

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-62/134 (1962)

M. Ageno e al. : L'ELETTROSINCROTRONE: IL SISTEMA CENTRALE
DI CONTROLLO E COMANDO.

Estratto dal: Nuovo Cimento, Suppl. 24, 312 (1962)

PARTE VII.

Comandi e controlli.

CAPITOLO I

Il sistema centrale di controllo e comando.

M. AGENO, A. ALBERIGI QUARANTA, F. AMMAN, C. BERNARDINI, U. BIZZARRI, G. BOLOGNA, G. CORAZZA, G. DIAMBRINI, G. GHIGO, R. HABEL, C. INFANTE, A. MASSAROTTI, G. MONETTI, G. P. MURTAS, E. PERSICO, M. PUGLISI, I. F. QUERCIA, R. QUERZOLI, G. SACERDOTI, G. SALVINI, G. SANNA, S. SIRICANA, P. G. SONA, R. TOSCHI e A. TURRIN

1. - Descrizione e criteri generali adottati per il controllo centrale.

Per ragioni di protezione dalle radiazioni e per ridurre al minimo il numero di operatori necessari alla messa in funzione ed alla marcia normale di tutte le apparecchiature relative all'elettrosincrotrone (e.s.), si è ritenuto importante riunire tutti gli apparati di controllo e di comando in un'unica sala (Fig. VII.I.1).

Questa è disposta rispetto all'e.s. come nella Fig. VII.I.2, e si trova ad una quota di 2.5 m al di sotto del pavimento della sala sincrotrone. Tale dislivello facilita la riduzione del livello di radiazione, e migliora l'accessibilità ai cunicoli a passo d'uomo che corrono sotto la sala sincrotrone, con tutte le condutture di servizio. Dalla sala di controllo si accede direttamente mediante scala alla sala sincrotrone.

Nella sala controllo si trovano disposti lungo le pareti cinque serie di telai (Fig. VII.I.2 da *A* ad *E*) normalizzati (da 19 pollici) che sopportano tutte le diverse apparecchiature. Tali telai sono distanziati dai muri in modo da consentire l'accesso anche alla parte posteriore degli chassis. Oltre a tali telai, circa al centro della sala, si trova un desco di controllo (indicato con *F* nella Fig. VII.I.2) dal quale è possibile controllare i parametri dell'e.s. che richiedono un frequente aggiustamento per ottimizzare il funzionamento della macchina.

Le tensioni di alimentazione in sala controllo sono le seguenti:

- Linea a 220 V; 50 Hz, stabilizzata a circa il 2% mediante stabilizzatore Siemens da 250 kVA.
- Linea a 125 V; 50 Hz, derivata dalla precedente.

