

Лекція 10

Тепловий режим РЕА

Більшість пристроїв радіоелектроніки використовують лише невелику кількість споживаної від джерел живлення енергії у вигляді корисної енергії сигналів, решта перетворюється у теплову і відається у навколишнє середовище. Загальний тепловий фон буде визначатися питомою потужністю і щільністю теплового потоку, що проходить крізь кожух пристрою.

Тепловий (температурний) режим - це просторово-часове розподілення температури в РЕА. Під заданим температурним режимом розуміють такий режим, при якому температура кожного із елементів блоку дорівнює заданій або не виходить за межі допустимої.

За характером руху теплоносія системи охолодження діляться на системи примусового і природного охолодження пристроїв. Основна частка перенесення теплової енергії в цих системах відбувається за рахунок конвекції, а також за рахунок випромінення і теплопровідності.

В нормальних кліматичних умовах і природному охолодженні біля 70% відводиться за рахунок конвекції, приблизно 20% - за рахунок випромінення і 10 % за рахунок теплопровідності.

Питання забезпечення допустимих теплових режимів РЕА є дуже важливими, оскільки тепло суттєво впливає на надійність і стабільність роботи пристрою. Аналізуючи теплові режими РЕА з допомогою умовної нагрітої зони, враховуються тільки найбільш суттєві особливості конструкції приладу і притаманні йому фізичні процеси. Для переходу від теплової до математичної моделі користуються їх тепловими схемами, які мають аналогічну електричним принципівим структуру. Після підключення РЕА до джерела живлення в ньому починає виділятися тепла енергія, що призведе до підвищення його температури. Температура буде підвищуватись доти, доки кількість виділеного тепла зрівняється з кількістю розсіяного в навколишнє середовище конвекцією, теплопровідністю і випроміненням. В цей момент температура застабілізується, що свідчить про баланс виділеної і розсіяної теплової потужності. Розрахувати тепловий режим - це значить знайти температури певних точок РЕА, щоб встановити чи не перевищують вони допустимих рівнів. А якщо перевищують - розробити і реалізувати оптимальні заходи зниження температур до допустимих рівнів. Розрахунок теплового режиму проводиться по методиці оцінки теплових режимів блоку з герметичним (ущільненим) корпусом в умовах природної повітряної конвекції коефіцієнтним методом з урахуванням узагальнених результатів експериментальних досліджень теплових конструкцій РЕА.

Завдання для забезпечення нормального теплового режиму рекомендується вирішувати трьома шляхами:

- використанням температуростійких електрорадіоелементів;
- зниженням розсіюваної елементами потужності;
- раціональним конструюванням та вибором доцільного способу охолодження.

Вибір способу охолодження залежить від призначення РЕА та умов експлуатації. Як кількісний критерій для вибору типу системи охолодження рекомендується приймати щільність теплового потоку:

- до 10 Вт/м^2 - природне повітряне охолодження;
- до 1000 Вт/м^2 - повітряне примусове охолодження;
- до 50000 Вт/м^2 - рідинне охолодження;
- понад $500\ 000 \text{ Вт/м}^2$ - випаровувальні системи охолодження.

Дослідним шляхом (*) було встановлено, що:

- правильна орієнтація блоку у напрямку руху повітря дозволяє зменшити інтенсивність відмов на 11%;
- оптимальне розміщення плат у межах кожного каналу дозволяє зменшити інтенсивність відмов на 13 – 19%;
- оптимальний розподіл повітря між каналами дозволяє зменшити інтенсивність відмов на 12%;
- послідовний продув плат по відношенню до паралельного дозволяє зменшити інтенсивність відмов на 12%;
- часткова оптимізація розміщення елементів та розподілу повітря в блоці дозволяє знизити інтенсивність відмов на 25 –30%, а повна оптимізація на 45%.

(*)

https://openarchive.nure.ua/bitstream/document/7130/1/Proektuvanja_odnoblokovih_radioelektronnih_priladiv.pdf

Якщо температура в будь-якій з точок блоку не виходить за межі, що допускаються, то такий тепловий режим називається нормальним.

Нормальний тепловий режим - це режим, який при зміні в певних межах зовнішніх температурних дій забезпечує зміну параметрів і характеристик конструкції, компонентів, матеріалів в межах, вказаних в технічних умовах на них. Висока надійність і тривалий термін служби виробу будуть гарантована, якщо температура середовища усередині РЕА є нормальною і рівною 20-35°С. Зміна температури щодо нормальної на кожних 10°С у будь-яку сторону зменшує термін служби апаратури приблизно в 2 рази.

