

РОЛЬ ГАЕС В РОБОТІ ЕНЕРГОСИСТЕМ

У роботі висвітлено важливе питання надійної роботи енергетичних систем та місця ГАЕС в регулюванні основних енергетичних параметрів. Обґрунтована доцільність розрахунків хвиль переміщення при проектуванні та будівництві ГАЕС. Порівняні результати розрахунків з результатами натурних досліджень.

Ключові слова: ГАЕС, енергосистема, хвилі переміщення, верхня водойма

A.A. RYABENKO, O.A. KLYUHA, V.S. TYMOSHCHUK

National university of water management and natural resources use, Rivne

THE MAIN FUNCTION OF THE PSP IN POWER SYSTEMS

Abstract – This article describes the important issue of reliable operation of power systems and place the PSP in the regulation of basic energy parameters.

The increase of electricity consumption creates of peak power shortage and construction of PSP. Implementation of basic functions of the PSP is accompanied by a significant amount of starts of units. Start, stop and regulation of parameters of units PSP accompanied by the emergence of waves movement. The parameters of waves movement necessary to take into account when specifying the marks of pressure front crest and protecting water receptacles structures of the upper reservoir and forebay, selecting the type and size of fixture slope. This research directed to improve of the existing methods of calculations of the free surface flow curve based on the data of field research.

Nature research and the results of calculations of hydraulic parameters of unsteady flow in the reservoirs PSP improve the strength and stability of the hydropower buildings.

Key words: PSP, power supply system, waves movements, upper reservoir

Вступ

Енергетичні системи – це сукупність електричних станцій, з'єднаних із споживачами енергії та між собою електричними мережами. До складу таких систем входять теплові (ТЕС), атомні (АЕС), гідроакumuлюючі (ГАЕС) і інші типи електричних станцій[1]. Державні і міждержавні об'єднані енергетичні системи обслуговують величезні території, використовуючи фактор неодноразності споживання електроенергії на цих територіях. Робота енергетичних систем повинна забезпечити оптимальні режими вироблення, розподілу, передачі і споживання електричної енергії.

Основні функції та значимість ГАЕС в енергосистемі

Експлуатація енергетичних систем ґрунтується на встановленні потреб споживачів електричної енергії та відповідних режимів її використання. Цей процес здійснюється шляхом побудови графіків навантаження енергосистеми, які виражають залежність сумарної потужності системи від часу (рис. 1).

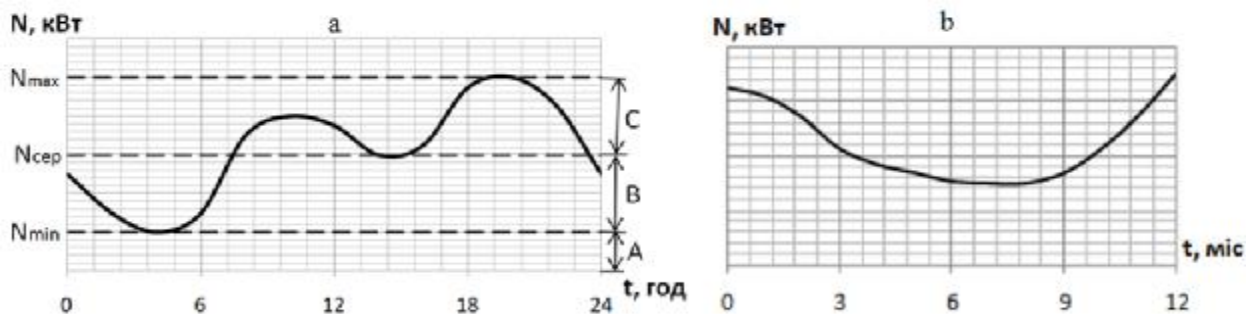


Рис. 1. Типові графіки навантаження енергосистеми: а – добовий, б – річний; А – базова, В - напівпікова, С – пікова частини

Добовий графік навантаження енергосистеми характеризується істотною нерівномірністю електроспоживання з наявністю відповідних піків та провалів. Покриття базової частини графіка забезпечують АЕС і ТЕС, а для регулювання напівпікової та пікової частин - використовують агрегати ТЕС і ГАЕС, а також блоки ТЕС (потужністю 200 – 300 МВт). Регулювання графіка навантажень енергосистеми за допомогою АЕС є дуже обмеженим. В окремих випадках використовують розвантаження блоків АЕС, що для енергоблоків ВВЕР-1000 є небажаним. Для регулювання реактивної потужності в лініях електропередач та на електростанціях безпосередньо використовують агрегати ТЕС, ГАЕС, ТЕС і навіть АЕС, хоча останній випадок не є штатним режимом експлуатації турбогенераторів АЕС.

