

LNF - 71/2
8 Gennaio 1971

E. P. Balsamo: NOTE SUI CONTROLLI DEL MAGNETE
ESPERIENZE ADONE. -

E. P. Balsamo: NOTE SUI CONTROLLI DEL MAGNETE ESPERIENZE ADONE. -

1. - INTRODUZIONE. -

Attualmente è in costruzione presso i Laboratori Nazionali di Frascati un magnete in corrente continua per esperienze nell'anello di accumulazione ADONE di e^+ ed e^- da 1500 MeV.

Il Magnete Esperienze Adone (M. E. A.), verrà sistemato su una sezione dritta dell'anello.

Nelle bobine del magnete, una principale di alluminio e due compensatrici in rame, si devono controllare la temperatura e la portata dell'acqua di raffreddamento.

Per motivi di standardizzazione e di esperienza acquisita in altri lavori⁽³⁾, per le misure di temperatura saranno adoperati termoresistori NI 100 della SIS, che garantiscono un alto grado di sicurezza di funzionamento ed una buona precisione.

2. - STRUTTURA SCHEMATICA DEL M. E. A. -

Il Magnete Esperienze Adone si compone^(1, 2) di una bobina in alluminio detta bobina principale e di due gruppi di avvolgimenti compensatori in rame (vedi Fig. 1).

La bobina principale ha 168 spire riunite in 84 circuiti di raffreddamento; per ognuno di questi si installa 1 R(T)^(x) per un totale di 84 R(T).

Ogni gruppo compensatore è a sua volta diviso in due parti indipendenti, (semicompensatori) eguali tra loro. Il sistema elettrico e di circola-

(x) - D'ora in avanti il termoresistore verrà indicato con il simbolo R(T).

2.

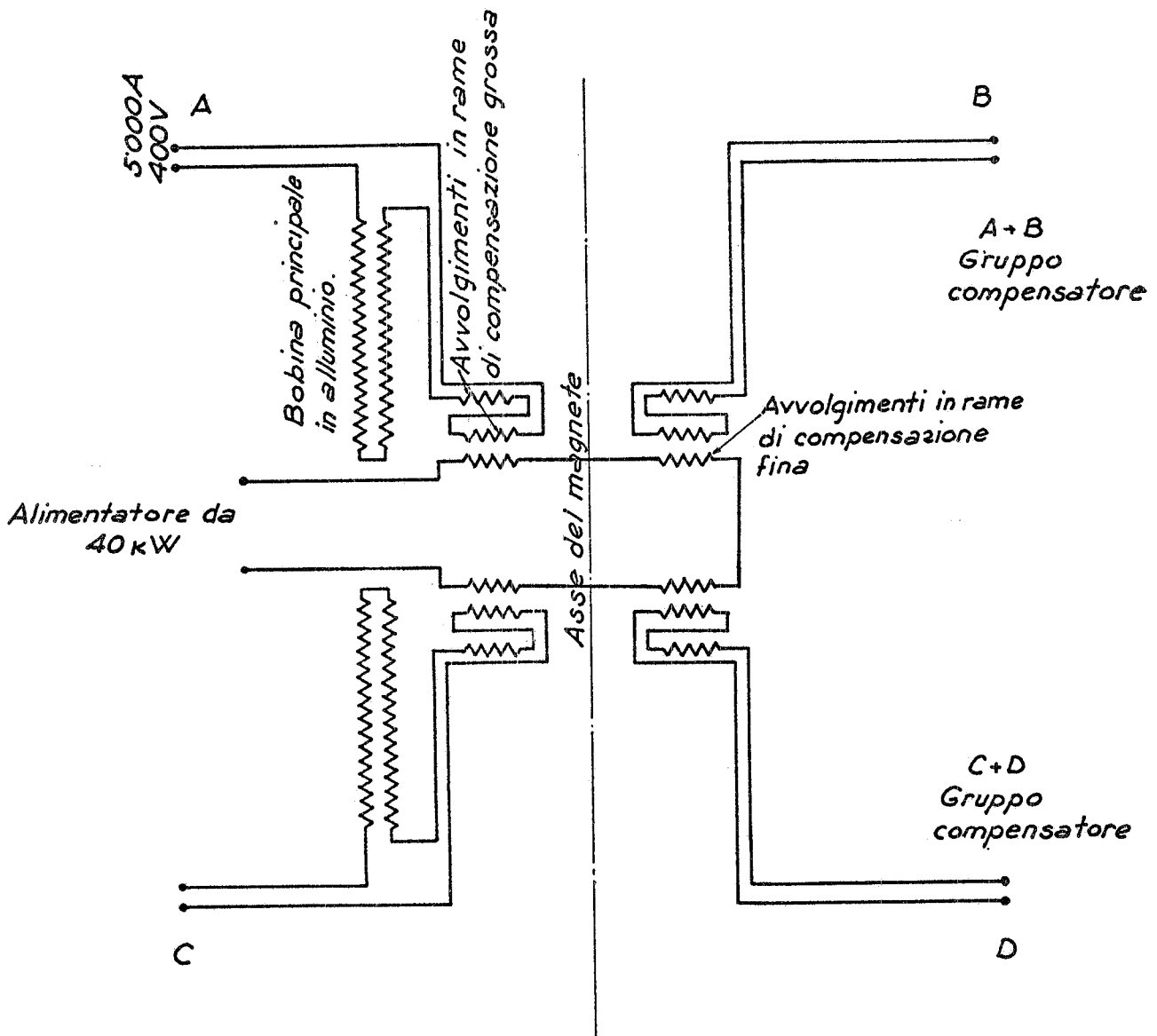


FIG. 1(a) - Schema elettrico semplificato del M. E. A.

