патент на корисну модель 22296 Україна F03B 13/00. / Прямоточний гідроагрегат / автори: Грубой А.П.., Воскресенський В.О., Гапонов В.С., Андренко П.М., Дьяков В.І; // заявник і патентовласник Державне підприємство завод «Електроважмаш». — № 2002086497; заявл. 02.10.2006; опубл. 25.04.2007, Бюл. № 5.

13. Андренко, П.М. Моноблочний гідроагрегат мікроГЕС / П.М. Андренко, А.Ю. Лебедєв, О.В. Дмитрієнко, М.С. Свинаренко // Гідро- та пневмоприводи машин — сучасні досягнення та застосування: II міжнар. наук.-техніч. конф., 15-16 листопада 2016р.: збір. тез доп. — Вінниця, 2016. — С. 14—16.

14. Ковалев, Н.Н. Гидравлические машины: турбины и насосы: учеб. для вузов / Н.Н. Ковалев // М.: Энергоатомиздат, 1983. — 320 с.

15. Иванов, В.М. Методика расчета проточной части осевой гидротурбины новой оригинальной конструкции / В.М. Иванов, Т.Ю. Иванова, Е.П. Жданов и др. // Ползуновский вестник, 2009. №4. — С. 253—256.

16. Гашинский, Ю.П. Методика расчета, и обзор конструкций и компоновок МикроГЭС [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http: //www.creed.net/wp-content

References

1. Gidrorogeneratory i gidroenergetika ot OsOO «Gidroponika» [Elektronnyy resurs]. — Rezhim dostupu: http://energyservice.sitecity.ru/stext_1101130058.phtml

2. Mini-gidroelektrostantsii ot «NPO Inversiya» [Elektronnyy resurs]. — Rezhim dostupu: http://www.inversiya.com/alternativ/001.htm

3. MikroGES10Pr ot «MNTO INSET» [Elektronnyy resurs]. — Rezhim dostupu: http://www.inset.ru/r_offers/MHPP-10Pr.htm

4. Mikrogidroelektrostantsiya PR-5-G-20 ot firmyi «Avante» [Elektronnyy resurs]. — Rezhim dostupu: http://www.avante.com.ua/ rus/price/catalog/tmc_el01937.htm

5. Interesnye rukavnye vsesezonnye gidroelektrostantsii Luch-1 i Luch-2 [Elektronnyy resurs]. — Rezhim dostupu: http://iis97.narod.ru/pr12.htm

6. Rukavnaya perenosnaya gidroelektrostantsiya RP-GES-1,5 [Elektronnyy resurs]. — Rezhim dostupu: http://promcomplex.ru/rukavnaya_perenosnaya_gi

7. Gidrogeneratory v Kanade [Elektronnyy resurs]. — Rezhim dostupu: http://www.powerpal.com

8. Neobychnye besplotinnyie GES novogo pokoleniya: http://www.rusphysics.ru/articles/221

9. Posobie po primeneniyu mikroGES [Elektronnyy resurs]. — Rezhim dostupu: http://www.sgp.uz/userfiles/MikroGES%20rus-new.pdf

10. Gidrogeneratory, proizvedennye v Kitae [Elektronnyy resurs]. — Rezhim dostupu: http://www.made-in-china.com/products-search/hot-china-products/Hydro_Turbine.html

11. Patent na korysnu model 1785 Ukrayina F03V13/00. / Pryamotochniy gidroagregat / avtory: Bilokin I.I., Stetsenko Yu.M., Gaponov V.S., Andrenko P.M., Voskresenskiy V.O.; // zayavnik i patentovlasnik SP ZAO «HEMZ — IRES». — № 2002086497; zayavl. 05.80.2002; opubl. 15.05.2003, Byul. № 5.

12. Patent na korisnu model 2296 Ukraina F03B13/00. / Pryamotochniy gidroagregat / avtory: Gruboi A.P., Dyakov V.J. Andrenko P.M.; // zayavnik i patentovlasnik SP ZAO «HEMZ–IRES». — № 2002086497; zayavl. 05.80.2002; opubl. 15.05.2003, Byul. № 5.