Особливе значення у забезпеченні надійної роботи енергосистеми мають ТЕС і ГАЕС. Ці станції характерні високою маневреністю, пов'язаною з можливістю швидкого включення і виключення своїх агрегатів з роботи, а також швидкої зміни їх характеристик у часі. Зазначені особливості ТЕС і ГАЕС дозволяють їм оперативно покривати піки на графіку навантаження енергосистеми[1-4].

Покриття піків та заповнення провалів на добовому графіку навантаження енергосистем є однією з головних функцій гідроакмулюючих електростанцій. Крім цього, до числа функцій ГАЕС також відносяться регулювання параметрів енергосистеми (потужності, частоти, $\cos\varphi$), підвищення стійкості роботи і надійності системи, а також підвищення надійності технологічного обладнання блоків атомних і теплових електростанцій, працюючих у базовій частині графіка навантажень. Забезпечення зазначених функцій здійснюється при використанні таких основних режимів роботи ГАЕС: турбінний, насосний, режим синхронного компенсатора з турбінним та насосним напрямком обертання.

Реалізація вказаних функцій веде до істотного збільшення кількості пусків та запинок агрегатів ГАЕС. Наприклад, число пусків оборотних (реверсивних) агрегатів Загорської ГАЕС досягає 440 за місяць, а в окремі дні – біля 30 пусків за добу без врахування пусків гідроагрегатів у режимі синхронного компенсатора. Характерно, що для забезпечення надійної роботи енергетичних систем кількість змін режимів ГАЕС передбачається до 4000-8000 за рік. Наприклад, ГАЕС Drakensberg (ПАР – 8000, Gilboa (США) – 6000, Dinorwig (Англія) – 5000 [5].

Регулювання параметрів енергосистеми та поліпшення якості використовуваної електричної енергії відіграють надзвичайно велику роль в економічній діяльності держав. Використання ГАЕС у функції швидкодіючого аварійного резерву потужності дозволяє істотно підвищити стійкість енергетичних систем, звести до мінімуму можливість виникнення масштабних аварій у цих системах. Прикладом таких аварій може слугувати системна аварія 14 серпня 2003 р. на північному сході США і сусідніх провінціях Канади. В результаті аварії без електричної енергії залишилося 50 млн людей, від системи відключилася 21 електростанція, в тому числі 10 атомних. Збитки склали більше 6 млн доларів США. Подібні аварії національного масштабу відбувалися в Італії, Швеції, Данії (2003 р), Токіо (1999 р.) та Москві (2005р.) [6].

Будівництво та експлуатація ГАЕС в Україні

Велика увага в Україні приділяється будівництву гідроакмулюючих електростанцій. У 1970 р. була введена в експлуатацію Київська ГАЕС потужністю 235 МВт. У 2006 р. введені перші два блоки Ташлицької ГАЕС загальною потужністю 300 МВт. У 2009 та 2013 роках відбулися пуски відповідно першого та другого гідроагрегатів Дністровської ГАЕС (рис. 2) [7]. Дана станція знаходиться в Чернівецькій області на правому березі р. Дністер на віддалі 10 км нижче за течією від Дністровської ГЕС-1.

Після введення в експлуатацію усіх блоків установлена потужність станції у генераторному режимі становитиме $7 \cdot 324 = 2268$ МВт і за даним показником вона стане найпотужнішою ГАЕС в Європі і п'ятою у світі.