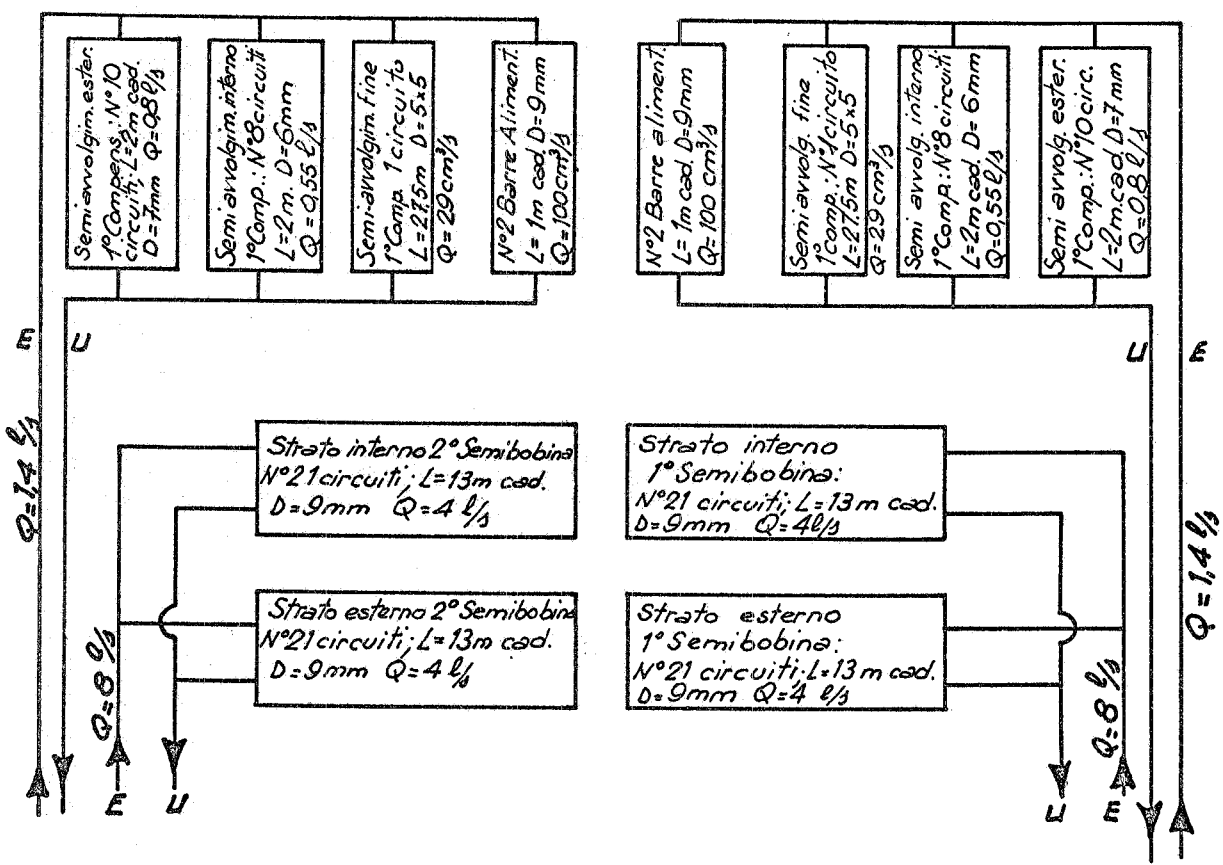
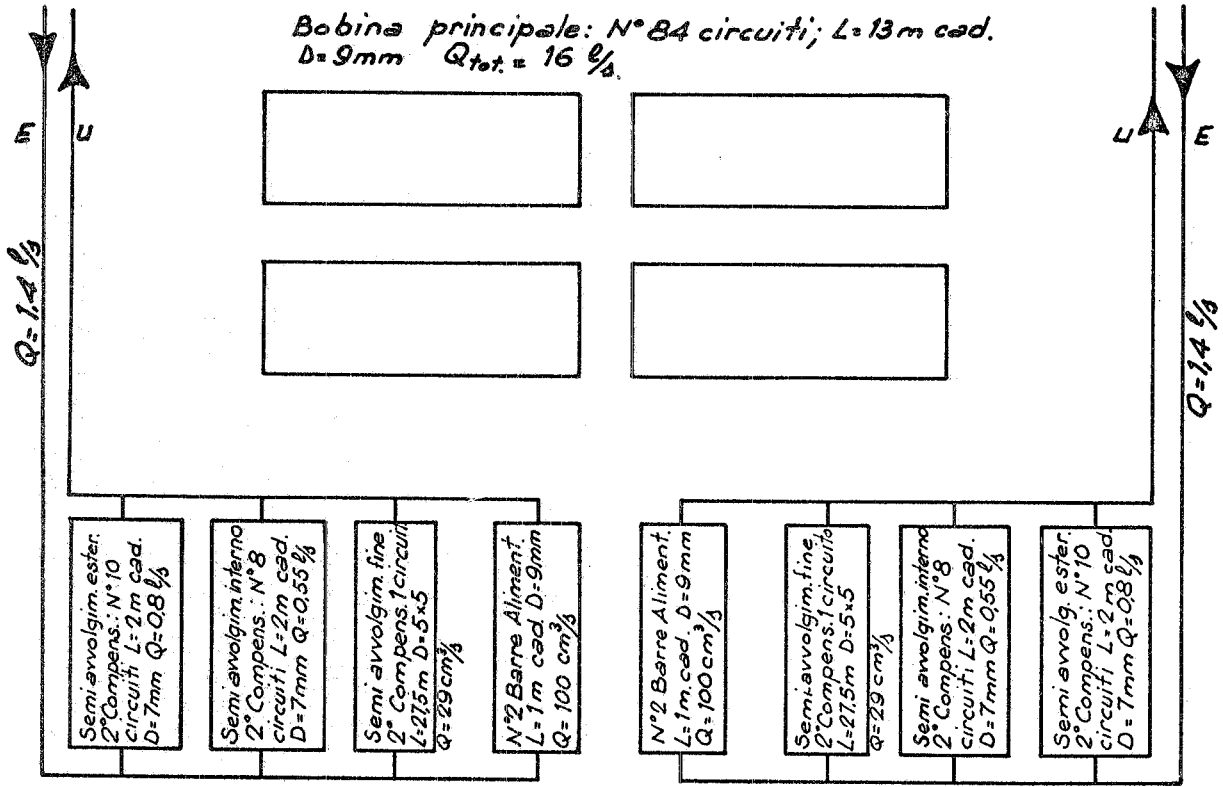


FIG. 1(b) - Schema idraulico del M. E. A.

4.

zione dell'acqua si ripete quindi in modo identico per quattro volte.

Per ogni semicompensatore si hanno 3 avvolgimenti:

- a) avvolgimento esterno diviso in 5 circuiti di raffreddamento;
- b) avvolgimento interno diviso in 4 circuiti di raffreddamento;
- c) avvolgimento di compensazione fine diviso in due circuiti di raffreddamento.

Si installa un R(T) per ogni circuito di raffreddamento per un totale di $11 \times 4 = 44$ R(T).

Gli avvolgimenti della bobina principale e delle bobine di compensazione esterne ed interne vengono alimentate in serie da un unico alimentatore da 2 MW.

Gli avvolgimenti della bobina di compensazione fine sono invece alimentati da un alimentatore separato di piccola potenza (40 KW).

3. - REQUISITI DEL SISTEMA DI CONTROLLO DELLA T e DELL'H₂O. -

Il sistema di controllo dovrà essere montato in due pannelli, uno dei quali situato nell'area operativa che conterrà tutti i circuiti di eccitazione dei R(T), di circuiti di soglia ed altre funzioni di controllo; l'altro con funzione di visualizzare le informazioni verrà installato nell'area di controllo sita a distanza di 50 mt circa. Tutti i dati relativi alla temperatura ed alla circolazione dell'acqua devono essere visualizzati tramite lampade colorate secondo un codice prestabilito e su uno strumento ad indice per rilevarne i valori.

La temperatura delle bobine va misurata continuamente e contemporaneamente in tutti i punti prestabiliti.

In caso di guasto segnalato l'operatore deve poter individuare con rapidità il punto che ha dato origine alla segnalazione.

E' richiesta una segnalazione di preallarme quando si supera un certo livello di T, ed una segnalazione di allarme quando la massima temperatura di lavoro consentita viene superata.

