

УДК 621.313

КЕНСИЦЬКИЙ О.Г., канд. техн. наук,
Ін-т проблем безпеки АЕС НАН України, м. Київ



КОНСТРУКЦІЯ ТА РЕЖИМИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГІДРОГЕНЕРАТОРА-ДВИГУНА ДНІСТРОВСЬКОЇ ГАЕС

Розглянуто й проаналізовано особливості конструкції та режими експлуатації гідрогенератора-двигуна Дністровської ГАЕС. Визначено основні напрямки необхідних досліджень стану машини з метою удосконалення її конструкції, підвищення надійності та навантажувальної здатності

Дністровська ГАЕС призначена для використання в якості джерела пікової потужності, аварійного і постійного резерву, споживача енергії в години провалу графіка навантаження, джерела і споживача реактивної потужності.

Гідрогенератор-двигун типу СВО 1255/255-40 УХЛ4, спроектований і виготовлений на Державному підприємстві "Завод "Електроважмаш", є унікальним за своєю потужністю (430 МВА) й масогабаритними параметрами (маса гідрогенератора-двигуна в складеному стані – 1740 т, зовнішній діаметр корпусу – 19,8 м, висота гідрогенератора-двигуна – 9 м; маса ротора – 790 т) і є одним з найбільш потужних гідрогенераторів-двигунів подібного типу в світі.

Для успішного функціонування оборотного гідроагрегату гідрогенератор-двигун оснащено унікальними системами: статичною тиристорною системою незалежного збудження і системою пуску гідрогенератора-двигуна в режимі двигуна (пусковим тиристорним пристроєм на основі статичного тиристорного перетворювача частоти).

Гідрогенератор-двигун призначений для роботи в режимі генератора (при турбінному режимі роботи гідроагрегату) і в режимі двигуна (при насосному режимі гідроагрегату), а також у режимі синхронного компенсатора з напрямком обертання генератора або двигуна.

У генераторному режимі гідрогенератор-двигун перетворює механічну енергію, що передається з вала насоса-турбіни, в електричну енергію, яка видається в зовнішню електричну мережу.

У двигунному режимі гідрогенератор-двигун перетворює електричну енергію, що споживається із зовнішньої мережі, в механічну енергію обертання вала насоса-турбіни і тим самим подає воду з нижнього басейну ГАЕС у верхній, створюючи запас потенційної енергії за рахунок води у верхньому басейні.

У режимі синхронного компенсатора гідрогенератор-двигун повинен видавати або споживати реактивну потужність, працюючи при витисненій воді з камери робочого колеса насоса-турбіни в генераторному або двигунному напрямках обертання.

Робота в генераторному і двигунному режимах повинна забезпечуватися з основними параметрами, зазначеними в Табл. 1.

Корпусна ізоляція обмотки статора виконана по типу "Ізопролент-Ф" терморезистивною на основі склослюдинітових стрічок і епоксидноволачних зв'язуючих з вакуумуванням, гідростатичним опресовуванням і термообробкою в установці "Мікафіл". Клас нагрівостійкості ізоляції – F по ГОСТ 8865-93.

Таблиця 1. Основні номінальні параметри гідрогенератора-двигуна

Найменування параметра	Значення параметра	
	Генераторний режим	Двигунний режим
Активна потужність на затискачах гідрогенератора-двигуна, МВт	324,0	421,0
Повна потужність, що видається у мережу в режимі генератора або споживається із мережі в режимі двигуна (на затискачах гідрогенератора-двигуна), МВА	360,0	430,0
Коефіцієнт потужності (перезбудження)	0,90	0,979
Номінальний струм статора, А	13200	15765
Номінальна напруга, В	15750	15750
Номінальний струм збудження, А	1900	1850
Опір обмотки збудження постійному струму при температурі +15 °С, Ом	0,1387	0,1387
Струм збудження при номінальній потужності та відхиленнях напруги на затискачах на +5 % от номінальної, А	2086	1974



Таблиця 2. Граничні значення температур активних частин гідрогенератора-двигуна

Найменування активних частин	Метод вимірювання	Перевищення температури при температурі охолоджуючого повітря +35 °С	Абсолютна температура
Обмотка и активна сталь осердя статора	По термоперетворювачам опору	85	120
Обмотка ротора	По вимірюванню опору на постійному струмі	95	130

При тривалій роботі гідрогенератора-двигуна з номінальним навантаженням максимальні значення температури активних частин повинні бути не більше зазначених у Табл. 2.