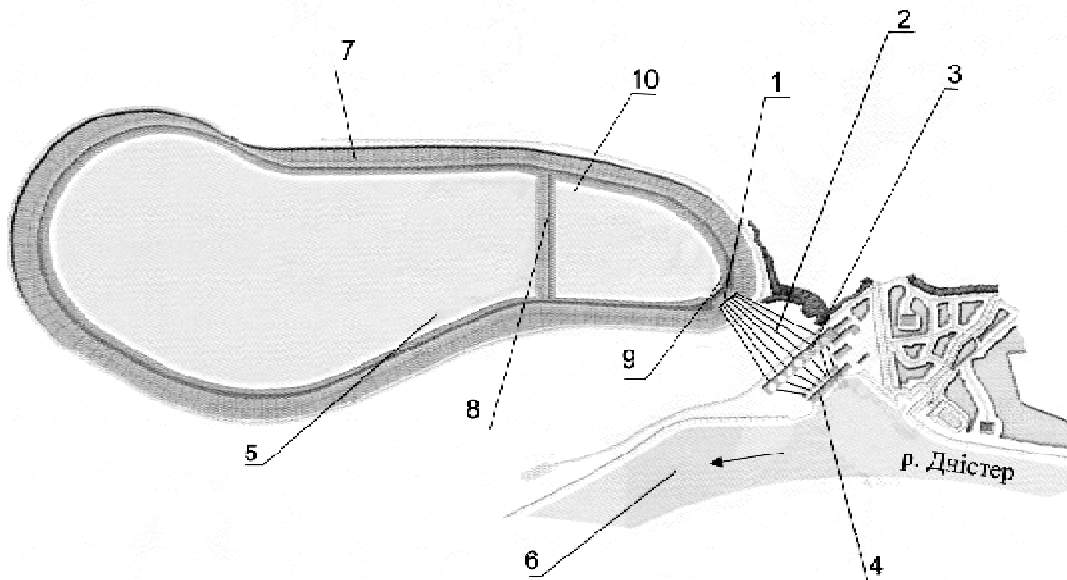


Рис. 2. План основних споруд Дністровської ГАЕС: 1 – водоприймач, 2 – напірні водоводи, 3 – будівля ГАЕС, 4 – водовипуск, 5 – верхня водойма, 6 – нижня водойма, 7 – огорожувальна дамба, 8 – тимчасова перегороджувальна дамба, 9 – місце розташування датчика №1, 10 – місце розташування датчика №2

Пуск, зупинка та регулювання потужності агрегатів ГАЕС супроводжується виникненням в аванкамері, верхній водоймі та відповідному каналі неусталених гідравлічних режимів потоку з утворенням хвиль переміщення. Параметри таких хвиль потрібно враховувати при назначенні відміток гребеня напірного фронту водоприймача, аванкамери та огорожувальних конструкцій верхньої водойми, а також при виборі типу і розмірів кріплення укосів, виконанні розрахунків міцності та стійкості споруд.

Чисельні методи розрахунку

Методики чисельних розрахунків обрисів вільної поверхні хвиль переміщення ґрунтуються на

вирішенні одновимірних та двохвимірних рівнянь Сен-Венана, трьохвимірних рівнянь Рейнольдса в гідростатичному наближенні, системи рівнянь Нав'є-Стокса. При вирішенні задачі використовуються також оригінальні числові алгоритми, адаптаційні три- та чотирикутні сітки, а також гібридне моделювання. Розглядувана задача є дуже складною, оскільки потрібно враховувати параметри працюючих агрегатів, глибини і конфігурацію конкретної водойми, велику кількість інших діючих факторів і поправочних коефіцієнтів[8].

Для розрахунків хвиль переміщення у верхній водоймі Дністровської ГАЕС як вихідну математичну модель було вибрано перше наближення теорії «мілкої води».

Натурні дослідження хвиль переміщення на Дністровській ГАЕС

Натурні дослідження автоматично враховують весь комплекс діючих факторів – закони руху рідини, описувані диференціальними рівняннями в частинних похідних, особливості роботи агрегатів ГАЕС у турбінному і насосному режимах, розміри і конфігурацію споруд, геометрію верхнього та нижнього водосховищ, вплив вітрових хвиль тощо [3]. Вибір використовуваних при цьому типів контрольно-вимірної апаратури (КВА) повинен враховувати всі названі фактори і забезпечити необхідну точність отримуваних результатів.