L'entrata in funzione del dispositivo di preallarme produce solo la segnalazione del guasto, mentre l'entrata in funzione del circuito di allarme oltre a produrre la segnalazione del guasto inibisce il consenso alla alimentazione delle bobine del magnete.

Inoltre deve essere disponibile uno strumento di misura con indicazione ad indice o numerica della temperatura in °C. Lo strumento tramite commutatori di facile e rapida manovra deve poter essere inserito su uno qualunque dei punti controllati in temperatura. Nella misura della temperatura, sia per i circuiti di sorveglianza, sia per lo strumento indicatore, la precisione richiesta è di qualche grado centigrado.

Per il controllo della circolazione dell'acqua nel circuito di raffreddamento del magnete verranno eseguite misure di flusso in modo continuo in punti opportuni già previsti nel progetto del M. E. A. I dispositivi di misura dispongono di contatti di scambio che serviranno a produrre, oltre alla segnalazione del guasto, anche la inibizione del consenso alla alimentazione degli avvolgimenti del magnete.

Per il pannello situato nell'area operativa è richiesta una certa mobilità; pertanto si dovranno ridurre al minimo i collegamenti con gli altri componenti del sistema.

4. - MISURA E CONTROLLO DELLA TEMPERATURA. -

I termoresistori $R(T)$ da installare nel magnete sono $82 + 44 = 126$, allocati negli avvolgimenti nel modo descritto al paragrafo 2 in modo di avere un controllo della temperatura ben distribuito in tutte le bobine.

I termoresistori saranno collegati come nello schema di principio di Fig. 2.

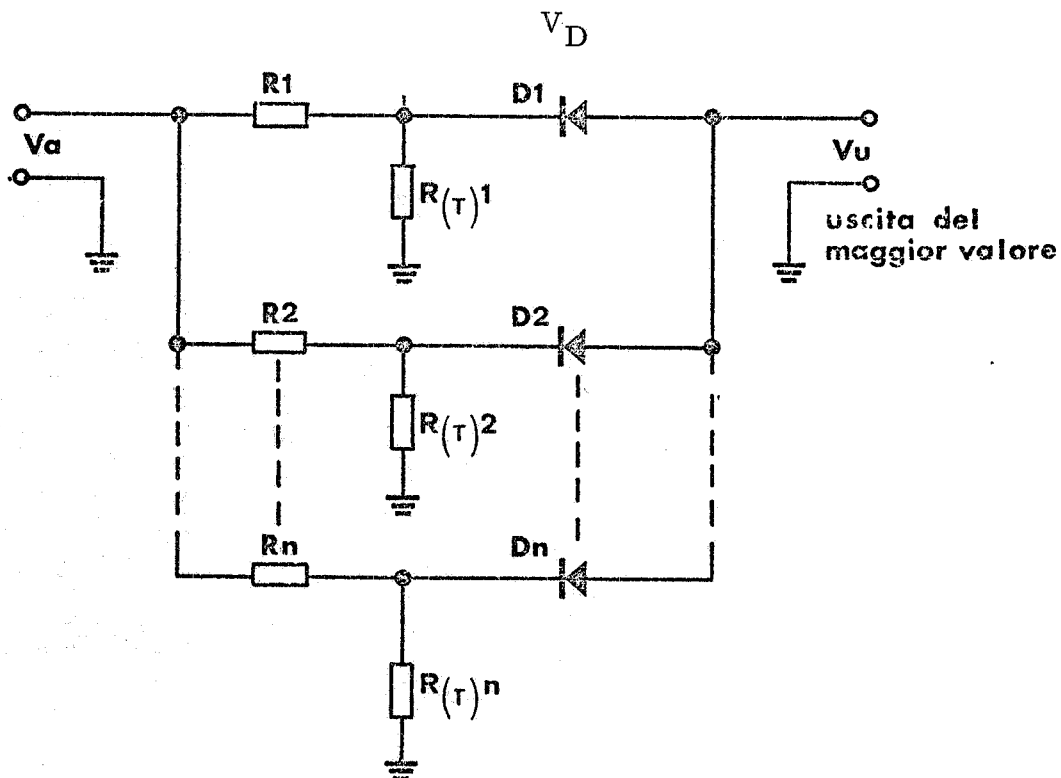


FIG. 2 - Schema di principio dell'inserzione dei termoresistori.

Per ciascuna maglia $R, R(T), D$ della rete, vale la relazione

$$(1) \quad V_u = \frac{V_a}{R + R(T)} R(T) - V_D;$$

6.

a zero gradi C, ad es., il $R(T)$ ha un valore di 100Ω , supponendo di alimentare con $V_a = -12$ Volt $R = 500 \Omega$ per contenere entro il limite ragionevole di 0,1 watt la dissipazione nel $R(T)$, si ha un'uscita

$$V_u = \frac{-12}{500+100} \times 100 + V_D = -2.000 + V_D \text{ Volt.}$$

L'eccitazione del $R(T)$ viene fatta con un generatore di tensione e 500Ω in serie, cioè in modo misto tensione-corrente, al fine di correggere la non linearità intrinseca del trasduttore NI 100; ciò è visibile nel grafico di Fig. 3 in cui viene illustrata sia la curva R Vs T del termoresistore, sia l'andamento di e_o Vs T con $V_a = -12$ Volt ed $R = 500 \Omega$. Lo scostamento di e_o dalla retta ideale è stato ridotto dai 2°C nel caso del solo $R(T)$ eccitato in corrente, a meno di $0,5^\circ\text{C}$ con il metodo dell'eccitazione mista.