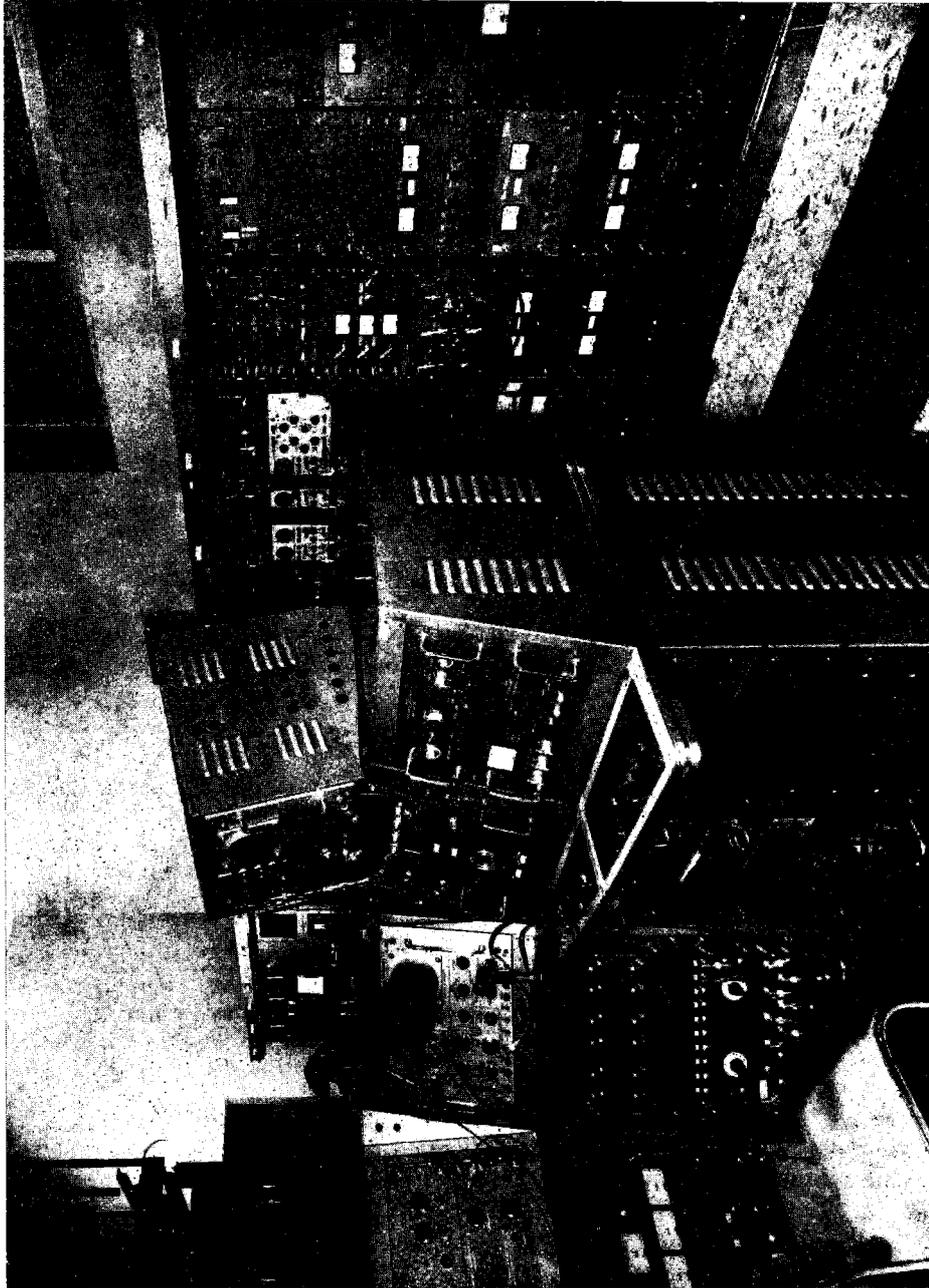


Fig. VII.1.1. - Sala di controllo dell'elettrosincrotrone.

- Linea a 220 V; 60 Hz, fornita dal generatore coassiale con i gruppi di alimentazione del magnete dell'e.s. Tale linea fornisce una tensione sincrona con il campo magnetico dell'e.s.
- Linea a 24 V c.c. per alimentazione relays, e di alcuni servizi di emergenza. Questa tensione è fornita da un alimentatore-raddrizzatore stabilizzato a circa 1%. La erogazione di corrente di quella linea è asservita alla presenza di tensione sulla linea a 220 V. In tal modo interruzioni di rete fanno automaticamente aprire tutti i circuiti serviti da relays (salvo che per i relays di controllo dell'impianto di vuoto, che sono alimentati con circuito a parte, non asservito).

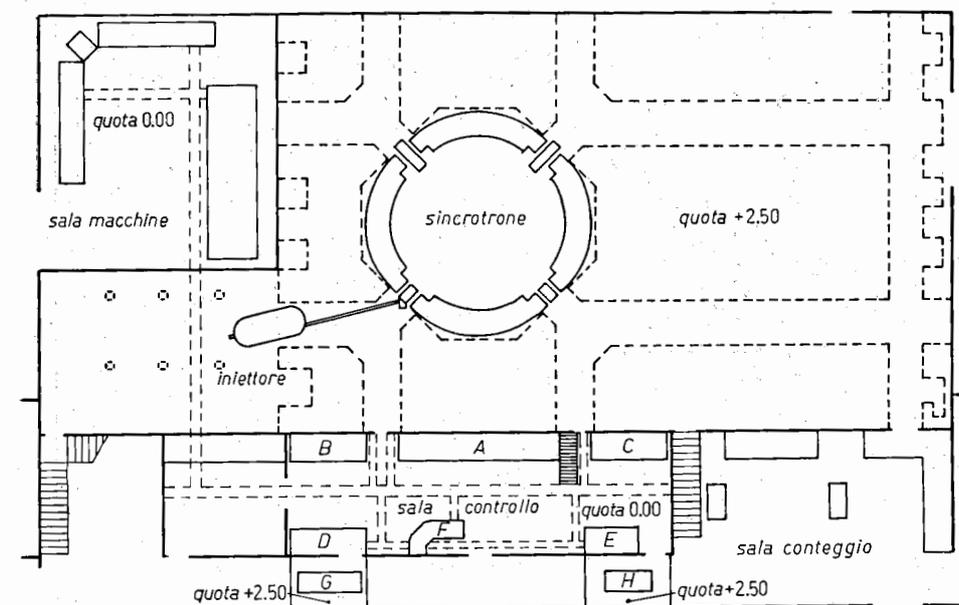


Fig. VII.1.2. - Disposizione sala controllo nell'edificio sincrotrone.

