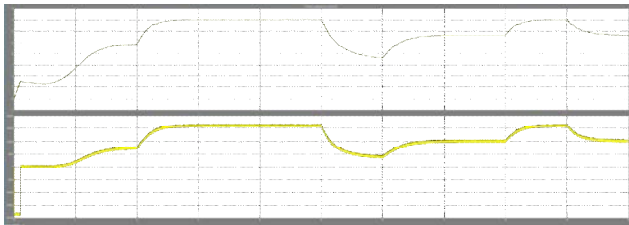


а)



б)

Рис. 1. Модельні осцилограми роботи ВЕУ з акумуляторною (а) та гібридною акумуляторно-суперконденсаторною (б) системами накопичення електроенергії (верхні осцилограми – оптимальна кутова швидкість вітротора, нижні – електромагнітний момент СГПМ)

З отриманих часових залежностей струмів акумуляторної батареї видно, що високочастотна складова пульсацій потужності поглинається суперконденсаторним модулем, що забезпечує плавні переходи з одного режиму роботи батареї до іншого.

А. Руй

Науковий керівник – д.т.н., проф. Семерак М. М.

ТЕМПЕРАТУРНЕ ПОЛЕ ТЕПЛОВИДЛЯЮЧОГО ЕЛЕМЕНТА ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА

На сьогоднішній день в Україні на чотирьох атомних електричних станціях експлуатується 15 атомних реакторів типу ВВЕР, які виробляють понад 55% електричної енергії. Основним і найбільш напруженим елементом ядерного реактора є тепловидляючий елемент (ТВЕЛ), основу якого складає активний об'єм заповнений ядерним паливом. В

реакторах ВВЕР використовують ТВЕЛі циліндричної форми, довжина яких становить декілька метрів, а діаметр – 9,1 мм. ТВЕЛі ядерного реактора – одні з найбільш напружених його вузлів. Вони знаходяться в зоні максимальних температур та опромінь і працюють в найбільш екстремальних умовах. В той же час вихід його з роботи призводить до найбільш небезпечних наслідків – виходу радіоактивних продуктів поділу в контур теплоносія. Тому одне з основних завдань при конструюванні ядерного реактора заключається в створенні надійних ТВЕЛів. У водо-водяних реакторах в якості ядерного палива використовується двооксид збагаченого урану (UO_2). Температура плавлення двооксиду урану – $2800\text{ }^\circ\text{C}$, а коефіцієнт теплопровідності $\lambda=15\text{ Вт/м}^\circ\text{ К}$.

Для знаходження закону розподілу температури вздовж радіуса r в циліндричному ТВЕЛі, запишемо рівняння теплопровідності з внутрішнім джерелом тепла розподіленим по всьому об'єму. [1]

$$\frac{d^2t}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dt}{dr} + \frac{q_v}{\lambda} = 0, \quad (1)$$

де t – температура, яка змінюється по радіусу r , $^\circ\text{C}$; q_v – питоме об'ємне тепловиділення, Вт/м^3 ; λ – коефіцієнт теплопровідності, $\text{Вт/м}^\circ\text{ К}$.

Рівняння (1) є диференціальне рівняння другого порядку. Для знаходження розв'язку такого рівняння, його необхідно двічі проінтегрувати по r . Після інтегрування одержуємо.

$$t(r) = -\frac{q_v}{\lambda} \cdot \frac{r^2}{4} + C_1 \cdot \ln(r) + C_2, \quad (2)$$

де C_1 і C_2 – постійні інтегрування.

Для знаходження постійних інтегрування C_1 і C_2 запишемо дві граничні умови:

- перша при $r=0$;
- друга при $r=R$, $t(R)=t_n$.

Підставляючи знайдені за допомогою граничних умов, значення C_1 і C_2 в рівняння (2) одержуємо:

$$t(r) = -\frac{q_v}{\lambda} \cdot \frac{r^2}{4} + t_n + \frac{q_v}{\lambda} \cdot \frac{R^2}{4}. \quad (3)$$

Аналіз виразу (3) показує, що величина температури в ТВЕЛі залежить від величини тепловиділення q_v , коефіцієнта теплопровідності λ , радіуса ТВЕЛа R і температури поверхні t_n .

За формулою (3) проведені дослідження зміни величини температури вздовж радіуса r . При розрахунках враховано, що $R=3,7 \cdot 10^{-3}\text{ м}$, $q_v=110 \cdot 10^6\text{ Вт/м}^3$, $\lambda=15\text{ Вт/м}^\circ\text{ К}$, $t_n=800\text{ }^\circ\text{C}$.

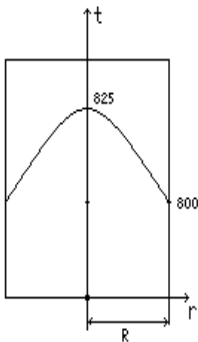


Рис.1. Зміна температури в ТВЕЛі вздовж радіуса

Результати розрахунків показані графічно на рис.1.

Аналіз розрахунків показує, що температура вздовж радіуса r змінюється по параболічному закону і найбільше своє значення має в центрі ТВЕЛа. При заданих величинах $t(0)=825$ °С. Використовуючи закон зміни температурного поля (3) можна досліджувати температурні деформації і температурні напруження в циліндричному ТВЕЛі. [2].

Використана література:

1. Ликов А. В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967. – 600с.
2. Мельников Н. П. Конструктивные формы и методы расчета ядерных реакторов. М.: Энергоатомиздат, 1985. – 560с.