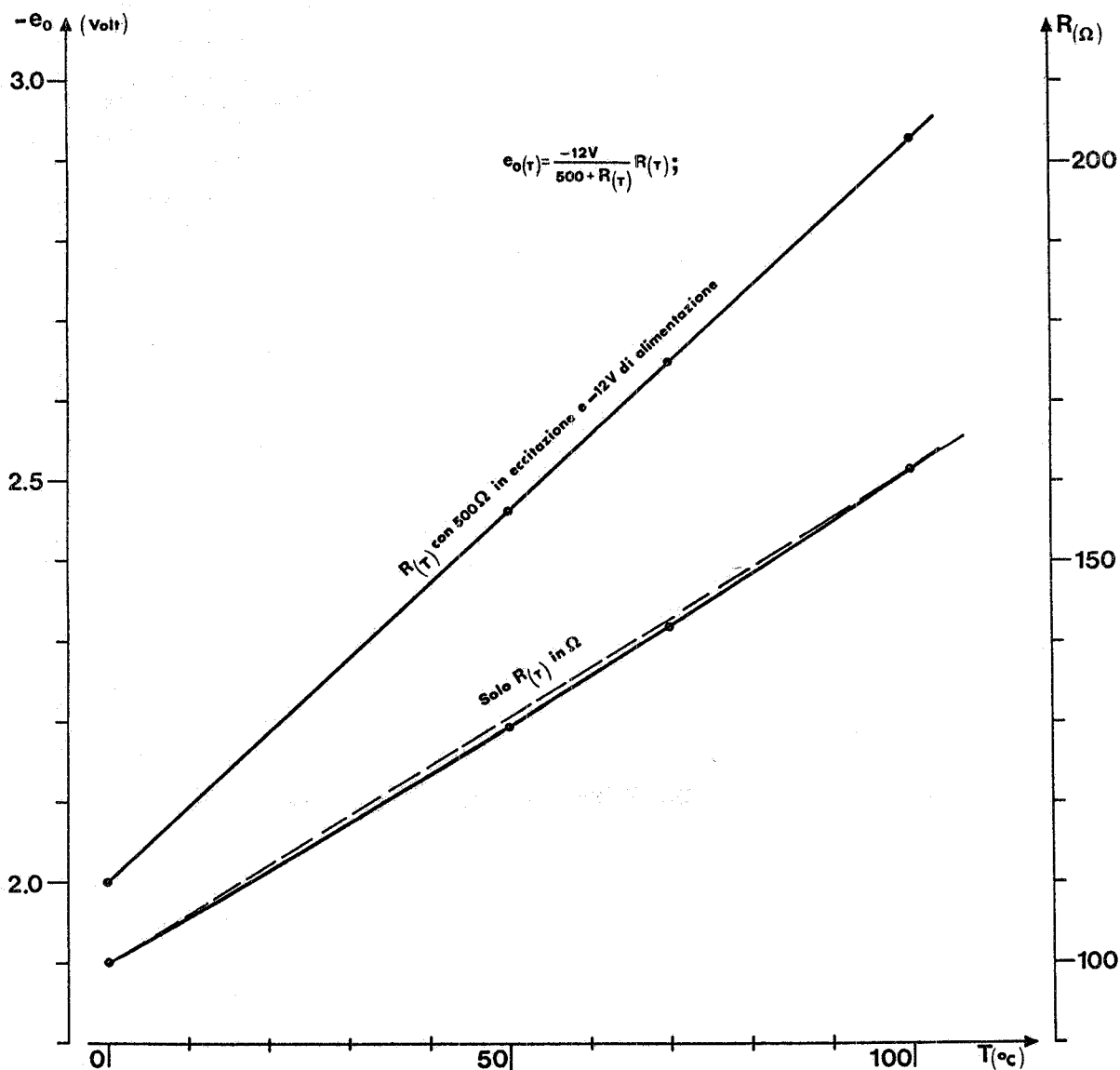


FIG. 3 - Andamento di e_o ed $R(T)$ in funzione della temperatura.

I diodi inseriti secondo lo schema di Fig. 2 permettono di isolare nel punto U il valore di tensione più alto e quindi la temperatura maggiore tra gli 8 trasduttori.

Per avere una misura di temperatura con precisione di $\pm 1^\circ\text{C}$ bisogna disporre di diodi con le tensioni dirette V_D eguali tra loro a meno della tensione corrispondente a 1°C , e cioè ≈ 10 mV quando come già detto si eccita il R(T) con una corrente di 20 mA.

A questo fine è stato scelto un circuito integrato, il BAX 72 della SGS, che contiene su di un unico supporto un gruppo di 8 diodi.

Dalle misure fatte su alcuni campioni si è osservato che le cadute V_D dei diodi contenuti nel BAX 72 sono molto simili tra loro e risultano sufficientemente eguali anche le rispettive derivate termiche.

Osservando il grafico di Fig. 3 dove è tracciato l'andamento di $V_O = f(T)$ per una corrente di eccitazione di ≈ 20 mA, si ricava che la variazione di V_O corrispondente ad un salto di temperatura di 1°C vale ≈ 10 mV; questo valore contiene mediamente le differenze misurate sulle V_D dei diodi: è risultato infatti sempre $(V_{D1} - V_{Dn}) \leq 10$ mV.

Il segnale di maggior valore che compare nel punto U di Fig. 2 viene applicato al circuito di soglia di Fig. 4, che deve segnalare lo stato di anomalia nel caso che V_U ecceda i limiti prefissati V_{rPA} o V_{rA} .

La logica della segnalazione di anomalia è riportata nella tabella I.

TABELLA I

Consenso all'alimentazione	Relazione delle tensioni	Stato funzionamento	Indicazione
SI	$V_U < V_{rPA} < V_{rA}$	normale	lampada verde accesa rossa e gialla spenta
SI	$V_{rPA} \leq V_U < V_{rA}$	anomalo-preallarme	lampada gialla accesa rossa e verde spenta
NO	$V_{rPA} < V_{rA} \leq V_U$	anomalo-allarme	lampada rossa accesa gialla accesa e verde spenta

V_U = tensione entrante funzione della temperatura.

V_{rPA} = tensione di riferimento del preallarme.

V_{rA} = tensione di riferimento dell'allarme.

I diodi D1, D2, D6 e D7 proteggono gli ingressi degli amplificatori dai sovraccarichi, mentre D3, D5 e D8 cortocircuitano l'uscita negativa (o positiva) degli amplificatori proteggendo le giunzioni base emettitore di T1, (T2), T3. La resistenza R10 serve a separare la massa a basso rumore da quella comune.

Per valutare la stabilità della soglia prestabilita si deve tener

8.

conto di due fattori distinti. Il primo è quello dovuto alla presenza del termine V_D nella (1); la tensione diretta del diodo è infatti funzione della temperatura ambiente ed ha nelle attuali condizioni d'impiego un valore di circa -0.590 Volt con una variazione di $\approx +2$ $mV/^\circ C$; la tensione del termoresistore varia in ragione di ≈ -10 $mV/^\circ C^{-1}$ per cui si può avere l'errore di $1^\circ C$ nella lettura di V_U per una variazione di T_A di $10^\circ C$; questo errore viene però considerevolmente ridotto dalla presenza di D4 e D9 in serie ai livelli di riferimento $-V_{rA}$ e $-V_{rPA}$ e fisicamente adiacenti ai BAX 72; a causa di una certa variazione ΔT_A della temperatura ambiente si avranno eguali variazioni nelle V_D dei diodi in serie alle V_u ed alle V_r . In pratica la compensazione non si ottiene in modo completo ma si riesce a ridurre la deriva dal valore originale di 2 $mV/^\circ C^{-1}$ a 0.5 $mV/^\circ C^{-1}$ ottenendo così un coefficiente termico della soglia di

$$\frac{\Delta |V_U| - \Delta |V_r|}{\Delta T_A} \approx \pm 0.5 \text{ mV}^\circ C^{-1}$$

corrispondenti a

$$(2) \quad \frac{(\Delta |V_U| - \Delta |V_r|) / \Delta T_A}{\Delta |V_U| / \Delta T_m} = \frac{\pm 0.5 \text{ mV} / ^\circ C_A}{\pm 10 \text{ mV} / ^\circ C_m} = \pm 0.05 \text{ } ^\circ C_m / ^\circ C_A^{-1}$$