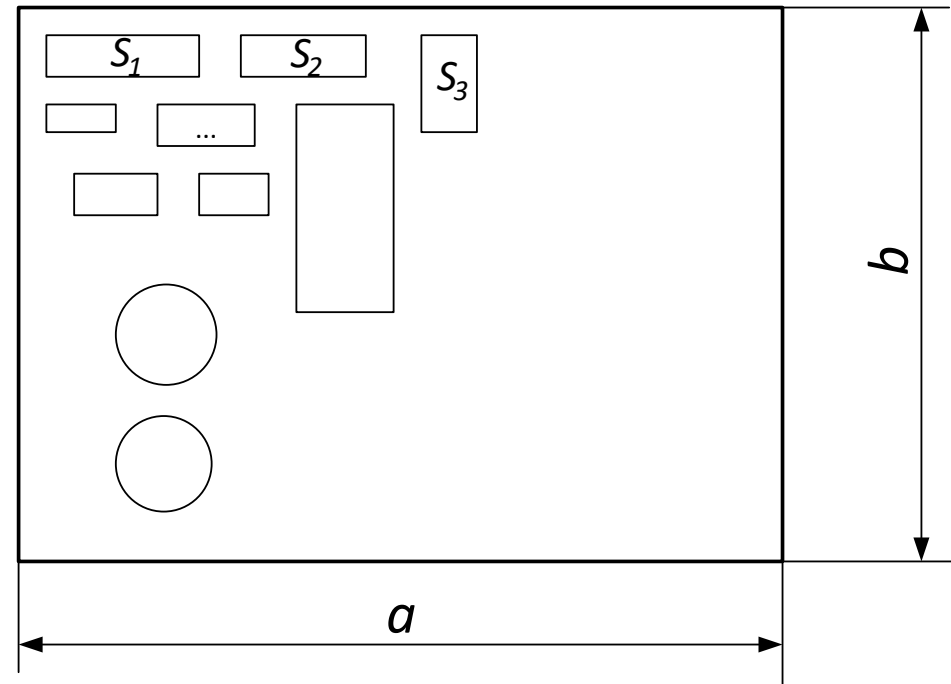
Забезпечення нормального теплового режиму приводить до ускладнення конструкції, збільшення габаритів і маси, введення додаткового устаткування, витрат електричної енергії.

Поверхневий (для друкованих плат):

$$K_S = \frac{\sum_{i=1}^N S_i}{S} = \frac{\sum_{i=1}^N S_i}{ab}$$

Об'ємний (для всього приладу):

$$K_V = \frac{\sum_{i=1}^N V_i}{V} = \frac{\sum_{i=1}^N V_i}{abc}$$

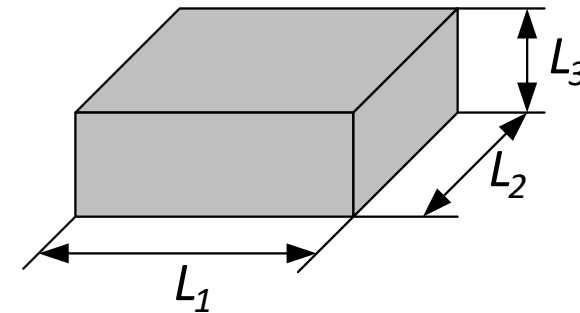


Площа поверхні корпусу блоку (елементу):

$$S_K = 2[L_1L_2 + (L_1 + L_2)L_3]$$

Умовна поверхня нагрітої зони:

$$S_3 = 2[L_1L_2 + (L_1 + L_2)L_3K_V]$$

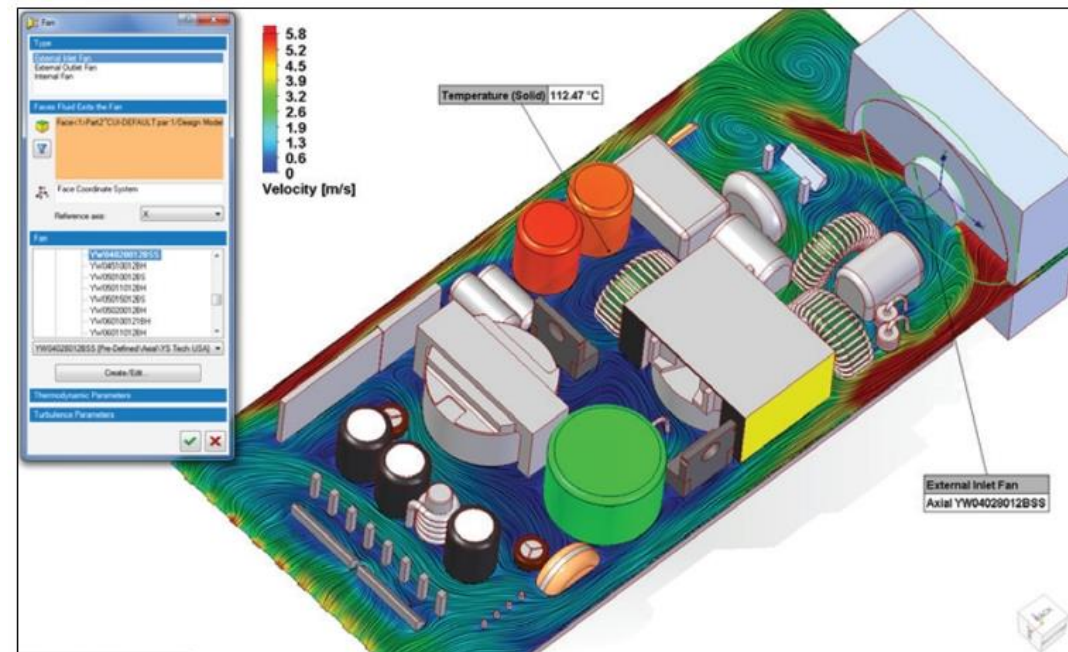


Питома потужність корпусу блока:

$$Q_K = \frac{P_{розс}}{S_K}$$

Питома потужність корпусу блока:

$$Q_3 = \frac{P_{розс}}{S_3}$$



Загальна площа перфорованих отворів
- прямокутних:

$$S_o = n a_1 a_2$$

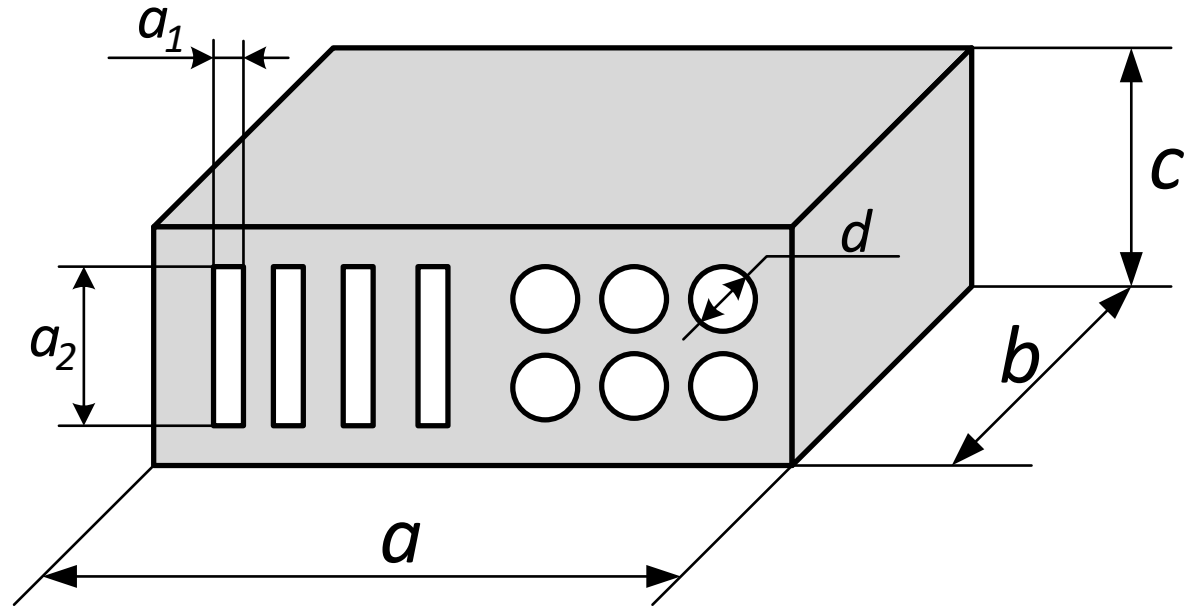
- круглих:

$$S_o = n \frac{\pi d^2}{4}$$

Коефіцієнт перфорації:

$$\Pi = \frac{S_o}{S_{\Pi}}$$

де S_{Π} - загальна площа поверхні пристрою: $S_{\Pi} = 2(ab + bc + ac)$



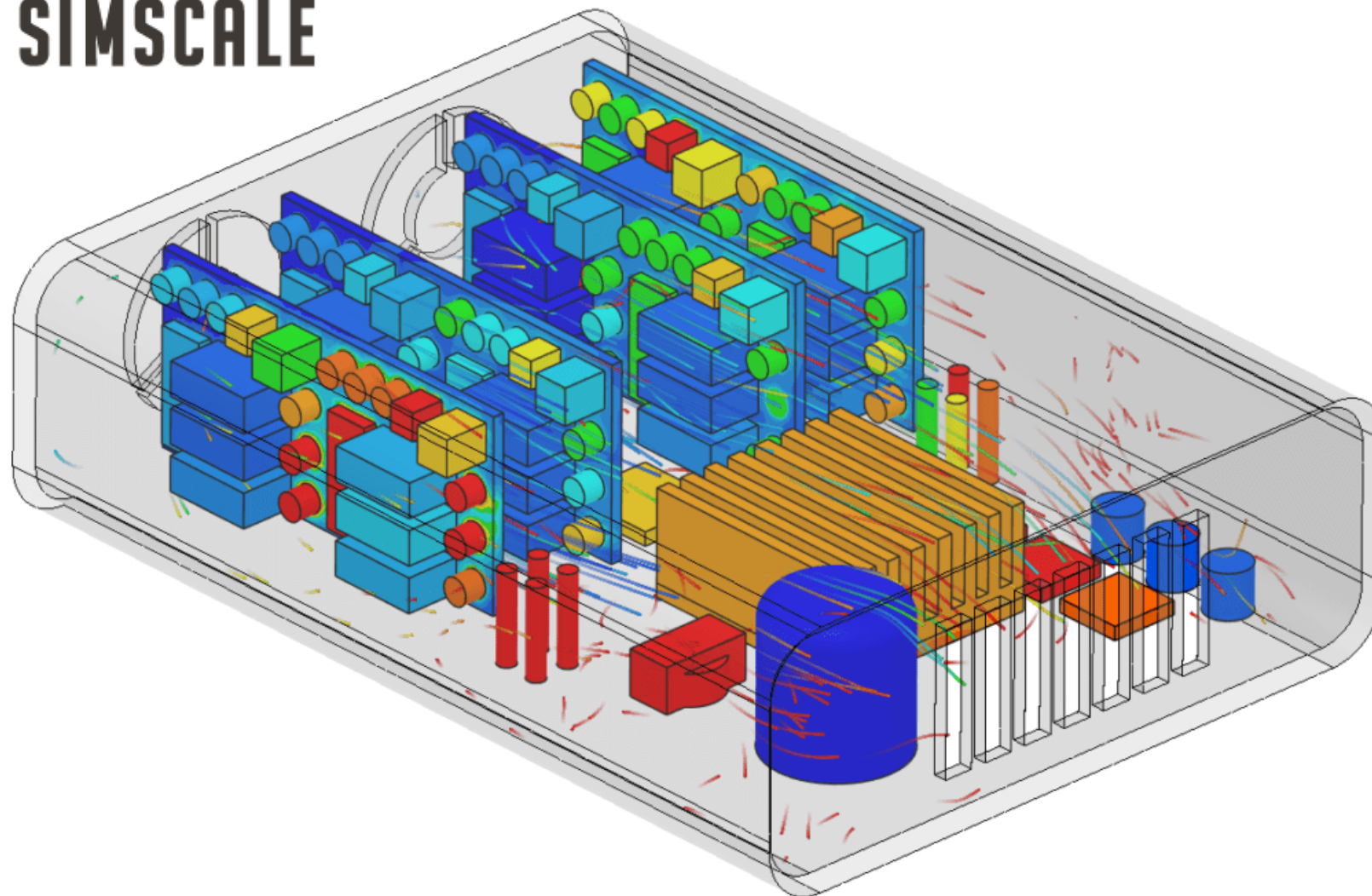
Поправочний коефіцієнт:
$$K_{\Pi} = 0,29 + \frac{1}{0,41 + 0,45\Pi}$$

