

## АНАЛІЗ РЕЗЕРВУВАННЯ В ЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМІ

Матесенко Ю.П., к.т.н., доцент, Ломачинський В.В., магістрант  
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних станцій

**Вступ.** З розвитком ЕЕС в них зростає кількість надпотужних ЛЕП, агрегатів ЕС, трансформаторів ПС, аварійні пошкодження які різко збурюють режими ЕЕС, що сприяє подальшому розвитку аварій. Ця обставина змушує розробляти для ЕЕС ефективні системи керування режимами, які здатні не допускати розвитку аварій. Для забезпечення більшої надійності ЕЕС використовують різні типи резервів (ремонтний, оперативний). [1]

**Мета роботи:** дослідити різні типи резервування, провести аналіз їх впливу на надійність ЕЕС на електропостачання споживачів.

**Матеріали дослідження:** Повний резерв активної потужності  $R$  на електричні станції дорівнює сумі ремонтного  $R_p$  та оперативного  $R_o$  резервів. Оперативний складається з аварійного  $R_a$  та навантажувального  $R_n$  резервів.

Ремонтний резерв - це потужність резервних агрегатів, якими заміщують агрегати виведені в ремонт. Існують капітальний, середній та поточний ремонти. Поточний ремонт можна визначити за формулою:

$$R_{n.p} = \sum_{i=1}^I \frac{P_i n_i t_{ni}}{100},$$

в якій  $I$  – кількість груп агрегатів ЕЕС з однаковою номінальною потужністю,  $n_i$  – кількість агрегатів,  $P_i$  – потужність одного агрегату,  $t_{ni}$  – середньорічна тривалість поточного ремонту. І він проводиться протягом року.

Графіки ремонтів основного обладнання повинно забезпечити високу надійність споживачів електроенергії оскільки в масштабах ЕЕС збиток від недовипуску електроенергії споживачів в результаті несвоєчасного проведення планового ремонту може бути дуже великим.

В цілому вибір оптимальних взаємозв'язаних ремонтів обладнань всіх генеруючих систем, міжсистемних і системо-утворюючих зв'язків дуже трудомісткі. Це зв'язано з складністю структури генеруючих потужностей, міжсистемних і системо-утворюючих зв'язків, великої кількості заявок на ремонт і необхідність обліку великої кількості факторів, а саме: підтримання балансу потужності і виконання максимальної кількості заявок на ремонт, забезпечення споживача електроенергією в необхідних об'ємах і економічністю режимів станції, облік сезонних обмежень і можливістю ремонтних підприємств.

Ремонт обладнання зв'язків плануються разом з обладнанням приймаючих вузлів. Виведення обладнання зв'язку на плановий ремонт, зв'язаний зі зниженням пропускної здібності, може призвести до зниження надійності електропостачання споживачам в приймаючих вузлах в результаті

недоотримання потужності на сусідніх вузлах. В вузлах, які віддають потужність може створитись надлишок потужності, який можна використати для підвищення надійності електропостачання власних споживачів або передати в інші вузли.

Для ГАЕС та ГЕС, ТЕС з поперечними зв'язками, які мають резервні котли, поточний ремонт не передбачається.

Аварійний резерв потрібний для компенсації зниження потужності із-за відключення генераторів станції і ліній міжсистемних зв'язків.

Для розрахунку аварійного резерву використовують спрощені методики. Величину аварійного резерву за методикою питомого аварійного резерву можна визначити:

$$R_a = \sum_{i=1}^I R_{ai} = \sum_{i=1}^I \frac{P_i n_i r_{ai}}{100},$$

де  $r_{ai}$  – питомий аварійний резерв одного агрегату.  $r_a$  залежить від ймовірності відмови  $q$  та від відносної одиничної потужності.

$$r_a = 1 + 180q + (1 + 18q)P^*$$
$$\partial_e P^* = \frac{100P_i}{P_{\max}}$$

Данні формули є вірні для діапазону значень 1%-5%. В системі з агрегатами різної усталеної потужності величина аварійного резерву повинно бути більший ніж потужність найбільшого блоку.

Навантажувальний резерв являється потужність, яка потрібна для підтримання в системі частоту заданого рівня при незапланованому коливанні навантаження. Даний резерв залежить від масштабу і характеру споживача.

Особливістю навантажувального резерву є те що він завжди повинен бути готовий до використання. Система в будь-який час повинна його мати, для покриття випадково виниклого навантаження. Отже даний резерв повинен бути зосереджений на обертових агрегатах. Для отримання даної цілі деякі агрегати електростанції працюють з недовантаженням. Найчастіше використовують станції з великою маневреністю обладнанням.

Крім обертових резервів розрізняють гарячі та холодні резерви потужностей. Якщо обертовий резерв зосереджений на недовантажено працюючих агрегатах, то в якості гарячого резерву використовують агрегати, які працюють на холостому ході. Гарячий резерв використовують для покриття планових пікових навантажень в енергосистемі.

Холодний резерв розміщений на агрегатах, які виведені з роботи. Холодний резерв використовується для резервування обладнання, яке виводять в ремонт або, як аварійний резерв. В якості холодного резерву використовують малоекономічні конденсаційні та теплофікаційні турбіни з опалювальним відбором.

Гарячий та холодний резерви знаходяться під контролем диспетчера для аварійного та ремонтного резервування, а також для підтримки частоти.

При розподілі резерву по окремих станціях і вузлах потрібно врахувати кількість, пропускну властивість і пошкоджуваність лінії, які зв'язують станцію з системою, а також обмеження на передачу за умов балансу потужності в системі і стійкість.

**Висновок:** Отже з розвитком енергетики, старінням генерувальних агрегатів важливими постають питання надійності резервів, які мають забезпечити безперервне постачання електроенергії до споживача. Під час розгляду проблем надійності, найголовнішим в даному питанні має бути споживач. Надійністю самого об'єкту стає внутрішнім завданням самого відправника електроенергетики. Для споживача важливо безперебійність, безпека та бездефіцитність електричного постачання. Одним із шляхів вирішення даної проблеми є введення додаткових резервів, які дозволять підтримувати надійну роботу ЕЕС. Оскільки безперервне енергозабезпечення споживачів є головним завданням ЕЕС.

#### Перелік посилань

1. Журахівський А.В., Кінаш Б.М., Пастух О.Р. Надійність електричних систем і мереж / Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. – 280 с. ISBN 978-617-607-293-5
2. Казанський С.В., Матеєнко Ю.П., Сердюк Б.М. Надійність електроенергетичних систем / Навчальний посібник.-Київ: НТУУ «КПІ», 2011 – 216 с.
3. Під ред. Ю. Н. Руденко. Надежность Энергетики и их оборудования/ Справочник-Москва 2000
4. Під ред. М. Н. Розанова. Надежность электроэнергетических систем/ Справочник-Москва 2000 – 568 с.
5. Гук Ю.Б. Теория надежности в электроэнергетике / Навчальний посібник. – Ленингр. Отд-ние, 1990 – 208 с.