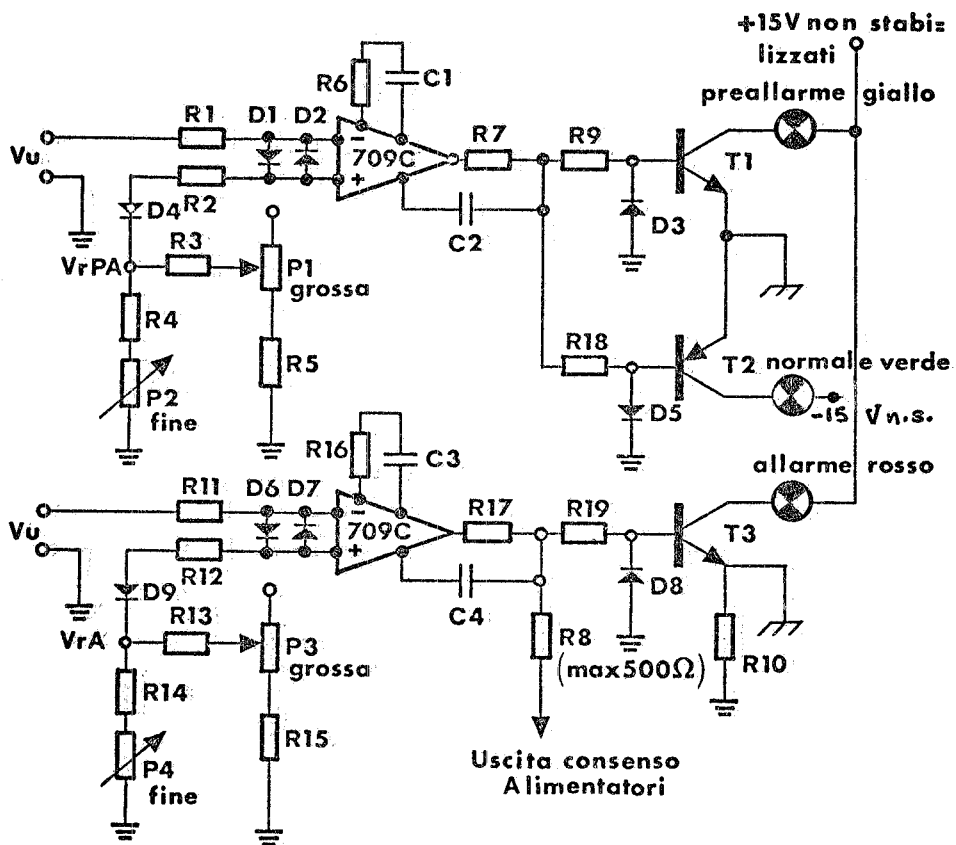
con T_A = Temp. ambiente in $^\circ C_A$ e T_m = Temp. misurata in $^\circ C_m$.

Il secondo fattore è quello dovuto alle derivate termiche della tensione residua (off-set voltage) all'ingresso dell'amplificatore e della corrente differenziale di polarizzazione dell'amplificatore; l'effetto di entrambe si manifesta come una deriva della tensione residua V_o ai terminali di ingresso dell'amplificatore, e per un operativo tipo $\mu A 709$ di grado C assume un valore tipico di ± 20 $\mu V/^\circ C$ ed un valore max di ± 100 $\mu V/^\circ C$ corrispondente a ± 0.01 $^\circ C_m / ^\circ C_A$; in pratica questa deriva è trascurabile confrontata con quella della (2).

Per eliminare gli errori dovuti alle pur piccole variazioni di V_a e V_r queste vengono ridotte ad una unica sorgente di tensione cosicché il sistema di misura si riduce ad un sistema a ponte. Sempre riferendosi alla Fig. 4 si vede che dal circuito della soglia di allarme viene estratto anche il segnale di consenso o inibizione per gli alimentatori del M. E. A., attraverso la resistenza di limitazione R8.

Come già detto l'eccitazione dei R(T) è fatta in modo misto tensione corrente, applicando una tensione di -12 Volt attraverso una resistenza di 500Ω ; la corrente di eccitazione risulta di circa 20 mA.

La distanza tra magneti e pannello di controllo si aggirerà sui 20 mt cosicché si avrà in serie al R(T) un conduttore di Cu lungo 40 mt; anche impiegando una sezione del filo di 0.5 mm la resistenza risultante è di 1.36Ω con una dipendenza della temperatura ambiente dello 0.39% $^\circ C^{-1}$.



massa a basso rumore.
 massa comune delle alimentazioni di potenza o non stabilizzate.

FIG. 4 - Schema semplificato del circuito di soglia per il controllo della temperatura dei R(T). -

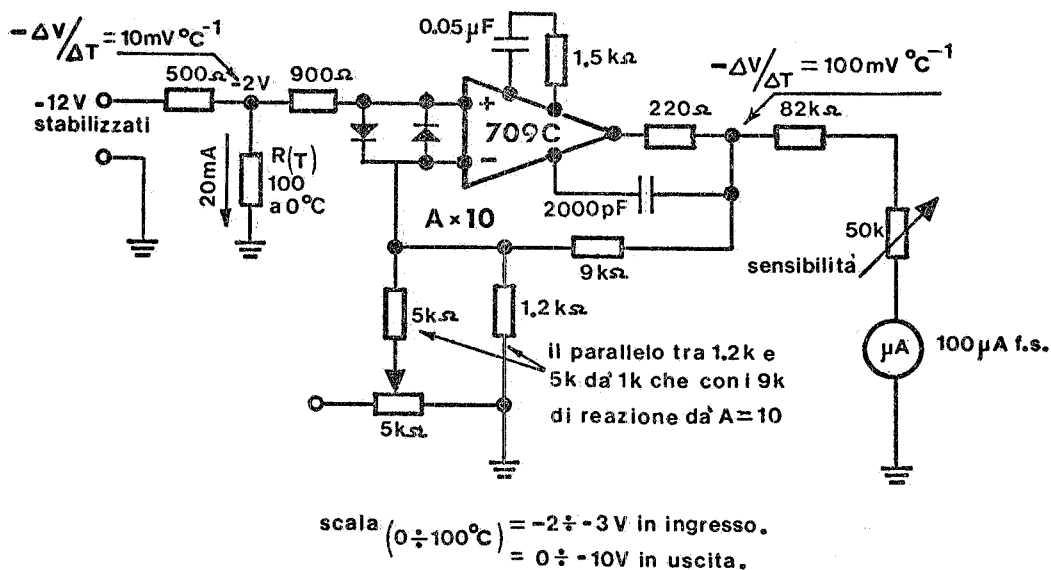


FIG. 5 - Schema elettrico del circuito di misura della temperatura. -

10.

Affinché la resistenza del cavo di connessione non diventi fonte d'errore è necessario che resti costante, e tale può considerarsi nell'esempio riportato. Infatti per una variazione di T_A di 20°C si ha una variazione $\Delta R = 3,9 \times 10^{-3} \times 1,36 \times 20 = 1,3 \times 10^{-1} \Omega$; e dato che il $R(T)$ varia di $\approx 0,62 \Omega/^\circ\text{C}$ questa variazione corrisponde a $\approx 1/5^\circ\text{C}$. Per svincolarsi completamente da questo errore ed avere quindi un maggior grado di libertà nel posizionamento del pannello, converrà ricorrere all'inserzione secondo il sistema volt-amperometrico a quattro fili: 2 fili per l'eccitazione e 2 fili per la lettura.