Перегрів корпусу блока:
$$t_K = t_H \cdot 0,93 \cdot K_{\Pi}$$

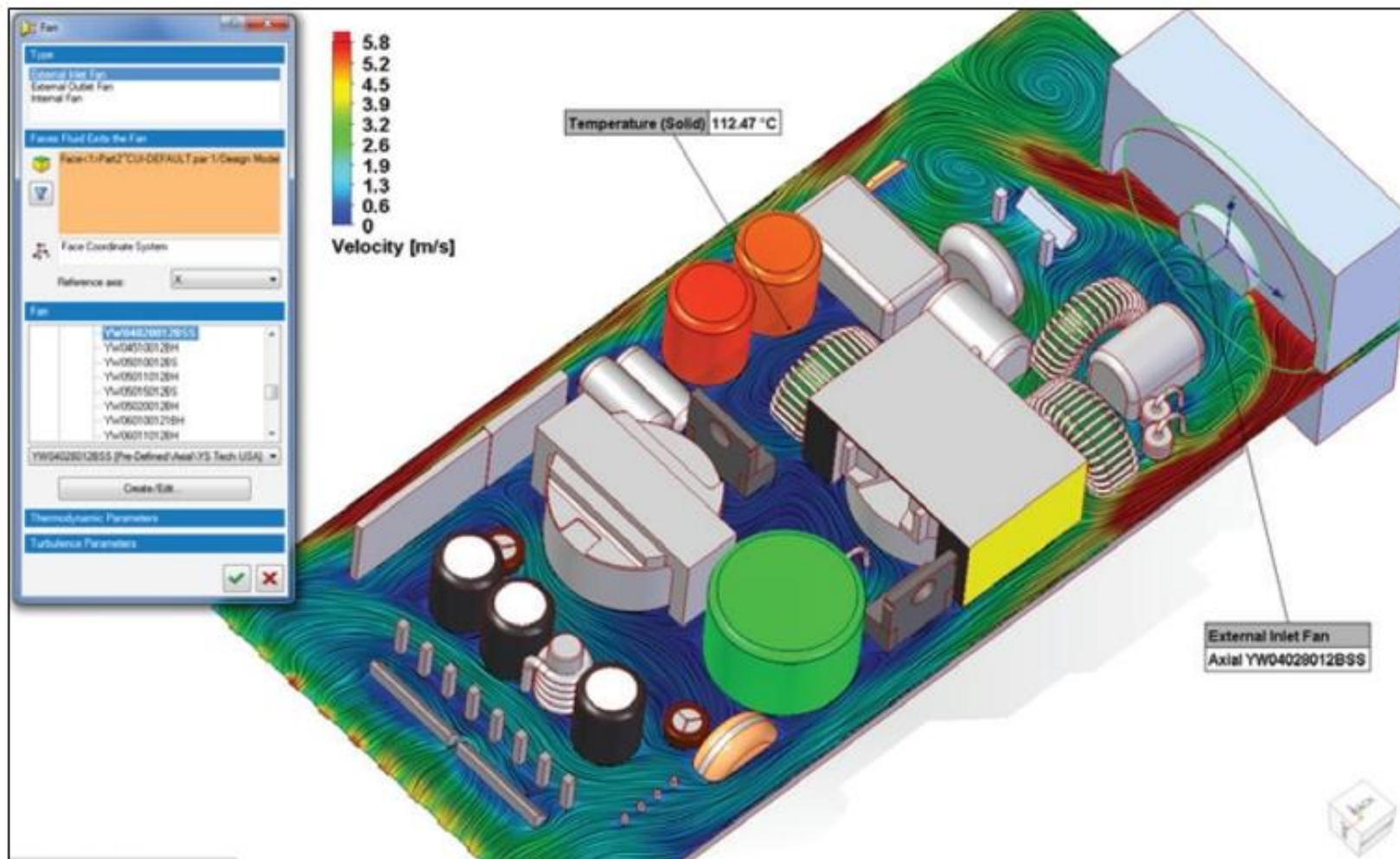
Середній перегрів повітря у блоці:
$$t_B = 0,6 t_K$$