La sala controllo è connessa, mediante cunicoli, con la sala che si trova alla base del magnete dell'e.s. e di qui, mediante cunicoli transitabili, con la sala condensatori, con la sala sincrotrone, con la sala macchine di alimentazione magneti esperienze (vedi Parte IX). Un sistema di canalette (indicatedo con tratteggi in Fig. VII.1.2) connette la sala controllo con l'area iniettore, e con la adiacente sala di conteggio a disposizione degli sperimentatori.

Infine nella sala controllo, al di sopra dei telai indicati con *D* ed *E*, trovano posto gli alimentatori di potenza per gli impianti a radiofrequenza RF_1 ed RF_2 (indicati con *G* ed *H* nelle Fig. VII.1.2 e VII.1.3).

La disposizione dei vari apparati di comando e di controllo dell'e.s. sui vari telai è indicata dalla Fig. VII.I.3 e dalle relative didascalie. La disposizione dei pannelli sul desco di controllo è indicata nella Fig. VII.I.4 e relative didascalie.

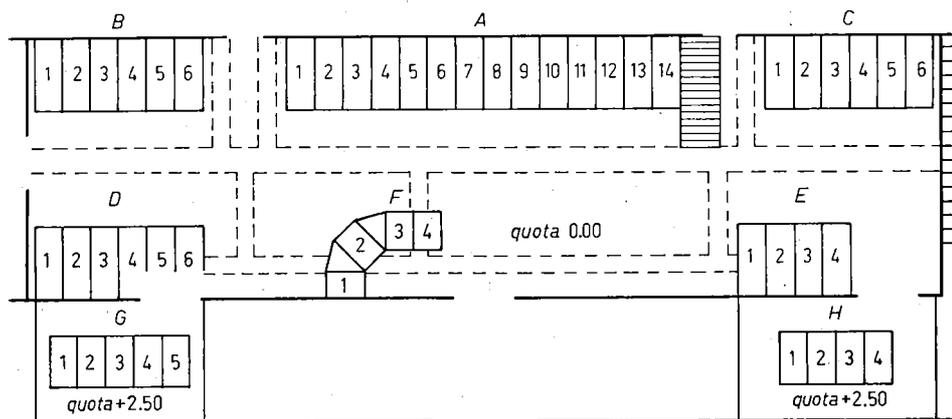


Fig. VII.I.3. - Sala controllo. Armadi rack. - *A*: 1) Controllo idrogeno. Alimentatori; 2) Arrivo cavi dall'elettrodo ad induzione. Alimentatori; 3) Registratore grafico Speedomax; controllo fascio. Amplificatore controllo ripple Van de Graaff. Alimentatori; 4) Sincronizzatore RF₁-RF₂: Accordo cavità RF₁: Oscillografi Tektronix tipo 360: controllo forme d'onda varie. Alimentatori; 5) Amplificatori per peaker. Circuito segnalatore guasti. Alimentatori polarizzazioni peaker; 6) Chiavi di sicurezza. Alimentatori; 7) Stabilizzatori di tensione; 8) Stabilizzatori di tensione; 9) Pannelli di chiusura; 10) Controlli magneti esperienze; 11) Comando piattaforma rotante supporto magneti esperienze. Controlli magneti esperienze; 12) Integratori per camere a ionizzazione. Alimentatori; 13) Controlli correcting coils. Oscillografo Tektronix tipo 545. Alimentatori; 14) Comando correcting coils. Alimentatori. - *B*: 1) Comandi segnalazioni. Controlli orari; 2) Alimentatori modulazione ampiezza RF₁; 3) Sequenza automatica RF₁; 4) Centralino interfonico; 5) Controlli vuoto; 6) Comandi e automatismi vuoto. - *C*: 1) Comando macchina C.G.E. alimentazione magnete elettrosincrotrone. Registratore grafico Siemens: correnti magnete; 2) Comando macchine C.G.E. alimentazione magnete elettrosincrotrone. Controllo portata acqua e temperatura magnete; 3) Sequenza automatica RF₂; 4) Sequenza automatica RF₂; 5) Sicurezze RF₂; 6) Stabilizzatori di tensione per l'impianto RF₂. - *D*: 1) Quadro elettrico sala controllo; 2) Quadro elettrico sala controllo; 3) Apparecchiature di riserva; 4) Controlli Van de Graaff; 5) Comandi Van de Graaff; 6) Alimentatore A.T. deflettore. - *E*: 1) Apparecchiature di riserva; 2) Apparecchiature di riserva; 3) Pannelli di chiusura; 4) Pannelli di chiusura. - *G*: 1) Alimentatore A.T. stadio finale RF₁; 2) Alimentatore polarizzazione stadio finale RF₁; 3) Alimentatore A.T. stadio prefinale RF₁; 4) Alimentatore per stadi: pilota amplificatore e triplicatore RF₁; 5) Distribuzione rete e stabilizzazione RF₁. - *H*: 1) Alimentatore A.T. 2° stadio RF₂; 2) Alimentatore polarizzazione 2° stadio e comando A.T. RF₂; 3) Alimentatore 1° stadio RF₂; 4) Alimentatore pilota RF₂.

