



"УКРГІДРОЕНЕРГО 15 РОКІВ"

В поточному 2018 році з'явилася нагода поділитися баченням тих процесів, які відбуваються в роботі компанії, адже в цьому році виповнюється 15 років створення Укргідроенерго. В 2003 році наказом № 831 Міністерства палива та енергетики було об'єднано дві компанії Дніпрогідроенерго і Дністрогідроенерго в Укргідроенерго, до складу якої увійшли каскад Дніпровських ГЕС і ГАЕС та Дністровська ГЕС. Через декілька років в 2006 році Укргідроенерго вперше стає замовником будівництва Дністровської ГАЕС, а в 2008 році вдруге і остаточно.

Сучасний стан обладнання та гідротехнічних споруд гідроелектростанцій компанії дозволяють з впевненістю сказати, що рішення про створення державної компанії, яка об'єднує усі великі ГЕС і ГАЕС України (крім Ташлицької ГАЕС, яка належить державному підприємству Енергоатом) було правильним і своєчасним. Протягом цих років компанія проводила єдину технічну політику, яка дала можливість проведення одночасної реконструкції діючих ГЕС, другий етап якої розпочався в 2006 р., а також забезпечити введення нових генеруючих потужностей для енергосистеми України — введення в експлуатацію 3-х гідроагрегатів Дністровської ГАЕС відповідно в 2009, 2014, 2016 роках сумарною потужністю в генераторному режимі 972 МВт.

ПрАТ "Укргідроенерго" — головна та найбільша гідрогенеруюча компанія України, яка забезпечує покриття пікових навантажень, регулювання частоти і потужності, мобільний аварійний резерв в об'єднаній енергосистемі України. У 2018 р. загальна кількість гідроагрегатів на станціях товариства склала 103, а їх сумарна встановлена потужність досягла 5758,1 МВт. Частка потужностей в балансі енергосистеми України складає приблизно 8 %.

За період з 2003 по липень 2018 р. (на II етапі реконструкції) на ГЕС ПрАТ "Укргідроенерго" була проведена реконструкція 45 гідроагрегатів (ГА), а саме:

Київській ГЕС — 11 ГА з приростом потужності в генераторному режимі (ГР) на 38,5 МВт;

Канівській ГЕС — 14 ГА з приростом потужності в ГР на 49,0 МВт;

Кременчуцькій ГЕС — 5 ГА з приростом потужності в ГР на 14,0 МВт;

Середньодніпровській ГЕС — 6 ГА з приростом потужності в ГР на 36 МВт;

Дніпровській ГЕС-2 — 5 ГА з приростом потужності в ГР на 48,2 МВт;

Каховській ГЕС — 4 ГА з приростом потужності в ГР на 23,2 МВт.

Всього приріст потужності гідроагрегатів склав: 208,9 МВт.

Основними завданнями при проведенні реконструкції турбінного обладнання були вимоги щодо підвищення потужності та ККД (коефіцієнт корисної дії), недопущення попадання турбінної оливи у

р. Дніпро та продовження терміну експлуатації обладнання на термін не менше 40 років. Окремою вимогою також було забезпечення надійної роботи турбін при роботі в системі автоматичного регулювання частоти та потужності (САРЧП) енергосистеми України для ГЕС, які беруть участь в роботі САРЧП. В об'ємі робіт з реконструкції турбін входили: реконструкція робочих поворотно-лопатевих (ПЛ) коліс (РК), камер РК, валів турбіни, напрямних апаратів (НА), прямого підшипника турбіни, регуляторів швидкості, маслonaпiрних установок та іншого допоміжного обладнання. Враховуючи досвід проведення реконструкції, в розроблені ПАТ "Укргідропроект" проекти реконструкції вносилися відповідні коригування. Так, при реконструкції Каховської ГЕС додатково було внесено заміну камер РК, а замість гумових вкладок турбінного підшипника вкладки із синтетичного матеріалу канадської компанії Thordon. Для запобігання попадання масла у р. Дніпро у порожнині кінематики приводу лопатей РК більше не застосовується надлишковий тиск масла системи регулювання, який для різних ГЕС становив від 25 кг/см² до 40 кг/см². Тепер ущільнення лопатей не знаходяться під тиском масла системи регулювання, що виключає попадання масла у р. Дніпро, та РК стали практично екологічно чистими. Лопаті РК та камери РК стали виготовлятися із кавітаційно стійкої сталі. При заміні камер РК з вирубок штрабного бетону був використаний та удосконалений досвід реконструкції зворотних ГА Київської ГАЕС, яка проводилася 30 років тому. Весь об'єм робіт з реконструкції 45 гідроагрегатів виконали вітчизняні виробники — АТ "Турбоатом" та ДП "Електроважмаш". Контракти на виготовлення обладнання з АТ "Турбоатом" та ДП "Електроважмаш" були підписані як після проведення торгів за участю зарубіжних компаній, так і за контрактами на одного виробника.