Середній температура повітря у блоці:
$$t = t_H + t_B$$

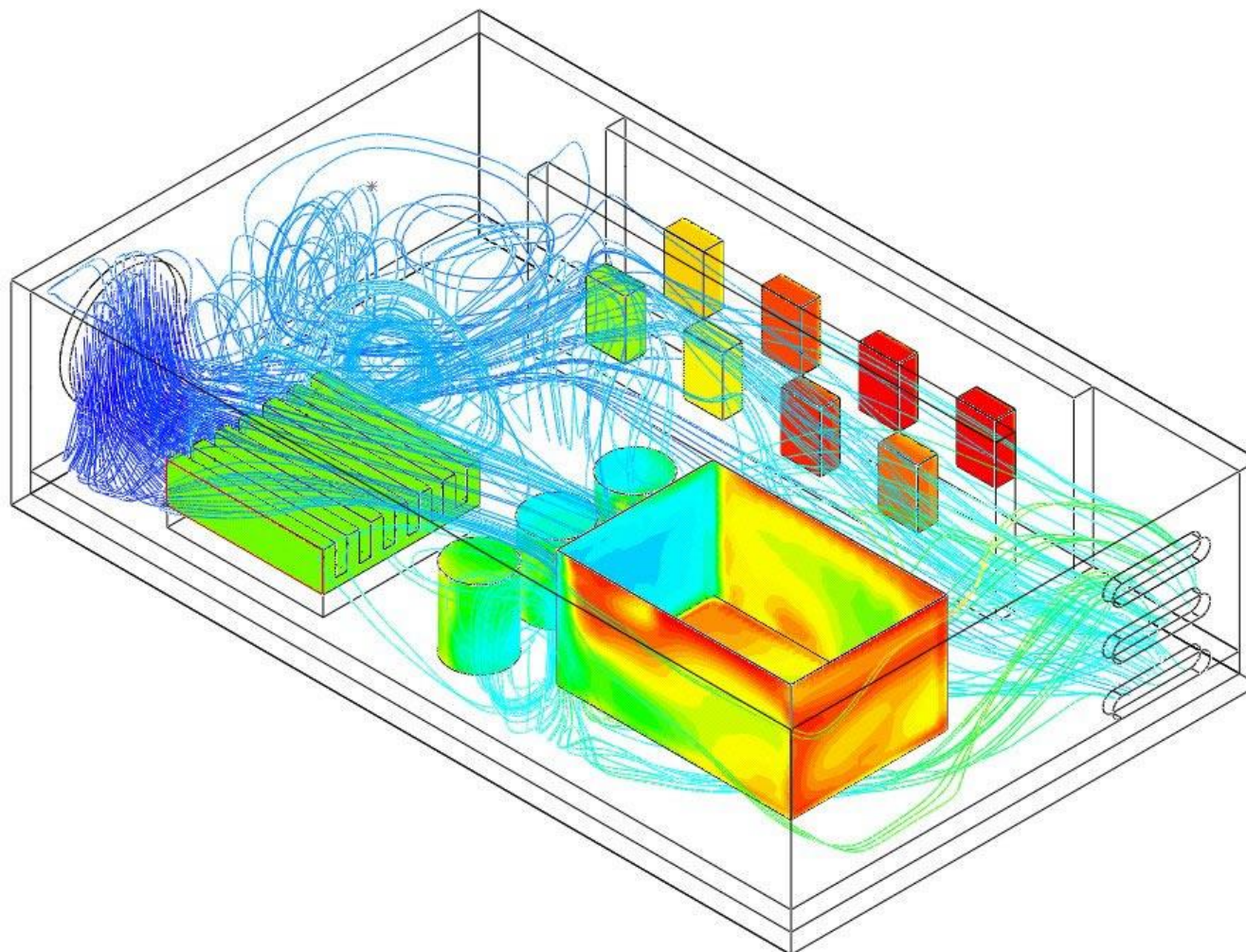
 **SIMSCALE**



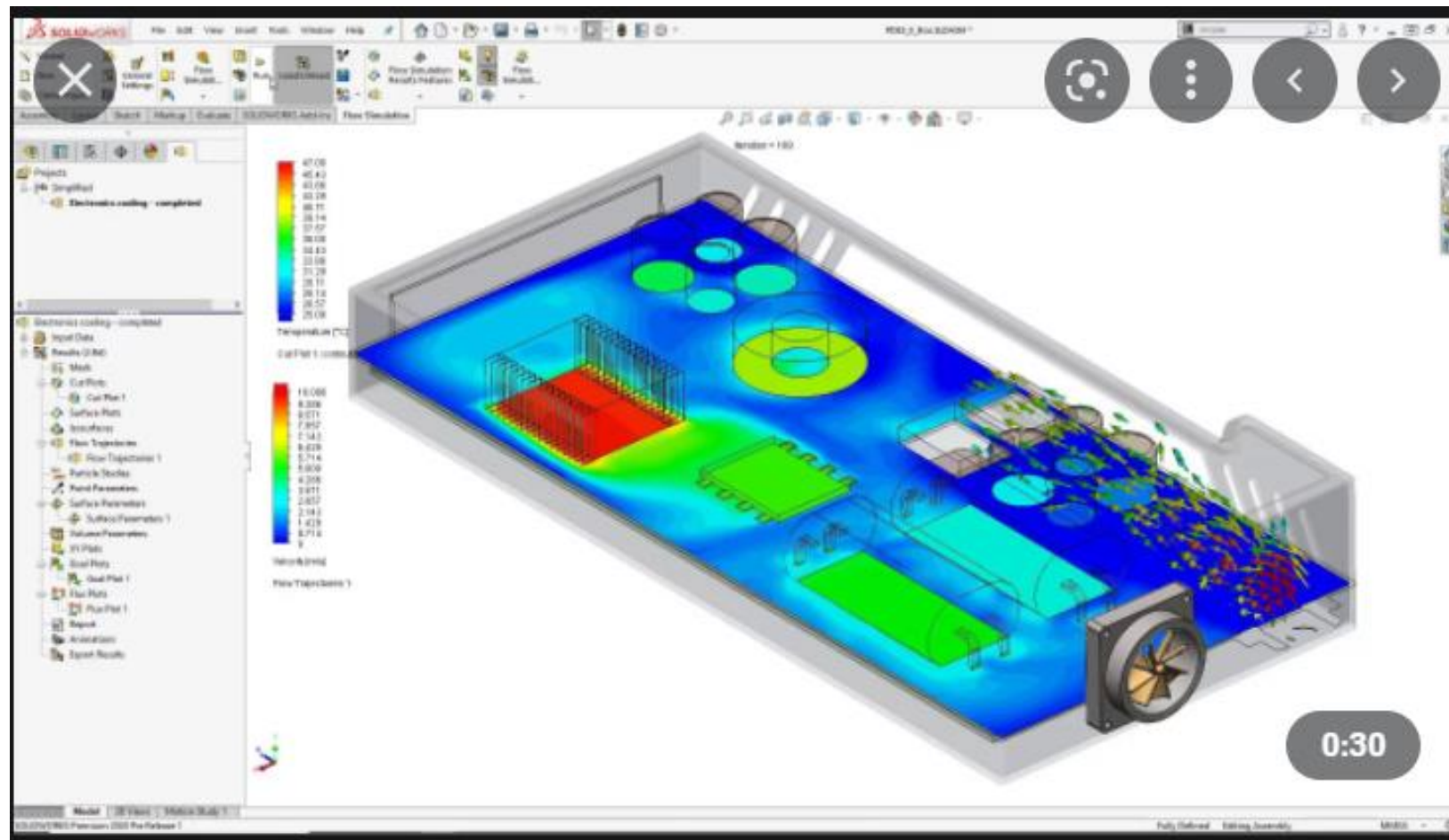