Охолодження активних частин гідрогенератора-двигуни здійснюється повітрям, що циркулює по замкнутому контуру. Циркуляція повітря відбувається за рахунок самовентиляційної дії ротора і відцентрованих вентиляторів, встановлених на торцях обода ротора.

Витрата повітря при генераторному і двигунному напрямку обертання однакова.

Охолоджуюче повітря подається до ротора двома потоками (Рис. 1):

- один потік рухається в просторі між лапами хрестовини, огороженому зверху перекриттям хрестовини і знизу – верхнім повітродільним щитом, потім через прорізи в спицях ротора і між спицями входить у ротор;

- другий потік рухається по повітроводах у фундаменті агрегату, потім уздовж нижнього повітродільного щита до отворів в спицях ротора і між спицями.

Холодне повітря з ротора проходить через канали в ободі, охолоджує полюса і викидається в повітряний зазор. Потім повітря через вентиляційні канали в осерді статора потрапляє в корпус статора і через повітроохолоджувачі – в камеру холодного повітря, звідки знову двома потоками йде до ротора.

Від вентиляторів у верхній і нижній частинах ротора повітря надходить у зону лобових частин, звідки йде до повітроохолоджувачів через зазори під натискними гребінками.

Охолодження нагрітого повітря здійснюється технічною водою за допомогою 24-х газоохолоджувачів, які розміщені на гранях корпусу статора. Втрати тертя у під'ятнику і спрямовуючому підшипнику відводяться за допомогою маслоохолоджувачів, розміщених в масляних ваннах.

Апаратура теплового контролю дозволяє контролювати температуру в різних точках гідрогенератора-двигуна і сигналізувати про неприпустимі її зміни. Термоперетворювачі, що контролюють температуру обмотки статора, встановлені в пазах між стрижнями обмотки, сталі осердя статора на дні паза. Також контролюються температури холодного повітря на виході із газоохолод-