Наразі також підписані контракти на реконструкцію 3-х прямих ГА Київської ГАЕС, 7-х ГА Канівської ГЕС, 2-х ГА Кременчуцької ГЕС, 2-х ГА Середньодніпровської ГЕС та 2-х ГА Дніпровської ГЕС-2 із АТ "Турбоатом" (за участю ДП "Електроважмаш") та контракт на реконструкцію 3-х ГА Дніпровської ГЕС-1 з однією із провідних компаній у світі по виготовленню гідроагрегатів Andritz Hydro за кредитні кошти ЄБРР та ЄІБ.

При реконструкції гідрогенераторів ПрАТ "Укргідроенерго" для продовження терміну служби гідрогенераторів на 40 років, підвищення потужності та ККД, забезпечення надійної та безпечної експлуатації були впроваджені:

- метод шихтування статора в кільце, що дозволило підвищити якість збірки осердя статора, зменшити втрати, вібрацію, отримати більш рівномірний повітряний зазор.



- підвищення класу ізоляції обмотки генератора з класу "В" на більш нагрівостійкий класу "F".

При заміні обмоток статора на всіх гідрогенераторах компанії ПрАТ "Укргідроенерго" використовується новий матеріал "препрег", який після запікання збільшує жорсткість обмотки і сприяє зменшенню її вібрації.

В зв'язку з підвищенням потужностей генераторів після реконструкції, а також великим терміном експлуатації, проводиться заміна трансформаторного обладнання. Всього на філіях компанії було замінено 31 блочний трансформатор, виготовлений за сучасними новітніми технологіями. Всі встановлені блочні трансформатори виготовлені на Запорізькому заводі "Запоріжтрансформатор" і відповідають світовим стандартам якості. Для забезпечення більшої надійності та зручності в експлуатації, трансформатори комплектуються високовольними вводами з RIP ізоляцією. Всі трансформатори обладнані сучасними системами управління з його охолодження та обладнані плівковим захистом оливи.

На всіх філіях компанії та їх підстанціях проведено заміну щитів постійного струму на нові щити з підзарядними пристроями виробництва "Елкор". Нові щити постійного струму виконано на сучасній мікропроцесорній базі, які більш надійно забезпечують живленням споживачів.

Для резервування живлення щитів постійного струму майже на всіх гідроелектростанціях встановлено по дві малообслуговувані акумуляторні батареї зі збільшеним терміном експлуатації до 15 – 20 років, які мають герметичний корпус з сучасними фільтр-пробками, що виключають випаровування аерозолів кислоти.

З встановленням нових елегазових генераторних вимикачів суттєво поліпшилась маневреність всіх агрегатів компанії. Перехід з повітряних високовольних вимикачів на елегазові призвів до зменшення споживання електроенергії власних потреб в зв'язку з тим, що відпала необхідність утримувати великі пневмогосподарства. Всього на філіях компанії було замінено 89 генераторних вимикачів виробництва фірми АВВ (Швейцарія) та 91 високовольний вимикач виробництва фірми ALSTOM. Обслуговування високовольних вимикачів виробництва фірми ALSTOM проводиться навченим персоналом ГЕС, які можуть виконувати сервісні роботи з обслуговування до 5-го рівня інспекції.

За перший і другий етапи реконструкції практично повністю завершена заміна високовольних роз'єднувачів всіх класів напруги на ГЕС ПрАТ "Укргідроенерго". Тільки протягом 2007 – 2013 років на ГЕС ПрАТ "Укргідроенерго" замінено 29 комплектів роз'єднувачів 121 кВ, 36 комплектів роз'єднувачів 169 кВ і 30 комплектів роз'єднувачів 363 кВ виробництва фірми "AREVA".

Виконано заміну комплектних розподільних пристроїв (КРУ) 6кВ і 10 кВ на нові із застосуван-

ням вакуумних вимикачів в комірках замість морально і технічно застарілих масляних. Протягом 2007–2013 років замінено 185 комірок 6 кВ і 114 комірок 10 кВ виробництва фірми АВМ "АМПЕР" (Україна) і АВВ.

Одним з напрямків реконструкції основного та допоміжного обладнання компанії, була реконструкція систем керування, регуляторів швидкості, та систем збудження.