Siemens SolidEdge



SOLIDWORKS Flow Simulation

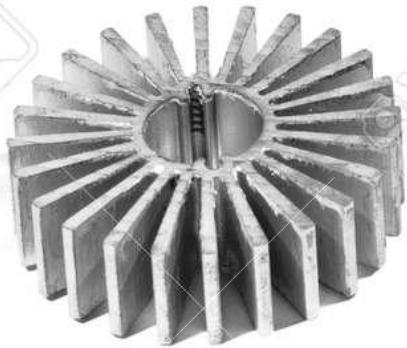
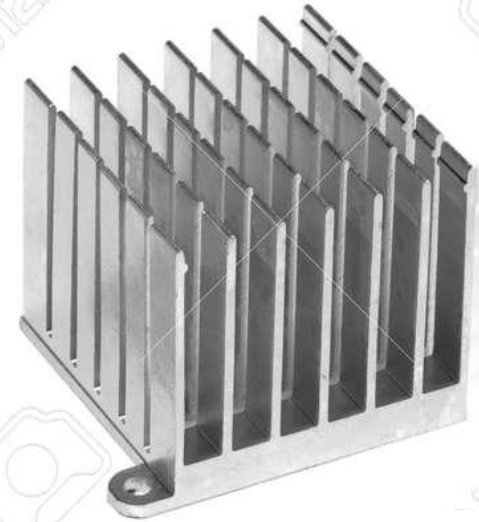
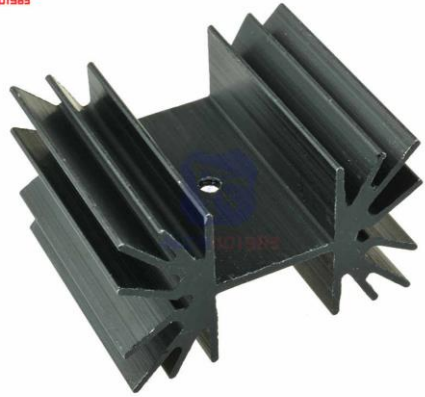