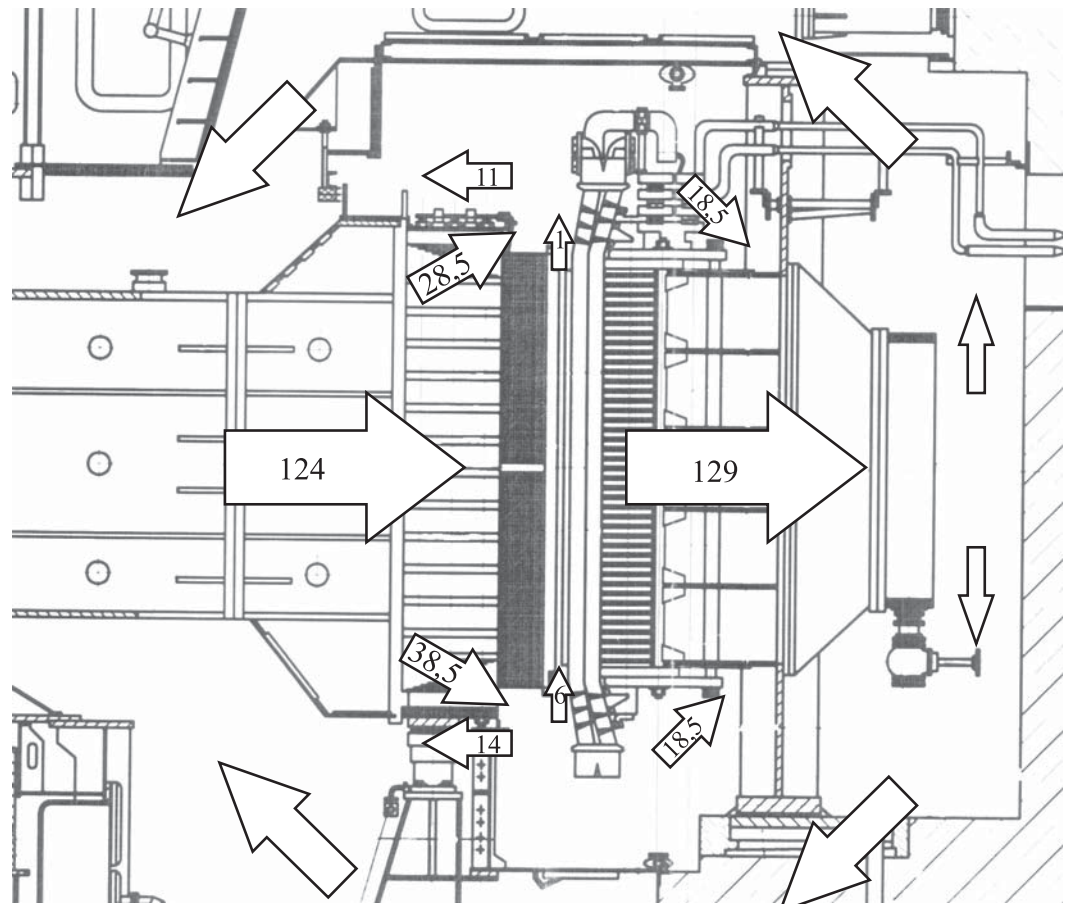


Рис. 1. Схема вентиляції гідрогенератора-двигуна СВО 1255/255-40 УХЛ4 Дністровської ГАЕС (цифра всередині стрілки – розрахункова витрата повітря через відповідні канали, м³/с)



Таблиця 3.

Напруга, % від номінальної	110	108	106	105	100	95	92	90
Струм статора, % від номінального	80	87,5	92,5	95	100	105	105	105
Удавана потужність, % від номінальної	88	93,5	98	100	100	100	93,5	94,5

жувачів, а також гарячого повітря на вході до газоохолоджувачів.

У крайніх пакетах осердя статора і на натискних гребінках в процесі виготовлення встановлені термоелектричні перетворювачі (термопари) для визначення температури осердя в режимах номінального навантаження і режимах недозбудження.

Гідрогенератор-двигун у генераторному режимі роботи включається в мережу методом точної синхронізації, при цьому:

- відхилення частоти не повинно перевищувати $\pm 0,25$ Гц;
- неузгодженість за фазою не повинно перевищувати ± 12 ;
- відхилення напруги гідрогенератора-двигуна не повинно перевищувати ± 3 % відносно напруги мережі.

Пуск гідрогенератора-двигуна у двигунному режимі здійснюється від статичного перетворювача частоти при витисненій воді із камери робочого колеса насоса-турбіни. Поряд з цим допускається використання частотного електромашинного пуску у двигунному режимі (по методу "back to back"

– "спина до спини") від іншого гідроагрегату.

Гідрогенератор-двигун у генераторному режимі зберігає номінальну потужність із номінальним коефіцієнтом потужності при одночасних відхиленнях напруги на виводах до ± 5 % і частоти струму до $\pm 2,5$ % від номінальних значень. При цьому при роботі із підвищеною напругою та зниженою частотою струму сума абсолютних значень відхилень напруги й частоти струму не повинні перевищувати 6 %.

У генераторному режимі допускається тривала робота при граничному відхиленні напруги у ± 10 % від номінального значення. При відхиленнях напруги від ± 5 % до ± 10 % припустимі навантаження повинні бути знижені до значень, наведених у Табл. 3.

У двигунному режимі гідрогенератор-двигун зберігає номінальну потужність із номінальним коефіцієнтом потужності при одночасних відхиленнях напруги в мережі від -5 % до $+10$ % та частоти струму до 2,5 % від номінальних значень. При цьому при роботі із підвищеною напругою та зниженою частотою струму сума абсолютних значень відхилень напруги й частота струму не повинна перевищувати 10 %, а кожне із відхилень не повинно перевищувати норму.

Для гідрогенератора-двигуна є припустимою тривала робота у режимі синхронного компенсатора із навантаженням в режимі перезбудження 229 Мвар. Максимальний струм ротора обмежується в режимі недозбудження визначається рівнем нагріву елементів кінцевих зон 272 Мвар.

При роботі гідрогенератора-двигуна в режимах перезбудження та недозбудження із різними коефіцієнтами потужності припустимі навантаження визначаються відповідно до діаграми навантаження (Рис. 2.).

Регулювання навантаження при роботі гідрогенератора-двигуна в режимах, що вказані на Рис. 2, здійснюється зміною струму збудження.

Для гідрогенератора-двигуна є припустимою короткочасна робота тривалістю не більше 3 хвилин у режимі включення лінії електропередачі (ємнісне навантаження) при номінальних значеннях напруги і частоти струму з потужністю 300 Мвар (без зміни напрямку струму збудження).