Необхідність заміни регуляторів швидкості, була викликана фізичним та моральним зносом діючих механічних регуляторів, які замінювалися на сучасні електронно-гідролічні цифрові регулятори швидкості. В конструкції нових регуляторів швидкості використана сучасна електронна елементна база (зворотні зв'язки, управління та контроль частоти обертання гідроагрегату, управління напрямним апаратом), застосовано нові технічні рішення в приводі напрямним апаратом.

Необхідність заміни старих систем збудження на більш надійні нові тиристорні, з дубльованою силовою частиною була викликана фізичним й моральним зносом старих систем збудження, в конструкції яких використовувались великогабаритні двигуни-генератори та стара елементна база. На першому етапі реконструкції для гідроагрегатів ДАГК "Дніпрогідроенерго" було поставлено 39 регуляторів швидкості типу DIGIPID 1500 фірми ALSTOM Power Hydro (Франція), та 45 систем збудження Unitrol –Р фірми АВВ (Швейцарія).

Під час виконання контрактів з фірмою "Alstom" були встановлені станційні системи керування "CENTRALOG" на Київській ГЕС, Кременчуцькій ГЕС, Середньодніпровській ГЕС, Дніпровській ГЕС-1, Каховській ГЕС, кожна з яких включала два резервованих сервера, дві операторських станції, інженерну станцію, принтери та компоненти локальної мережі, в тому числі спеціалізовану локальну мережу для зв'язку з агрегатними контролерами всіх рівнів. Системи керування призначалася для дистанційного і централізованого управління агрегатами станції, включаючи операції з пуску, зупинки агрегату, переведення в режим СК, встановлення значень активної та реактивної потужності в діалоговому режимі з використанням виключно засобів операторських станцій. В обсязі систем керування проведено реконструкцію агрегатних та блочних захистів, на базі мікропроцесорних систем захисту "MICOM".

Для оперативного автоматичного моніторингу стану та диспетчерського керування гідроелектростанціями ДАГК "Дніпрогідроенерго" на базі системи керування "CENTRALOG" був створений Диспетчерський пульт компанії (ДПК).

Спеціалізоване програмне забезпечення системи CENTRALOG передбачало забезпечення можливості групового розподілу управління агрегатами станції по активній та реактивній потужності, частоті і напрузі на шинах станції (режим ГРАП / ГРПП). Ре-



жим ГРАП був у повному обсязі перевірений, та протестований для всіх систем керування. Режим ГРАП для Дніпровської ГЕС-1 був істотно перероблений при імplementації системи керування виходячи з фактичних умов роботи устаткування, який суттєво підвищив гнучкість управління гідроагрегатами станції. Програмне забезпечення систем CENTRALOG також забезпечувало режим управління ГЕС шляхом відпрацювання станційної уставки по активній потужності від вищого за ієрархією управління диспетчерського центру, зокрема — від системи ЦР САРЧП ОЕС України. Були проведені випробування участі Дніпровської ГЕС-1 та Кременчуцької ГЕС від ЦР САРЧП ОЕС України. Випробування роботи ГРАП (ГРПП) і участь ГЕС в роботі САРЧП показали стійку роботу станційних систем управління CENTRALOG, однак, технічні обмеження самих гідроагрегатів та допоміжного обладнання станцій не дозволили забезпечити участь інших станцій, крім ДніпроГЕС-1, яка, починаючи з 2005 року цілодобово працювала в контурі САРЧП ОЕС України на межі експлуатаційних обмежень.

У 2003–2004 роках, після утворення ВАТ "Укргідроенерго", система керування "CENTRALOG" Дністровської ГЕС була підключена до ДПК.

На другому етапі реконструкції у 2009–2010 році було проведено тендер на поставку систем керування, у якому переможцем стала компанія "Emerson" LLC. Протягом 2010–2017 років нові системи керування "Ovation" компанії "Emerson" були встановлені на Київській ГЕС, Київській ГАЕС, Канівській ГЕС, Кременчуцькій ГЕС, Середньодніпровській ГЕС, Дніпровській ГЕС-1 та Дніпровській ГЕС-2, Каховській ГЕС, Дністровській ГЕС-1 та Дністровській ГАЕС, а також на Диспетчерському пульті компанії.

Характерними ознаками результатів робіт стосовно систем моніторингу та управління (СУ) генеруючим обладнанням, виконаних на другому етапі реконструкції є:

1. Економічно, технічно і організаційно виправдана поетапна заміна шляхом адаптації або модернізації морально і фізично застарілих технічних і програмних засобів систем керування "CENTRALOG" на філіях ПрАТ "Укргідроенерго" на сучасні з належною інтеграцією цих засобів з тими, що були успадковані від СУ створеної на першому етапі реконструкції і з забезпеченням безперервності виконання планових завдань, щодо добового графіка генерації, а також режиму АВРЧП, за умови дотримання заданого рівня функціональності модернізованих і адаптованих систем.