Qui di seguito sono indicati con qualche particolare gli apparati di controllo che si riferiscono alle diverse parti dell'e.s. e dei servizi ad esse direttamente connessi. Il sincronizzatore principale, cioè l'insieme di apparati che controlla

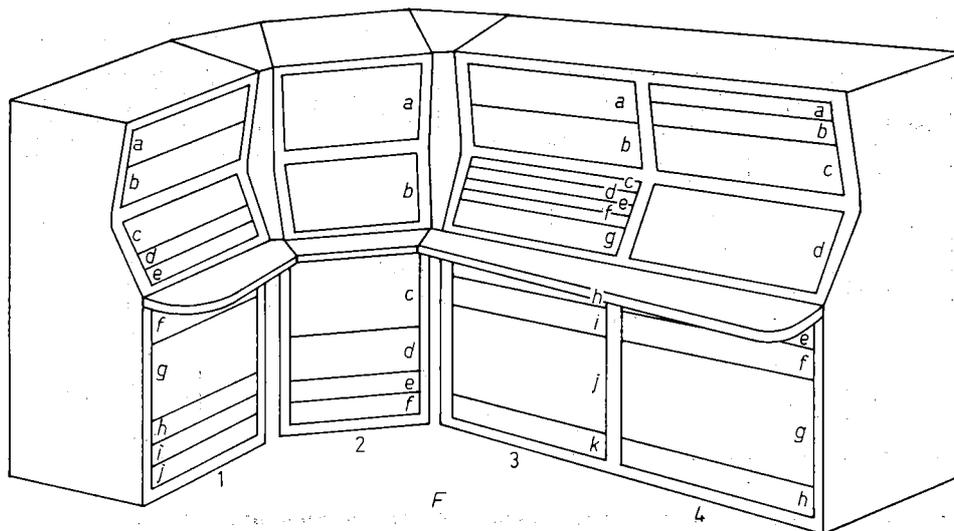


Fig. VII.1.4. - Desco centrale. - 1: a) Polarizzazione filamento e durata impulso V.d.G.; b) Impulsatore Van de Graaff; c) Programma di frequenza RF_1 ; d) Ritardi Van de Graaff RF_1 ; e) Regolazione fine della tensione deflettore; f) Strumento indicatore del quantmetro; g) Alimentazione bobine deflettrici; h) Alimentazione lente quadrupolo; i) Radio; j) Pannello di chiusura. - 2: a) Oscilloscopio Tektronix RM45. Controllo RF_2 ; b) Oscilloscopio Tektronix RM45A. Controllo fascio; c) Pannello comandi movimenti deflettore; d) Pannello arrivo cavi controllo; e) Pannello arrivo cavi controllo; f) Pannello distribuzione rete. - 3: a) Modulatore ampiezza RF_2 ; b) Modulazione e polarizzazione prefinale e finale RF_2 ; c) Pannello arrivo cavi di controllo; d) Accensione impulsatore. Comando «elettroni accelerati» Van de Graaff; e) Alta tensione del modulatore d'ampiezza RF_2 ; f) Accensione del modulatore d'ampiezza RF_2 ; g) Accordo manuale ed automatico cavità RF_2 ; h) Pannello segnalazione guasti; i) Pannello arrivo cavi controllo; j) Pedana; k) Pannello di chiusura. - 4: a) Pannello di chiusura; b) Modulazione d'ampiezza per condizionamento cavità RF_2 ; c) Voltmetro digitale mod. 481. Tensione deflettore; d) Registratore grafico Siemens: controllo rete, Van de Graaff, elettrodo induzione, camera ionizzazione; e) Variatore di fase RF_1 - RF_2 ; f) Durata modulazione RF_1 ; Polarizzazione peaker iniezione; g) Pedana; h) Pannello di chiusura.

