

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-54/35 (6. 10. 54)

L. Poggi: APPUNTI DI PRIMA MASSIMA SUL PROBLEMA DEL RAFFREDDAMENTO DELL'ACCELERATORE E DEI MAGNETI.

f. Ing. LORENZO POGGI

TITUTO DI FISICA TECNICA
UNIVERSITÀ DI PISA

Al Centro di Fisica Nucleare

Sezione Acceleratore (Prof. Salvini)

Appunti di prima massima sul problema del raffreddamento dell'acceleratore e dei magneti

Quesiti posti:

1° Modo più opportuno di risolvere il problema del raffreddamento ammesso si disponga di una portata di 4 litri al".

2° id ove l'acqua disponibile sia in quantità illimitata ma da pagarsi.

3° in quali condizioni convenga rinunciare all'accettazione di un terreno del valore di 20 milioni ma sfornito dell'acqua necessaria.

Dati di partenza:

Sincrotrone:

potenza dissipata 600 KW (funzionamento continuo)
entrata acqua a 20°, uscita a 35

Magneti:

potenza dissipata 700 KW (funzionanti per una frazione di tempo di circa il 30% sul mese, del 50% sul giorno). Entrata acqua a 20° uscita a 45

Richiesta di acqua notevole per servizi vari 1 litro a ".

Calcoli di prima massima:

Portata d'acqua necessaria per eseguire il raffreddamento diretto (ad acqua viva)

Presupposto che per evitare incrostazioni si ritiene opportuno

Ing. LORENZO POGGI

ISTITUTO DI FISICA TECNICA
UNIVERSITÀ DI PISA

no che il liquido circoli nella macchina in circuito chiuso scambiando in controcorrente il calore con l'acqua viva di raffreddamento, e ammesso che questa abbia inizialmente una temperatura di 15° . i salti di temperatura nell'acqua viva risulteranno pressochè uguali ai corrispondenti nell'acqua di raffreddamento in circuito chiuso e cioè rispettivamente di 15° nell'acceleratore e di 25° nei magneti.

La portata di acqua necessaria per K^{W} ora dissipato risulta allora da un semplice calcolo:

Nell'acceleratore $0,057 \text{ m}^3$

nei magneti $0,034 \text{ m}^3$

Le portate necessarie per il raffreddamento diretto risultano allora :

nell'acceleratore $34 \text{ m}^3/\text{ora}$

nei magneti $24 \text{ m}^3/\text{ora}$

Questa seconda portata può essere notevolmente diminuita (all'incirca dimezzata) ove si usino serbatoi di accumolo. Più precisamente può ridursi a circa $12 \text{ m}^3/\text{ora}$ con l'uso di un serbatoio di circa 150 m^3 (il cui costo può aggirarsi fra 3 milioni di lire)

Concludendo la portata necessaria per il raffreddamento ad acqua viva risulterebbe:

$58 \text{ m}^3/\text{ora}$ in mancanza di serbatoi

$46 \text{ m}^3/\text{ora}$ disponendo di un serbatoio di 150 m^3

Quesito 1

Per quanto si è visto sopra la portata di 4 litri al "nari a $14,4 \text{ m}^3$ ora è assolutamente inadeguata al raffreddamento con acqua viva.

può essere invece utilmente sfruttata per un raffreddamento ad acqua recuperata, agente come fluido intermedio tra l'aria esterna e l'acqua di raffreddamento in ciclo chiuso, semprechè la temperatura dell'aria esterna sia, anche di poco inferiore alla temperatura di entrata dell'acqua in ciclo e cioè inferiore ai 15-18°.

In questo processo si ha una perdita di acqua esterna che può valutarsi a circa 2-3 litri per KWora dissipato e quindi, complessivamente ~~2/3~~ 3-4 m³ ora, cioè notevolmente inferiore a quella che si è presunto essere la portata disponibile.

Questo semplice processo può anche essere applicato in periodo in cui la temperatura massima giornaliera superi notevolmente il valore detto (15-18°) purchè ad esso sia inferiore un certo periodo (ad es dalla mezzanotte alle sei del mattino) e si abbiano dei serbatoi di accumolo per l'acqua fredda e per quella calda.

Così, nel caso suddetto della limitazione a sei ore del periodo utile per il raffreddamento il volume di accumolo del serbatoio di acqua calda corrisponderebbe alla portata di 18 ore di funzionamento, cioè di circa 1000 m³, e pari volume dovrebbe avere il serbatoio per l'acqua fredda. In totale quindi si dovrebbero avere 2000 m³ di serbatoio. La soluzione sarebbe piuttosto onerosa se, per la natura del terreno risultasse necessario fare il serbatoio in muratura o cemento armato (circa 10.000 lire a m³ per una spesa complessiva di 20 milioni di lire) mentre potrebbe essere relativamente economica se bastasse fare semplici fosse.

Per temperature esterne maggiori di 18° anche nella notte si rende comunque necessario l'adozione di un processo termodinamico di pompaggio del calore.

Tale processo deve naturalmente essere commisurato alle

temperature massime giornaliere, in assenza di serbatoi, o anche la equale è un po' inferiore rispetto alle nottate in calde; senza presenza di questi.

Da uno studio di primo orientamento risulta come consumo di energia necessario in questo processo, per le condizioni più sfavorevoli (35 gradi nell'aria esterna) circa un decimo della potenza da dissiparsi in KW/ora.

Quesito 2

Da quanto precedentemente visto possiamo fare un primo sommario confronto tra il sistema di raffreddamento ad acqua viva e quello col ciclo termodinamico limitatamente alla spesa di esercizio.

Perchè, a tali effetti i due sistemi siano equivalenti, ammettendo per il consumo di acqua un valore medio di 46 litri al Kwora dissipato deve risultare:

$$0,1 \times \text{costo Kwora} = 0,046 \times \text{costo m}^3 \text{acqua}$$

e cioè:

$$\frac{\text{costo Kwora}}{\text{costo m}^3 \text{acqua}} = 0,46$$

A titolo di orientamento, i valori di Pisa sono di circa 8 lire al Kwora e 30 lire al m³ d'acqua. Il rapporto suddetto risulta quindi pari a 0,266

Con questi valori vi sarebbe quindi, la netta convenienza del processo termodinamico.

E' da osservare in proposito che nel confronto suddetto è implicitamente supposto che a consumo nullo corrisponda spesa

(e cioè durante il periodo in cui possa operarsi direttamente il raffreddamento con l'aria esterna) corrisponda spesa nulla.

Ora mentre ciò può dirsi nei confronti della spesa per energia (non portando una variazione del consumo dell'ordine del 10% ~~un/altro~~ una variazione di prezzo unitario) non è presumibilmente vero nei riguardi dell'acqua per la quale sarebbe presumibilmente richiesto un certo prezzo anche per il periodo di non consumo. Si osservi in proposito che il massimo consumo si avrebbe proprio in periodi di massima scarsità.

Quesito 3.

La risposta a questo quesito è implicitamente compresa in quanto precedentemente scritto. Valutando grosso modo il prezzo dell'impianto termodinamico ~~21/77~~ a una ventina di milioni, cioè al valore del terreno (mentre può essere anche assai inferiore) la convenienza a rinunciare al terreno proposto si può avere semprechè il terreno che si tratti di acquistare pur non avendo un prezzo superiore sia fornito di acqua in quantità sufficiente (circa 50 m³ ora a prezzo ^{a m³} non superiore al prezzo del Kwora diviso per 0,46