Il valore della temperatura a cui si trova un particolare $R(T)$ si misura con il circuito di Fig. 5 che consiste di un amplificatore reazionato con guadagno 10 ed impedenza d'ingresso $> 1 \text{ M}\Omega$. Il segnale d'ingresso viene prelevato ai capi di uno dei 126 $R(T)$ tramite un commutatore dalla sala controllo; il segnale del $R(T)$ selezionato, proporzionale alla sua temperatura, può assumere valori compresi tra -2 e -293 Volt (v. Fig. 3) corrispondenti all'intervallo di temperatura $0^\circ \div 100^\circ\text{C}$; all'uscita dell'amplificatore questo segnale viene normalizzato nell'intervallo $0 \div -10$ Volt e applicato ad uno strumento indicatore da quadro, tramite una resistenza di $100 \text{ K}\Omega$ per un fondo scala di $-100 \mu\text{A}$, la cui scala è tarata da 0° a 100°C .

Una analisi di questo circuito di misura eseguita allo stesso modo di quella già fatta per il circuito di soglia mostra che l'errore nasce essenzialmente nello strumento indicatore e dovrebbe quindi essere contenuto entro $\pm 1^\circ\text{C}$ usando uno strumento di classe 1.

In conclusione si può dire che per la misura della temperatura si usa uno strumento da quadro commutato manualmente dall'operatore sul $R(T)$ particolare di cui si vuol conoscere la temperatura, mentre per il controllo automatico del sistema, ogni $R(T)$ è sorvegliato da due circuiti a soglia: uno regolato su una soglia inferiore detta di preallarme (ad es. 60°C) e l'altro regolato su una soglia maggiore, in pratica la max consentita per l'esercizio dell'impianto (ad es. 80°C), detta di allarme.

Sia lo stato di preallarme che quello di allarme vengono segnalati in sala controllo con due lampade, gialla la prima e rossa la seconda, mentre lo stato normale è segnalato con una lampada verde. L'intervento del circuito di segnalazione dell'allarme inibisce contemporaneamente il consenso alla alimentazione del M. E. A.

5. - MISURA E CONTROLLO DEL FLUSSO DELL'ACQUA DI RAFFREDDAMENTO. -

Per il controllo della circolazione dell'acqua si stabiliscono sei punti di misura; due sui collettori dei circuiti di raffreddamento della bobina principale in alluminio, gli altri quattro sui collettori dei circuiti di raffreddamento delle bobine di compensazione in rame.

Il controllo della circolazione dell' H_2O consiste in una misura di flusso in litri \times sec^{-1} . La portata è di $9 \text{ lt} \times sec^{-1}$ per i circuiti della bobina principale e $4 \text{ lt} \times sec^{-1}$ per quelli delle bobine di compensazione^(x).

L'errore del flussimetro nella misura della portata è contenuta entro il $\pm 10\%$. L'entrata in funzione di uno qualsiasi dei 6 dispositivi produce (v. schema Fig. 6) oltre alla segnalazione del guasto in sala controllo, anche la inibizione del consenso all'accensione degli alimentatori del M.E.A.

Il tempo di intervento dell'intero circuito di sorveglianza si aggira sui $2 \div 3$ sec; questo intervallo è minimo rispetto al tempo di circa 1 minuto che impiega il magnete a raggiungere la temperatura di preallarme se lasciato funzionare senza raffreddamento^(o).

6. - ORGANIZZAZIONE DEI GRUPPI DI MISURE. -

Come già detto, i punti di misura corrispondono ai R(T) installati, ed il loro numero complessivo è di 126 così suddivisi:

- 84 R(T) sulla bobina principale in Al.
- 20 R(T) sugli avvolgimenti esterni dei compensatori.
- 16 R(T) sugli avvolgimenti interni dei compensatori.
- 8 R(T) sugli avvolgimenti di compensazione fine.

In base alle informazioni ricevute dai 126 trasduttori e dai 6 flussimetri dei circuiti di raffreddamento, si dovranno trasmettere i consensi per l'accensione dei due alimentatori impiegati.

I primi 120 R(T) serviranno ad elaborare il consenso all'alimentatore da 2 MW che energizza la bobina principale e le bobine di compensazione grossa; i rimanenti 8 serviranno per il consenso all'alimentatore di bassa corrente per le bobine di compensazione fine ($P \approx 40 \text{ KW}$).

Il consenso agli alimentatori proveniente invece dai 6 flussimetri sarà unico poiché i circuiti di raffreddamento delle diverse bobine dei compensatori hanno i collettori dell'acqua in comune.

Lo schema del circuito dei flussimetri e dell'elaborazione del consenso è riportato in Fig. 6. Il contatto di scambio di ciascun flussimetro (ϕ_1, \dots, ϕ_6) pilota direttamente una coppia di lampade per la segnalazione della presenza o della assenza di circolazione di H_2O . Gli stessi segnali pilotano un circuito di coincidenza che con la presenza dei consensi provenienti dai circuiti di controllo della temperatura degli avvolgimenti del

(x) - Le informazioni relative ai flussimetri sono state fornite dal P. I. A. Marra.

(o) - I calcoli relativi al comportamento termico del magnete sono stati eseguiti dal P. I. A. Catitti.