13. Andrenko, P.M. Monoblochny gidroagregat mikroGES / P.M. Andrenko, A.Yu. Lebedev, O.V. Dmitrienko, M.S. Svinarenko // Gidro- ta pnevmoprivody mashin — suchasni dosyagnennya ta zastosuvannya: II mizhnar. nauk.-tekhnich. konf., 15-16 listopada 2016 r.: zbir. tez dop. — Vinnytsya, 2016. S. 14—16.

14. Kovalev, N.N. Gidravlicheskie mashiny: turbiny i nasosy: ucheb. dlya vuzov / N.N. Kovalev // M.: Energoatomizdat, 1983. — 320 s.

15. Ivanov, V.M. Metodika rascheta protochnoy chasti osevoy gidroturbiny novoy originalnoy konstruktsii / V.M. Ivanov, T.Yu. Ivanova, E.P. Zhdanov i dr. // Polzunovskiy vestnik. — 2009. — №4. — S. 253—256.

16. Gashinsky, Yu.P. Metodika rascheta, i obzor konstruktsiy i komponovok MikroGES [Elektronnyy resurs]. — Rezhim dostupu: http: //www.creed.net/wp-content

Надійшла 20.01.2017 р.

УДК 621.224(083)

Микрогэс типа SF моноблочного исполнения

П.Н. Андренко, А.Ю. Лебедев, О.В. Дмитриенко, М.С. Свинаренко

Разработана конструкци микроГЭС типа SF, которая обеспечивает работу гидроагрегата при высоких значениях КПД, повышает его надежность и увеличивает межремонтный период.

Проанализированы конструктивные особенности и рабочие параметры микроГЭС, которые выпускаются промышленными предприятиями. Разработана новая конструкция микроГЭС типа SF, у которой электрический генератор выполнен трёхфазным многополюсным синхронным генератором с возбуждением от высокоэрцитивных постоянных магнитов. Гидротурбина выполнена с саморегулирующимися поворотными лопастями, а уплотнения — со слоем твердосплавного композиционного материала релит-медь, что повышает надежность и увеличивает межремонтный период.

Доказано, что разработанная микроГЭС работает с КПД, близким к оптимальному, а ее удельная мощность при номинальных параметрах существенно превосходит мощность существующих микроГЭС. Определены поля характеристик прямоточных микроГЭС типа SF. Установлен диапазон изменения ее напоров и подач, а также способ монтажа. Приведены формулы для пересчета конструктивных параметров разработанной микроГЭС на имеющийся напор и подачу. Установлено, что эффективная работа разработанной микроГЭС происходит в диапазоне напоров от 4 до 12 *м* и подачи от 150 до 360 *л/с*.

Ключевые слова: микроГЭС, электрический генератор, гидротурбина, напор, подача, мощность, уплотнения.

UDK 621.224(083)

Microhydroelectric power station of SF-type of monoblock design

P.N. Andrenko, A.Yu. Lebedev, O.V. Dmitrienko, M.S. Svinarenko

The construction of mikrohydroelectric power station of SF-type which provides the work of hydroelectric generator at high values an efficiency, promotes his reliability, and increases the TBO period is developed.

The design features and working parameters of mikrohydroelectric power station, (produced by the industrial enterprises), have been analyzed. A new design of mikrohydroelectric power station of SF-type has been developed. In this power station an electric generator has been designed as a three-phase multi-polar synchronous generator with permanent high-coercivity magnets excitation. The hydro-turbine has been designed with the self-regulatory turning blades. The seals have been designed with the layer of carbide compositional material of relit-copper. That improves the reliability and increases the TBO period. It is was proved that the designed microhydropower station works with efficiency close to the optimal one. Its specific capacity at nominal parameters exceeds the capacity of existing microhydropower station. The field characteristics of direct-flow microhydroelectric power station of SF-type have been defined. The formulas for the recalculation of design parameters of the designed microhydroelectric power station taking into account the existing pressure and flow have been given. It is shown that effective work of developed microhydroelectric power station occurs in the range of pressures from 4 to 12 meters and the flow from 150 to 360 l/s.

Keywords: microhydroelectric power station, electric generator, a hydro-turbine, a pressure, a flow, power, seals.