2. Кардинальна заміна алгоритму управління виділеною групою гідроагрегатів (ГА), які під управлінням ЦР САРЧП ОЕС України повинні брати участь у вторинному регулюванні частоти та потужності. Суть цієї заміни полягає в наступному:

базова ідея попереднього алгоритму полягала в тому, що відпрацювання завдання на станцію від ЦР

САРЧП ОЕС України з високою динамікою змінності цього завдання на генерацію поточного значення активної потужності повинна забезпечувати саме та мінімальна кількість ГА, з виділеної виключно для цього групи ГА, яка б могла належним чином відпрацювати завдання від ЦР.

Тому загальна кількість ГА виділеної групи особливо за умови характерної для ЦР САРЧП ОЕС України високої динаміки змінності цього завдання на генерацію поточного значення активної потужності постійно розпадається на три підгрупи.

Перша підгрупа — це ГА які перебувають в режимі генерації сумарної потужності відповідно до завдання.

Друга підгрупа — це ГА, які перебувають в режимі синхронного компенсатора, оскільки відповідно до завдання в генерації активної потужності цими ГА в даний момент немає потреби

Третя підгрупа — це ГА, які протягом 10–25 секунд перебувають в перехідному режимі через *не рекомендовану* для експлуатації зону здійснюючи перехід від першої підгрупи до другої підгрупи або навпаки в залежності від попереднього і поточного значення завдання.

Перебування ГА в *третьій підгрупі* регламентовано експлуатаційними обмеженнями заводів-виробників турбін на максимально-допустиму кількість здійснених протягом року переходів через *не рекомендовану зону (для Дніпровської ГЕС-1 7000 в рік)* в якій різко активізуються кавітаційні і вібраційні процеси, що призводить до розвитку руйнівних процесів на верхніх лопатей турбіни, в вузлах кріплення вала турбіни і конструкції ГА в цілому.

Базова ідея, нового запровадженого алгоритму для системи "Ovation", полягає в тому, що відпрацювання завдання на станцію від ЦР САРЧП ОЕС України з високою динамікою змінності цього завдання на генерацію поточного значення активної потужності повинна забезпечувати одночасно вся кількість ГА, яка була попередньо виділена диспетчером ДП НЕК Укренерго виключно для автоматичного вторинного регулювання частоти та потужності (АВРЧП).

Тому всі N ГА виділеної групи, особливо за умови характерної для ЦР САРЧП ОЕС України високої динаміки змінності цього завдання на генерацію поточного значення активної потужності, постійно знаходяться в режимі генерації двох складових потужності:

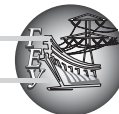
Перша складова це постійна складова, яка дорівнює NXP_{\min} і враховується при формуванні добового графіка на станцію від НЕК Укренерго.

Друга складова це змінна складова $P_{\text{завд}}$, яка визначається нерівністю:

$$NXP_{\min} \leq P_{\text{завд}} \leq NXP_{\max}$$

і формується ЦР САРЧП для забезпечення режиму АВРЧП на кожній з станцій, яка має виділену групу ГА для роботи в складі засобів системи САРЧП ОЕС України.

Зазначене вище свідчить про те, що всі ГА цієї виділеної групи працюють в активній робочій зоні і



не здійснюють переходів через не рекомендовану зону, що виключає порушення експлуатаційних обмежень на турбіну ГА, а також практично виключає будь-які відмінності між режимами генерації активної потужності ГА під управлінням ЦР САРЧП або черговим персоналом станції.

У 2018 році ПрАТ "Укргідроенерго" разом з ДП "НЕК "Укренерго" провів успішні тестування по підключенню Київської ГЕС, Канівської ГЕС, Кременчуцької ГЕС, Середньодніпровської ГЕС, Дніпровської ГЕС-1 та Дніпровської ГЕС-2, Каховської ГЕС до ЦР САРЧП ОЕС України на базі нового запровадженого алгоритму для системи "Ovation" фірми "Emerson". На даний час Київська ГЕС, Кременчуцька ГЕС, Середньодніпровська ГЕС, Дніпровська ГЕС-1 та Каховська ГЕС знаходяться в дослідно-промисловій експлуатації під керуванням ЦР САРЧП ОЕС України.

На другому етапі реконструкції виконана в повному обсязі поставка 42 регуляторів швидкості та 46 систем збудження фірми ALSTOM для гідроагрегатів ПрАТ "Укргідроенерго".