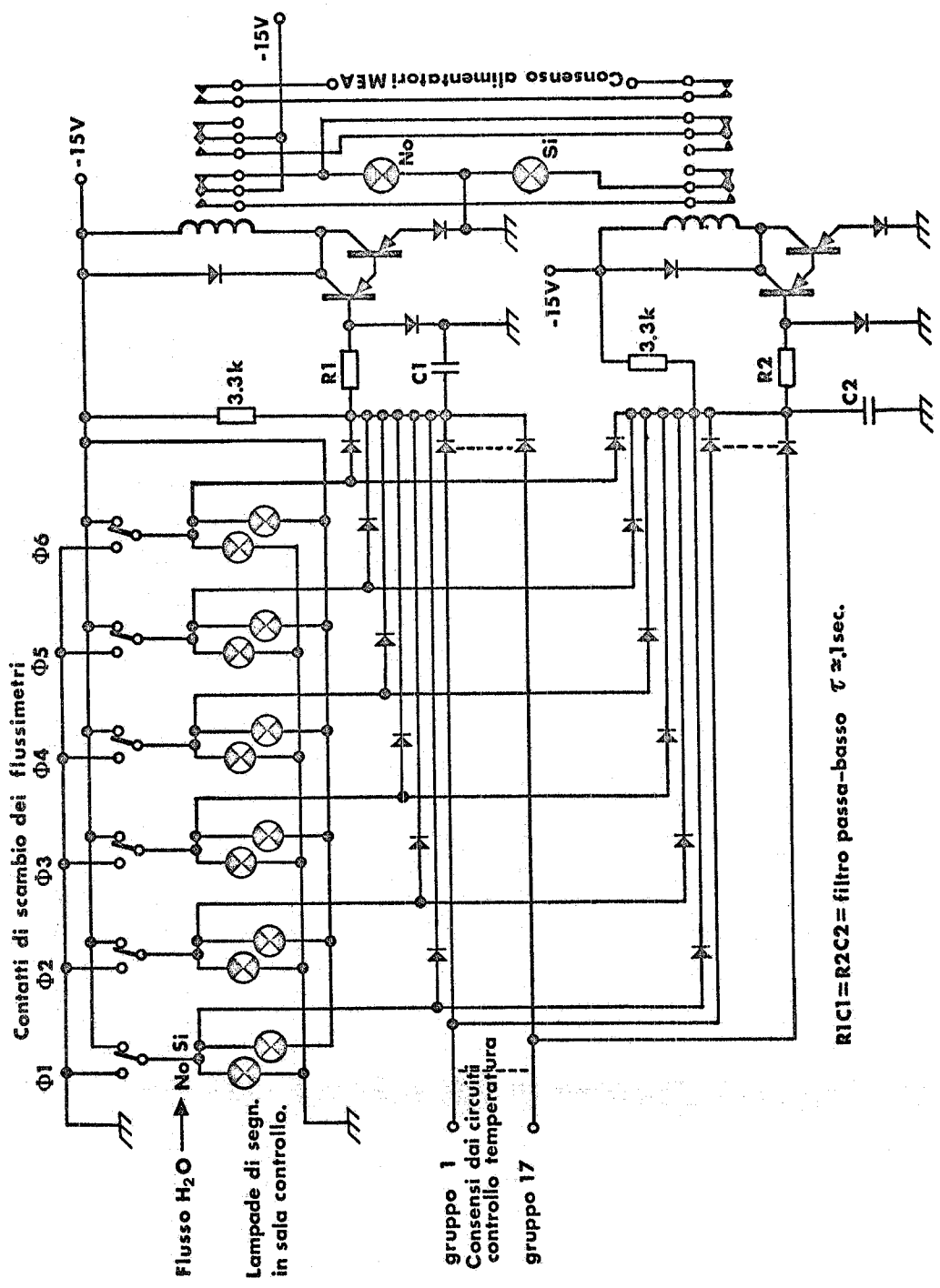


FIG. 6 - Schema di inserzione dei flussimetri ed elaborazione del consenso agli alimentatori. -

magnete, eccita un relè chiudendo un contatto dello stesso. Il circuito di coincidenza per la elaborazione del consenso agli alimentatori, è prodotto in doppio per aumentare notevolmente il margine di sicurezza del sistema.

I contatti dei due relè di uscita sono collegati in serie, cosicché si ottiene il consenso per l'alimentazione quando, e solo quando, le uscite dei due circuiti di sorveglianza sono affermative.

I 128 R(T) saranno suddivisi in 17 gruppi di 8 punti ciascuno così raccolti:

- 11 x 8 = 88 (4 in più di quelli richiesti) per la bobina principale.
- 5 x 8 = 40 (4 in più di quelli richiesti) per i compensatori grossi.
- 1 x 8 = 8 per il compensatore fine.

7. - PROPOSTA DI SOLUZIONE TIPO. -

Sulla base degli elementi raccolti è possibile impostare la seguente proposta di soluzione tipo.

- I punti controllati sono 128 (+ 8 punti di riserva = 136) divisi in 17 gruppi composti di 8 punti ciascuno; (per sistemi più complessi si può aumentare il numero dei punti controllati secondo multipli di 8).

- Ogni gruppo di 8 punti controllati dispone di:

- a) un selettore a transistori MOS-FET (Fig. 7) telecomandato dalla sala controllo, a 8 posizioni una via tramite il quale si esegue la teleselezione di una misura direttamente ai capi del particolare R(T);

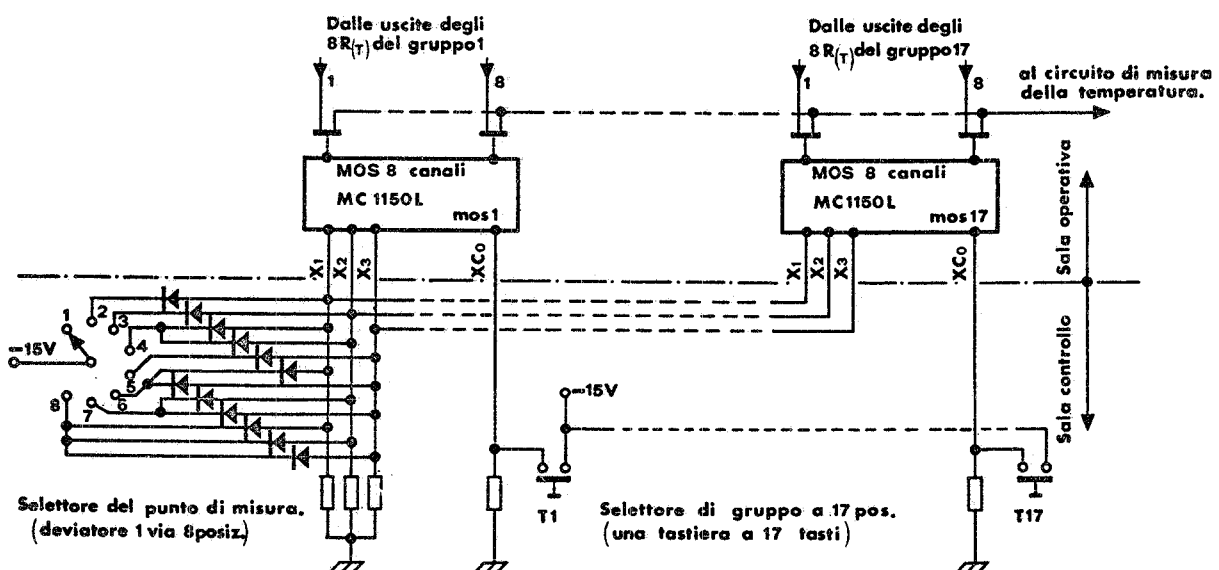


FIG. 7 - Schema elettrico dei selettori di misura.

14.

b) un insieme di 8 diodi (integrati sullo stesso supporto) per la selezione automatica del maggior valore e di due circuiti di soglia; uno per il livello di preallarme, l'altro per il livello di allarme.

- Il particolare gruppo viene scelto tramite un commutatore di gruppo a 17 posizioni 1 via, telecomandato dalla sala controllo. Con la manovra dei commutatori, quello di gruppo e quello di punto di misura, si può selezionare uno qualsiasi dei $R(T)$ per eseguire una misura di temperatura.

Il funzionamento dei selettori a 17 e 8 posizioni è illustrata in Fig. 7.

