

УДК 621.9

Мирослав Зінь, к. т. н., доц., Юрій Підгайний

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна
Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне),
Україна

РОЗРАХУНОК І ПРОЕКТУВАННЯ ГІДРОАГРЕГАТІВ З ПРОПЕЛЕРНИМИ ГІДРОТУРБИНАМИ ДЛЯ МАЛИХ ГЕС

Myroslav Zin, Ph.D, Assoc. Prof., Yurii Pidhainyi

CALCULATION AND DESIGNING OF HYDROUNITS WITH PROPELLER HYDRAULIC TURBINES FOR SMALL HYDROPOWES

Мала гідроенергетика є однією з галузей відновлюваної енергетики. Її розвиток всіляко заохочується як закордоном, так і в Україні. Наша держава, зокрема, надає новим малим ГЕС, які приєднані до єдиної енергосистеми, пільговий «зелений» тариф на вироблену ними електричну енергію.

Якщо мова йде про низькі напори (до 10 метрів), то, без сумніву, в цьому випадку найдоцільніше застосовувати високошвидкісні осьові гідротурбіни з кількістю лопатей робочого колеса від трьох до восьми – горизонтально- чи вертикальноосьові, поворотлопатеві чи пропелерні, звичайні чи трубні. Такі турбіни можуть безпосередньо працювати у тандемі з високошвидкісними малополюсними електричними силовими генераторами, які є меншими, легшими та дешевшими у порівнянні з тихохідними багатопольсними машинами. Альтернативою багатопольсному електричному генератору (асинхронному чи синхронному) є малополюсний електричний генератор плюс мультиплікатор (підвищувальний редуктор) (зубчастий, плоскоремeneвий, клиноремeneвий та ін.), але останній знижує надійність і ККД та підвищує вартість малої ГЕС (і, відповідно, збільшує собівартість енергії, яку вона виробляє).

Територія України є переважно рівнинною, тому й перспективні малі ГЕС в нашій країні будуть здебільшого низьконапірними. Зменшення напору в два рази призводить до аналогічного зменшення кількості електроенергії, яку виробляє мала ГЕС. Відтак економічна ефективність низьконапірних малих ГЕС дуже часто може виявитися під питанням (навіть незважаючи на пільговий «зелений» тариф). Тому тут необхідно застосовувати всі можливі резерви економії, з тим щоб добра справа не зайшла в безнадійно глухий кут.

У контексті вирішення цієї проблеми пропонуємо новий метод проектування гідроагрегатів низьконапірних малих ГЕС. Його суть полягає в наступному:

1. В якості гідротурбін вибираються переважно пропелерні. Вони є найдешевшими та найнадійнішими. Їх недолік – неможливість (без надмірних витрат) регулювання витрати води та потужності агрегату. Однак ці проблеми можна вирішувати іншими способами.
2. Гідроагрегати проектуються без мультиплікаторів чи редукторів. Тобто вал турбіни з'єднується з валом генератора безпосередньо за допомогою муфти. У цьому випадку, якщо на станції досягнуто певний напір води, необхідно застосувати гідротурбіну, робоча швидкість обертання валу якої дорівнює тій чи іншій асинхронній або синхронній швидкості обертання валу електрогенератора (в першому випадку – якщо генератор асинхронний, в другому випадку – якщо генератор синхронний). За відомого напору швидкість обертання валу турбіни визначається діаметром робочого колеса і кількістю лопатей, які на ньому встановлені. Якщо кількість лопатей робочого

колеса є наперед відомою (наприклад, чотири), то за певного напору швидкість обертання валу турбіни визначається лише діаметром робочого колеса. Виробники гідротурбін пропонують дуже обмежений перелік діаметрів робочих коліс. Наприклад, ТОВ «Мінігідро» (м. Харків) випускає турбіни для малих ГЕС лише з такими діаметрами робочих коліс: 20, 30, 50, 65 і 90 см. Цього обсягу для нашого методу вкрай недостатньо. Нам необхідна градація діаметрів робочих коліс щонайменше через один сантиметр. Тобто ми, маючи заданими кількість лопатей робочого колеса (наприклад, $z=4$), напір (наприклад, $H=4,8$ м) і швидкість обертання робочого колеса (яка, наприклад, дорівнює швидкості обертання асинхронного електрогенератора ($n=1050$ об/хв)), розраховуємо діаметр робочого колеса D (з точністю до одного сантиметра), витрату води Q та потужність на валу турбіни N . Для взятого нами прикладу результати розрахунків наступні: $D = 32$ см, $Q = 0,467$ м³/с, $N = 20$ кВт. Пропелерної гідротурбіни з діаметром робочого колеса $D = 32$ см, ймовірно, серійно не випускає жодна вітчизняна чи зарубіжна компанія. Тобто таку турбіну необхідно спроектувати та виготовити. Спроектувати можуть, наприклад, спеціалісти Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Виготовити – будь яке машинобудівне підприємство. В кінцевому підсумку все це вийде дешевше та якісніше, ніж купити готову вітчизняну турбіну з найближчим діаметром робочого колеса (30 або 50 см). В першому випадку (якщо $D = 30$ см) доведеться застосувати редуктор, в другому (якщо $D = 50$ см) – мультиплікатор. Во обох випадках знизиться ККД і надійність гідроагрегату та підвищиться вартість його обслуговування. За умов низької економічної ефективності малої ГЕС зазначені втрати і витрати можуть виявитися непідйомними.

3. З огляду на те, що пропелерна гідротурбіна не піддається жодному регулюванню (тобто жорстко зафіксованими є лопаті як на робочому колесі, так і (в переважній більшості випадків) в напрямному апараті), необхідно правильно спроектувати робоче колесо. Насамперед потрібно розрахувати кут встановлення лопаті робочого колеса на периферійному циліндричному перерізі. Кут закручення лопаті потрібно прийняти рівним приблизно 18° , але не більше. Кут атаки на периферії повинен бути в межах $0 \div 2^\circ$, біля втулки – не більше $6 \div 10^\circ$.

Запропонований нами метод проектування гідроагрегатів малих ГЕС виявився дуже актуальним в часі глобальних кліматичних змін, які особливо відчутно позначилися на Україні. Мова йде про підвищення на декілька градусів (понад норму) середньорічної температури повітря, яке призвело до зниження кількості опадів, збільшення випаровування вологи та відповідного зменшення річкових стоків. За таких умов гідроагрегати на багатьох малих ГЕС з причини відсутності достатньої кількості води у річках стають взагалі непрацездатними. Відтак на подібних ГЕС потрібно встановлювати додаткові, менші гідроагрегати. Саме запропонований нами метод виявився для цього дуже доречним. Наразі спроектовано декілька додаткових малих безредукторних гідроагрегатів для малих ГЕС Західного регіону.

Визначення з точністю до одного сантиметра діаметру робочого колеса гідротурбіни для наперед заданої швидкості його обертання дозволяє покращити техніко-економічні показники гідроагрегату малої ГЕС і вдихнути нове «життя» в подальший розвиток малої гідроенергетики України.