Серед різних типів КВА, встановленої на Дністровській ГАЕС, можна виділити таку апаратуру, що може бути використана для визначення рівнів води у верхній і нижній водоймах Дністровської ГАЕС під час роботи станції [9, 10]: датчики тиску мембранного типу VEGAWELL72, які встановлені у верхньому і нижньому б'єфах; датчик тиску струнного типу 4500S-350kPa (дистанційний п'єзометр), який розміщений на динамічній осі руху води від водоприймача до огорожувальної дамби у верхній водоймі на ПК63+60. Цей датчик (№ 2) був запроєктований та додатково встановлений для вимірювання характеристик хвиль переміщення у водоймі під час роботи станції.

Проведенні натурні дослідження дозволили визначити реальні значення параметрів хвиль переміщення при роботі станції в турбінному та насосному режимах. Також були проведенні вимірювання значення висот вітрових хвиль. Було встановлено, що їх значення найбільші при південному та північному напрямках вітру.

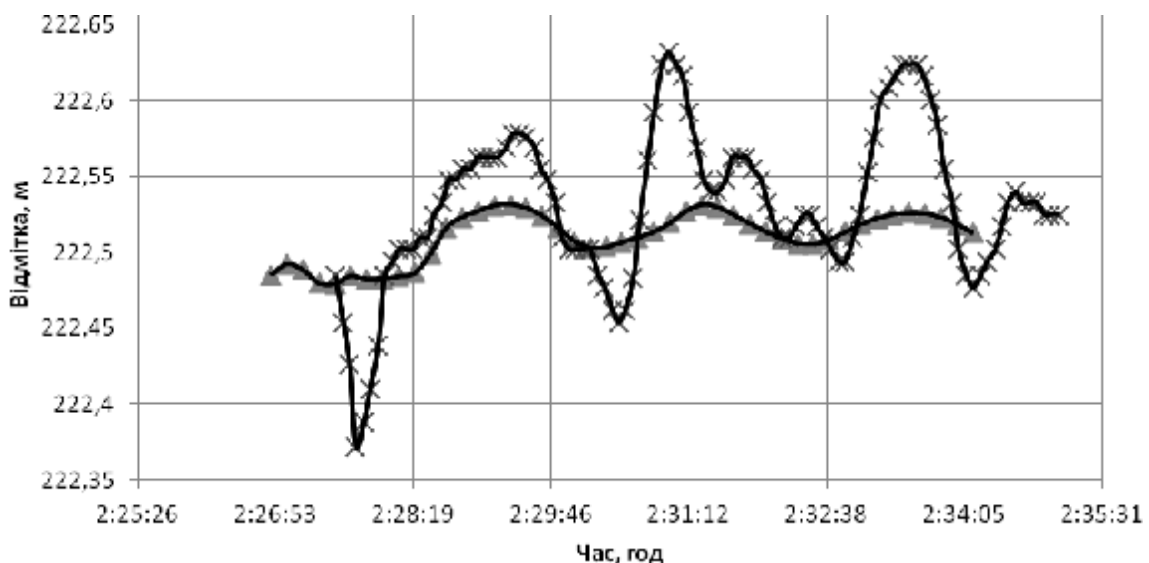


Рис. 3. Співставлення натурних даних та математичного моделювання при роботі першого агрегату Дністровської ГАЕС у насосному режимі: —х—х—х— натурні дані, —Δ—Δ—Δ— математична модель

Результати, отримані за методикою теорії «мілкої води», якісно співпадають з даними натурних досліджень за фазами утворення і поширення хвиль переміщення, але кількісні значення є дещо заниженими (див. рис. 3). Характерно, що на ГАЕС Жидово (Польща) при введенні в експлуатацію двох агрегатів хвилі переміщення виявилися більшими, ніж прогнозовані[11]. Це свідчить про необхідність подальшого удосконалення використовуваних методик розрахунків.

Висновок

1. В сучасних умовах росту споживання електроенергії, збільшення одиничної потужності агрегатів ТЕС і АЕС та дефіциту пікової потужності гідроакмулюючої електростанції відіграють важливу роль в роботі енергетичних систем.

2. Натурні дослідження та результати розрахунків гідравлічних характеристик неусталених потоків у водосховищах при роботі Дністровської ГАЕС в насосному і генераторному режимах дозволяють підвищити надійність цього гідроенергетичного об'єкту.

3. Використовувані методики розрахунків хвиль переміщення, утворених при роботі ГАЕС,

вимагають подальшого удосконалення.