SOLIDWORKS Flow Simulation



Радіатори для охолодження РЕА

Ребристі



Радіатори для охолодження РЕА

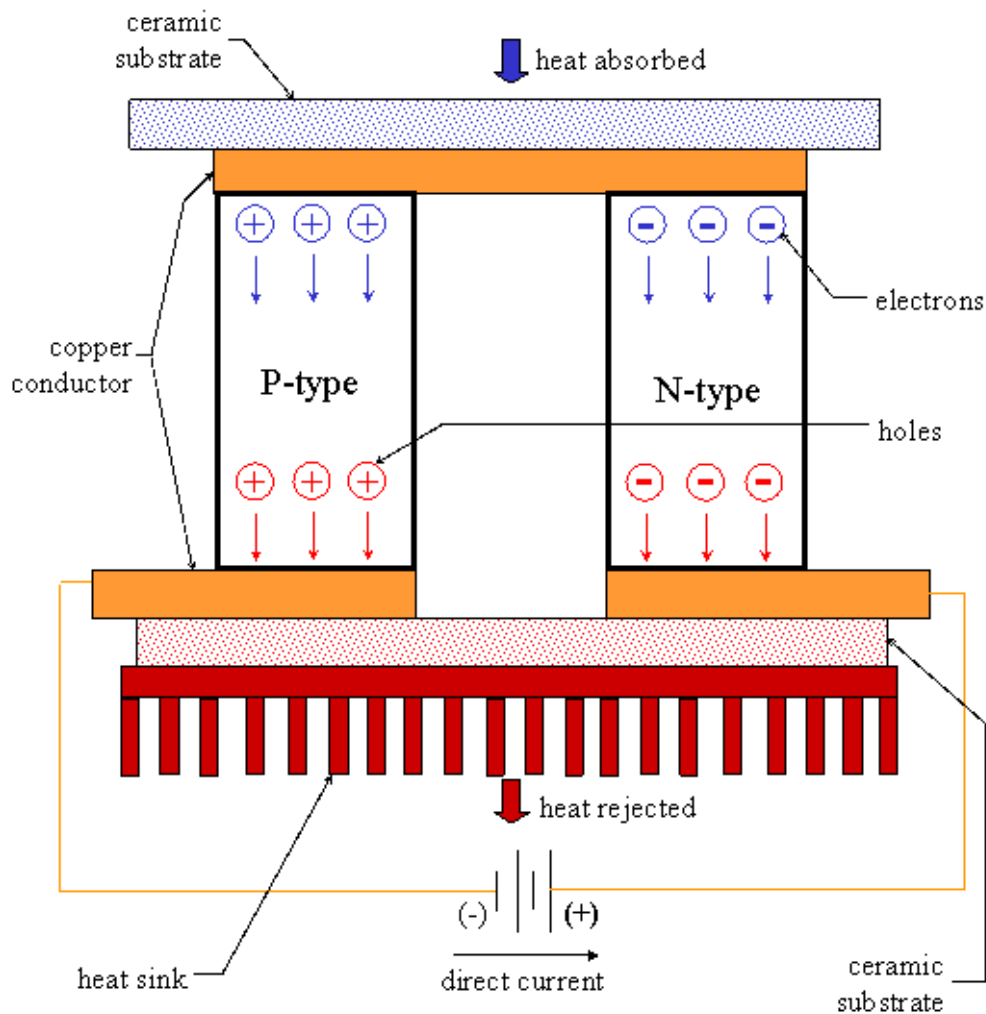
Штиркові

Teopek

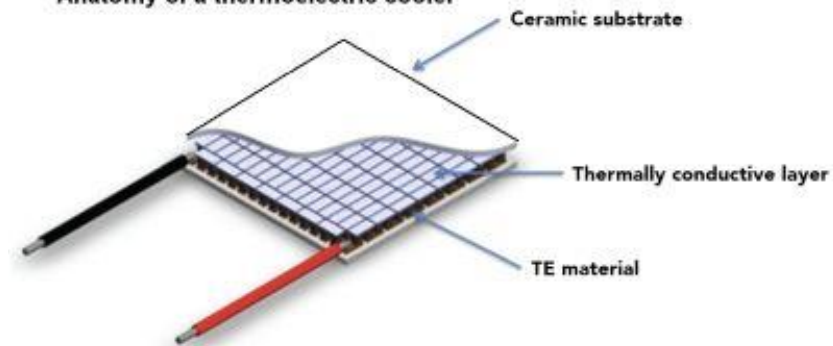




Schematic of a Thermoelectric Cooler



Anatomy of a thermoelectric cooler

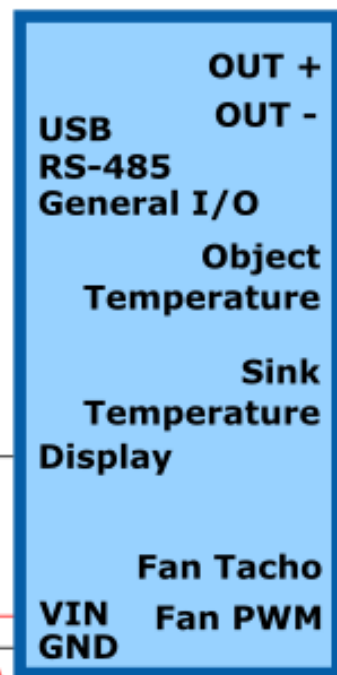
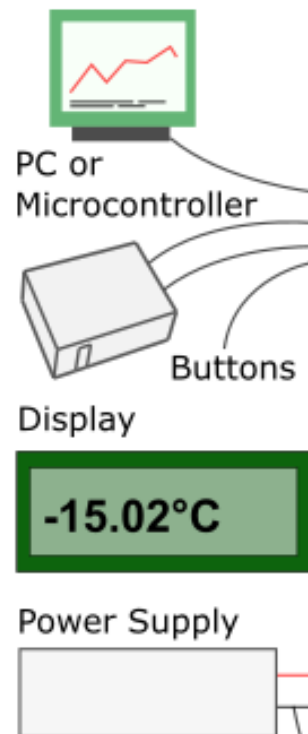