Особливо хочеться відмітити роботу, яка проведена для забезпечення безпечної експлуатації гідротехнічних споруд ГЕС і ГАЕС компанії. Гідротехнічні споруди (ГТС) Дніпровського та Дністровського каскаду гідроелектростанцій (ГЕС), які входять до складу ПрАТ "Укргідроенерго", відносяться до надзвичайно відповідальних інженерних споруд з підвищеною економічною, соціальною і екологічною значимістю. В зв'язку з цим, протягом всього періоду експлуатації проводяться регулярні інструментальні та візуальні спостереження за станом ГТС у відповідності до галузевих нормативних документів. Система забезпечення безпеки гідротехнічних споруд гідроелектростанцій Дніпровського і Дністровського каскадів (СЗБ ГТС) — це всеохоплюючий комплекс об'єктів, засобів, ресурсів, а також організаційних заходів виробничого, технічного, науково-дослідного, економічного, правового характеру, які здійснюються на всіх рівнях (від об'єктового до державного) і направлених на підтримання максимального високого рівня надійності роботи і технічної безпеки напірних споруд.

Основними задачами функціонування СЗБ ГТС є:

- Забезпечення своєчасного і повноцінного контролю ГТС, оцінок їх поточного стану і видачу відповідних пропозицій;
- Періодична оцінка ступеня зносу конструктивів споруд і рівня їх безпеки на основі аналізу результатів регулярного первинного контролю з застосуванням спеціальних розрахунково-аналітичних методик;
- Забезпечення технічного обстеження споруд, відповідно вимогам правил технічної експлуатації і інших нормативних та методичних документів.

Найважливішою постійно діючою складовою СЗБ ГТС є Автоматизована система моніторингу безпеки гідротехнічних споруд.

Впровадження АСК ГТС розпочалось в 2000 р. під егідою Міжнародного банку реконструкції та розвитку на Київській ГЕС. В подальшому, в 2004 — 2006 роках АСК ГТС впроваджено на Кременчуцькій та Каховській ГЕС, а протягом 2011—2015 рр. впроваджено АСК ГТС Канівської, Дніпродзержинської, Дніпровської та Дністровської ГЕС.

Вперше на території України в складі проекту "ГЕС Укргідроенерго. Реконструкція. II черга" впроваджено окремий елемент АСК ГТС — Постійно-діюча система моніторингу просторових зміщень споруд. Методи космічної геодезії використовуються для моніторингу деформаційних процесів гідротехнічних споруд оснований на використанні Глобальних Навігаційних Супутникових Систем (ГНСС).

В 2016 р. завершено впровадження спеціалізованого аналітичного програмного забезпечення АСК ГТС — "КАСКАД", що є завершальною стадією створення повномасштабної системи моніторингу. Задача програмного забезпечення "КАСКАД" в автоматизованому режимі здійснювати максимально можливу обробку інформації отриманої з точок контролю та її багатофакторний аналіз з допомогою математичного апарату методами статистичного аналізу.

Використання АСК ГТС значно підвищує оперативність отримання інформації про стан споруд і прийняття рішень про необхідність виконання ремонтних та реконструктивних заходів, а також забезпечення безпеки ГТС в цілому.

Проектом "ГЕС Укргідроенерго. Реконструкція. II черга" передбачено значний обсяг реконструктивних робіт на бетонних та ґрунтових ГТС ГЕС та ГАЕС, зокрема реконструкція дренажних систем, відновлення герметичності міжсекційних швів, гідроізоляція та відновлення зруйнованих ділянок бетонних поверхонь, відновлення поверхонь бетонних водоводів, відновлення проектних відміток гребель та дамб, реконструкція залізобетонних кріплень верхових укосів гребель та відвідних каналів. Таких значних технічних результатів вдалось досягти завдяки наполегливій праці інженерів ПрАТ "Укргідроенерго", ПрАТ "Укргідропроєкт", АТ "Турбоатом", ДП "Електроважмаш", ВАТ "Запоріжтрансформатор", ПрАТ "Дніпро-Спецгідроенергомонтаж", НТК "Ен-паселектро" та багатьох інших підприємств України.

Попереду реалізація стратегії розвитку гідроенергетики України, а саме: продовження реконструкції діючих ГЕС, завершення будівництва Дністровської ГАЕС, будівництво Канівської ГАЕС, Каховської ГЕС-2. Впевнений, що наступні роки діяльності ПрАТ "Укргідроенерго" принесуть не менш вагомий результати в розвитку гідроенергетики як складової енергосистеми України — об'єднаної з Європейською енергосистемою.

© Рассовський В.Л., 2018