Література

1. Гидроэлектрические станции. Под ред. Губина Ф.Ф., Кривченко Г.И. М.: Энергия, 1980.- 368 с.
2. Кучерява І.М., Сорокіна Н.Л. Шляхи регулювання графіків навантаження та управління споживанням електричної енергії // Гідроенергетика України, - № 4, - 2007. – С. 36-44.
3. Синюгин В.Ю., Магрук В.И., Родионов В.Г. Гидроаккумулирующие электростанции в современной электроэнергетике. – М.: ЭНАС, 2008, 352с.
4. Ландау Ю.А. Развитие атомной энергетики и ГАЭС // Гідроенергетика України, - № 4, - 2006. – С. 18-22.
5. Тихомирова Н.В. ГАЭС на развивающемся энергорынке: инновации и инвестиции // Гидротехническое строительство. – 2005. - №6. – С.30-37.
6. Авраменко В.М. Електроенергетична аварія в США і Канаді 14 серпня 2003 р. та уроки для України, - №1, - 2004. – С. 30-33.
7. Поташник С.И. и др. Пуск первого агрегата Днестровской ГАЭС // Гідроенергетика України, - № 3, - 2009. – С. 6-16.
8. Рябенко О.А., Тимошук В.С. Розрахунки неусталених режимів роботи верхнього басейну ГАЕС // Вісник НУВГП. Випуск 2 (54), - 2011. - С. 79-85.
9. Руководство по эксплуатации VEGAWELL72 4..20 mA/Hart. VEGA Grieshaber KG, Schiltach/Germany, 2008 – 48с.
10. Instruction Manual Model 4500 Series Vibrating Wire Piezometer, Geokon, 2011, - 29ps.
11. Малиновски Р. Проектирование, строительство и эксплуатация ГАЭС Жидово в Польше // Гидротехническое строительство, - №6, - 1972. – С.29-34.

References

1. Hidroelektricheskie stantsii. Pod red. Gubina F.F., Krivchenko G.I. M.: Energiya, 1980.- 368 s. [in Russian]
2. Kucherjva I.M., Sorokina N.L. Shljahy reguljuvannja grafikiv navantazhennja ta upravlinnja spozhyvannjam elektrychnoi' energii' //Gidroenergetyka Ukrainy, - № 4, - 2007. – S. 36-44.
3. Sinjugin V.Ju., Magruk V.I., Rodionov V.G. Gidroakkumulirujushhie jelektrostantsii v sovremennoj jelektrojenergetike. – M.: JeNAS, 2008, 352s.
4. Landau Ju.A. Razvitie atomnoj jenergetiki i GAJeS // Gidroenergetika Ukraini, - № 4, - 2006. – S. 18-22.
5. Tihomirova N.V. GAJeS na razvivajushhemsja jenergorynke: innovacii i investicii // Gidrotehnicheskoe stroitel'stvo. – 2005. - №6. – S.30-37.
6. Avramenko V.M. Elektroenergetychna avarija v SShA i Kanadi 14 serpnja 2003 r. ta uroky dlja Ukrainy, - №1, - 2004. – S. 30-33.
7. Potashnik S.I. i dr. Pusk pervogo agregata Dnestrovskoj GAJeS // Gidroenergetika Ukraini, - № 3, - 2009. – S. 6-16.
8. Rjabenko O.A., Tymoshuk V.S. Rozrahunky neustalenyh rezhymiv roboty verhn'ogo basejnu GAES // Visnyk NUVGP. Vypusk 2 (54), - 2011. - S. 79-85.
9. Rukovodstvo po jekspluataciji VEGAWELL72 4..20 mA/Hart. VEGA Grieshaber KG, Schiltach/Germany, 2008 – 48s.
10. Instruction Manual Model 4500 Series Vibrating Wire Piezometer, Geokon, 2011, - 29ps.
11. Malinovski R. Proektirovanie, stroitel'stvo i jekspluatacija GAJeS Zhidovo v Pol'she // Gidrotehnicheskoe stroitel'stvo, - №6, - 1972. – S.29-34.

Рецензія/Peer review : 31.3.2014 р.

Надрукована/Printed : 9.4.2014 р.
Рецензент: Гордеев А.І., д.т.н., проф.