La selezione del particolare punto di misura è affidato a 17 circuiti integrati della Motorola tipo MC 1150 L, contenenti ciascuno 8 interruttori a stato solido (MOS-FET) con l'uscita in comune. Gli otto interruttori vengono chiusi o aperti tramite un comando codificato in sistema binario su 3 fili, x_1-x_2 e x_4 nello schema. Il comando dei commutatori a 8 posizioni è simultaneo per tutti i 17 elementi MC 1150 L, e viene eseguito manualmente dalla sala controllo tramite un commutatore rotante, con il comune al -15, ed una matrice di diodi per comandare gli ingressi $x_1-x_2-x_4$

E' possibile aprire tutti gli 8 interruttori di un commutatore MC 1150 L tramite un quarto comando, x_c nello schema, ottenendo così la funzione della commutazione di gruppo quando tutti gli ingressi x_c dei 17 circuiti MC 1150 L vengono comandati da un commutatore manuale a 17 tasti. Tramite la manovra manuale dei due commutatori in sala controllo è quindi possibile selezionare uno qualsiasi dei 136 punti di misura^(x) disponibili ($17 \times 8 = 136$).

- Ogni gruppo di punti di misura dà un segnale di consenso per l'alimentazione del M. E. A. I 17 segnali di consenso agiscono in coincidenza tra loro e con quelli provenienti dal circuito di raffreddamento ad H_2O .

- Nel circuito di raffreddamento ad H_2O del M. E. A. sono installati n. 6 flussimetri che danno un segnale di consenso quando c'è regolare

(x) - La selezione della misura tramite il commutatore descritto non è priva di errori; infatti si hanno normalmente 135 FET's aperti con $R_{off} \approx 2 \times 10^8 \Omega$ e un FET chiuso con $R_{on} \approx 5 \times 10^2 \Omega$. La misura entrante per il FET chiuso vede un carico di $2 \times 10^8 / 1,35 \times 10^2 = 1,48 M \Omega$ attraverso 600Ω con un rapporto $R_{on}/R_{off} \approx 5 \times 10^{-4}$. L'interrottoire può avere una corrente residua di 10^{-7} ampere per un totale di circa 10μ ampere che, moltiplicati per i 600Ω tramite cui entra la misura, danno $6 \times 10 \times 10^2 \times 10^{-6} = 6$ mV corrispondenti a $0,6^\circ C$ della temperatura misurata. Ai fini dell'errore è però importante solo la deriva del valore indicato, e questa è di ≈ 4 mV nell'intervallo $10 \div 50^\circ C$ di temperatura ambiente.

regolare circolazione di acqua.

- Tutti i dati provenienti dai circuiti di controllo della temperatura e della circolazione dell'acqua vengono raccolti in un pannello di controllo (pannello raccolta dati).

Sul pannello di controllo sono indicate le seguenti indicazioni:

- a) indicazione a due colori dello stato di ciascuno dei (6) flussimetri dell'acqua (circolazione-non circolazione);
- b) indicazione a tre colori dello stato di ciascuno dei 17 gruppi di punti di misura (normale, preallarme, allarme);
- c) indicazione su strumento analogico del valore della temperatura in °C, corrispondente ad un punto selezionato (telescelto) con i commutatori di gruppo e di punto di misura;
- d) indicazione a due colori dello stato dei circuiti di consenso (si-no) per l'alimentazione del M. E. A.

Sullo stesso pannello si trovano anche i due commutatori, quello di gruppo e quello di punto di misura, per la telescelta di uno dei 128 R(T) installati. (I punti di misura selezionabili sono in realtà $17 \times 8 = 136$ con un avanzo di 8 punti inutilizzati).

Esempio di operazione in esercizio. -

All'inizio dell'operazione si osserva che la temperatura sia "normale" (le 17 lampade verdi corrispondenti ai 17 gruppi sotto controllo sono accese). Si aprono i circuiti dell'acqua per il raffreddamento del magnete e si osserva che le 6 lampade indicanti lo stato di "circolazione" dell'acqua siano accese; in queste condizioni anche la lampada indicante "consenso" all'alimentazione del M. E. A. dovrà essere accesa.

Si procede alla alimentazione del magnete.

Volendolo, l'operatore può, manovrando i commutatori di gruppo e di punto di misura, effettuare la misura della temperatura nei punti desiderati, leggendo lo strumento tarato direttamente in gradi.

Esempio di operazione al manifestarsi di una anomalia nella temperatura. -

Durante l'esercizio normale si verifica che una delle 17 lampade verdi corrispondenti allo stato di temperatura "normale" dei 17 gruppi si spegne e che si accende quella gialla (preallarme).

L'operatore porta il commutatore di gruppo nella posizione corrispondente al gruppo in cui si è manifestata l'anomalia; dopodiché sposta di posizione in posizione da 1 a 8, il commutatore di punto di misura, leggendo lo strumento indicante la T. Lascia il commutatore nella posizione corrispondente al valore più alto letto, che sarà quello che ha causato lo scatto del segnale di preallarme.

16.

L'operatore tiene sotto controllo il punto a temperatura anomala e dalle variazioni di questa potrà decidere se spegnere l'alimentazione o continuare l'esercizio.

Nel caso che la temperatura ecceda il massimo valore consentito, si accenderà anche il segnale di allarme (rosso) e con questo si inibirà il consenso all'alimentatore del M. E. A. Anche la mancanza di consenso verrà illustrata dalla corrispondente lampada spia.

Esempio di operazione al manifestarsi di una anomalia nei circuiti di raffreddamento ad H₂O. -

Durante l'esercizio normale può verificarsi la mancanza di circolazione dell'acqua a causa della ostruzione di un tubo, di carenza di pressione nella linea etc. In questo caso il flussimetro installato nella porzione di circuito interessata dal guasto, scatta e comanda l'accensione della lampada di "non circolazione" di acqua; inibisce inoltre il consenso all'alimentazione del M. E. A.

Previsione approssimativa dei costi per la costruzione del sistema di controllo della temperatura e dell'acqua di raffreddamento. -

Per il computo dei costi non si è tenuto conto né dei trasduttori, cioè i termoresistori ed i flussimetri, né dei cavi per il loro collegamento poiché, a prescindere dal sistema di controllo adoperato questi componenti devono comunque essere installati nelle bobine del magnete e sui circuiti di raffreddamento dello stesso.

I prezzi indicati di seguito sono quelli risultanti da una indagine di mercato al momento della compilazione della presente nota.

Pannello Sala Operativa:

eccitazione termoresistori	500.000
sorveglianza flussimetri e consenso alimentatori	200.000
sorveglianza e misure di temperatura	800.000
commutatori di telescelta	300.000
lavorazioni meccaniche e di cablaggio	350.000

Pannello Sala Controllo:

commutatori e lampade	100.000
codificatori per telescelta	100.000
alimentatori	100.000
strumento da quadro	50.000
lavorazioni meccaniche e di cablaggio	250.000

2.750.000

+ imprevisti 20% 550.000

3.300.000

=====

BIBLIOGRAFIA. -

- (1) - U. Amaldi Jr. et al. , Relazione del gruppo di studio etc. LNF-67/3.
- (2) - A. Catitti e G. Pasotti, Relazione sul Progetto del Magnete Esperienze Adone, LNF-68/72.
- (3) - Questo progetto rappresenta un'evoluzione del sistema progettato per il Leale nel 1965 (v. LFN-65/12 int. (Gruppo Magneti)).