Охолодження за допомогою модулів Пельтьє

Service Software

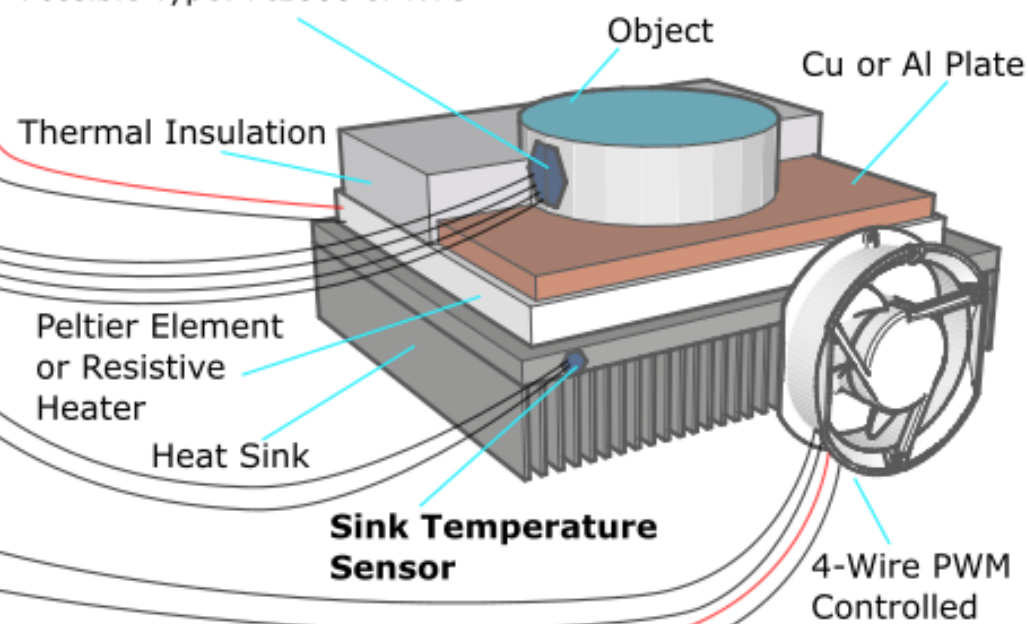
TEC Controller

Principle Thermal Design

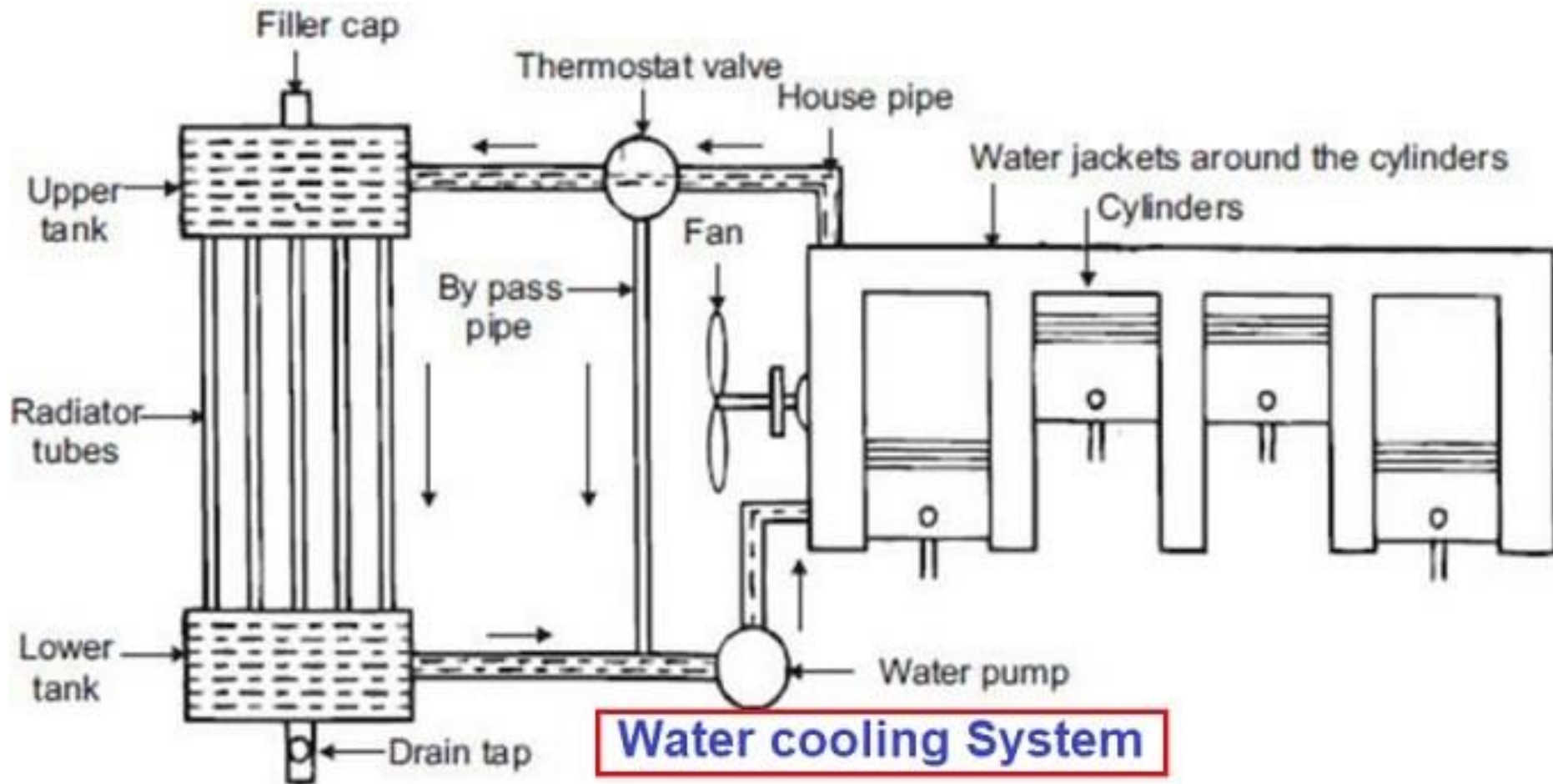


Object Temperature Sensor

- Recommended Type: Pt100 (-50 °C to 200 °C)
- Possible Type: Pt1000 or NTC *



* Pt1000 (bigger mechanical size), NTC (limited temperature range, refer to datasheets of TEC controllers)







Далі буде...

...Несучі та механічні конструкції в РЕА