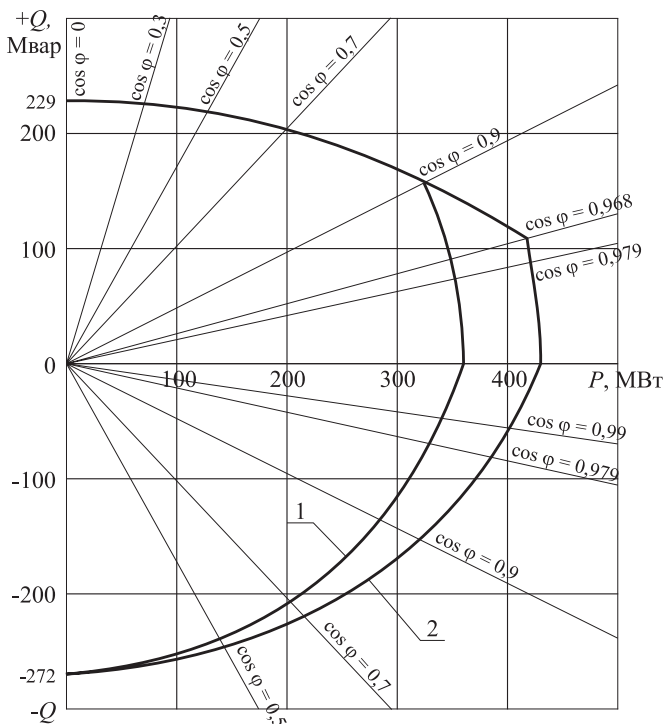


Рис. 2. Діаграма навантажень гідрогенератора-двигуна СВО 1255/255-40 УХЛ4 Дністровської ГАЕС: 1 - генераторний режим; 2 - двигунний режим.



Потужність у режимах, що вказані на діаграмі навантаження, величина припустимої потужності у режимі включення лінії електропередачі уточнюються і встановлюються за результатами спеціальних досліджень.

Висновки

1. Гідрогенератор-двигун СВО 1255/255-40 УХЛ4, виготовлений ДП Завод "Електроважмаш" і встановлений на Дністровській ГАЕС, є унікальним досягненням електромашинобудування України. На сьогодні він є найпотужнішою машиною такого типу в Європі.

2. Добудова Дністровської ГАЕС (7 агрегатів) сприятиме вирішенню низки проблем Об'єднаної енергосистеми України:

- створення необхідного обсягу ефективних маневрених потужностей;
- регулювання перетоків реактивної потужності;
- забезпечення штатних режимів експлуатації енергоблоків АЕС.

3. Гідрогенератор-двигун енергоблока № 1 Дністровської є першим в серії із 7 машин. Тому саме на ньому мають бути вирішені всі питання щодо удосконалення конструкції, оптимізації режимів роботи, підвищення надійності й навантажувальної здатності всіх машин серії. Це вимагає проведення повного комплексу досліджень теп-

лового, електромагнітного й термомеханічного стану основних елементів і вузлів машини із залученням математичного й фізичного моделювання, натурних випробувань.

Особливо важливим є обстеження стану статора і ротора машини після дослідно-промислової експлуатації гідроагрегату № 1 під час найбільшого планового ремонту із вийманням ротора. Що дозволить виявити проблемні елементи та вузли, оцінити їх стан, промодельовати перебіг процесів, розробити заходи щодо оптимізації режимів навантаження цих зон.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Счастливы Г.Г., Федоренко Г.М., Выговский В.И.* Турбо- и гидрогенераторы при переменных графиках нагрузки. — Киев: Наук. думка, 1985. — 208 с.
2. *Поташич С.И., Грубой А.П., Шофул А.К., Кошелев В.В., Лицов В.И., Логвинов В.П., Битюцкий Н.Л., Бузивский О.В., Берченко Ю.Н.* Результаты электрических и тепловых испытаний гидрогенератора-двигателя СВО 1255/255-40УХЛ4 станц. № 1 Днестровской ГАЭС // Гідроенергетика України. — 2011. — № 1. — С. 7–12.
3. *Поташич С.И., Рассовский В.Л., Жук А.П., Мартинчик В.Ф., Бондаренко Ю.Н.* Пуск первого гидроагрегата Днестровской ГАЭС. // Гідроенергетика України. — 2009. — № 3. — С. 6–16.
4. *Гринь В.А.* Особенности эксплуатационных режимов энергоблока Днестровской ГАЭС. // Гідроенергетика України. — 2009. — № 3. — С. 17–20.

© Кенсіцький О.Г., 2011