la sequenza ciclica delle operazioni di iniezione, accensione RF_1 , spegnimento RF_1 , accensione RF_2 , estrazione fascio gamma, verrà descritto nel capitolo successivo.

2. - Comandi e controlli dell'impianto di alimentazione del magnete dell'elettrosincrotrone.

Il gruppo di alimentazione del magnete può essere avviato in modo semi-automatico, comandando cioè una serie di sequenze automatiche, ciascuna delle quali raggruppa un certo numero di operazioni, oppure in modo manuale, comandando ciascuna delle singole operazioni.

Dalla sala controllo è possibile solamente l'avviamento semiautomatico, che comprende due comandi di sequenza (avviamento del gruppo ausiliario e avviamento del gruppo principale) e due comandi singoli (chiusura degli interruttori dei generatori a c.c. e c.a. e regolazione della loro corrente) (v. C1, Fig. VII.1.3).

Gli strumenti riportati in sala controllo sono piuttosto numerosi; gli allarmi sono ridotti a due tipi: uno segnala l'intervento di un blocco, l'altro l'intervento di un allarme semplice: per risalire alla causa dell'intervento bisogna controllare i relays a cartellino montati sul quadro in sala macchine.

I controlli del circuito di raffreddamento del magnete (portata acqua e temperatura) sono invece montati in sala controllo, in quanto essi hanno una funzione di misura, oltre che di allarme e blocco (v. C2, Fig. VII.1.3).

3. - Comandi e controlli degli impianti a radiofrequenza.

Le apparecchiature di controllo degli impianti a RF che si trovano nella sala controllo possono essere suddivise in due gruppi: comando operazioni e controllo del funzionamento degli impianti.

Del primo gruppo fanno parte i pannelli delle sequenze, che sono costituiti essenzialmente da una serie di relays asserviti tra di loro con i quali è possibile comandare la distribuzione delle tensioni a tutto l'impianto con un ordine prefissato, ed è così impedita l'esecuzione di false manovre (v. B3, C3, C4, Fig. VII.1.3).

Del secondo gruppo fanno parte le apparecchiature che controllano il buon funzionamento degli impianti. Di queste apparecchiature alcune, come il controllo dell'impianto di raffreddamento della cavità di potenza, hanno il compito, oltre che di segnalare e localizzare l'eventuale guasto, anche di interrompere il funzionamento di tutto l'impianto per evitare il danneggiamento, che potrebbe occorrere senza un pronto intervento (v. C5, Fig. VII.1.3). Altre invece hanno il solo compito di dare una indicazione completa delle condizioni di funzionamento e, in particolare, delle tensioni a RF e delle forme d'onda al gap delle cavità risonanti. Queste tensioni sono lette su un sincroscopio situato sulla consolle di comando (v. F2, Fig. VII.1.3 e 2a, Fig. VII.1.4).

Infine, in sala controllo sono situati gli appositi pannelli per il controllo e il comando dell'accordo dei due risuonatori (v. *A4* e *F3*, Fig. VII.I.3 e *3g*, Fig. VII.I.4).

4. - Controlli iniezione.

A) Controlli Van der Graaff (V.d.G.). - Dalla sala controllo è possibile eseguire le seguenti manovre sul V.d.G.: avvio del motore mediante teleruttore, preceduto dal suono di una campana di avviamento per la durata di 30 s; controllo della tensione di lavoro del V.d.G. mediante un Helipot che agisce sul circuito di stabilizzazione. In sala controllo sono riportati strumenti per la misura della corrente di carica della cinghia, della corrente del partitore in parallelo al tubo acceleratore, della pressione nel tubo acceleratore e della tensione del terminale del V.d.G., ottenuta per mezzo di un voltmetro a generazione (v. *D5*, Fig. VII.I.3).

Per quanto riguarda la sorgente di elettroni esistono tre controlli mediante selsyn, rispettivamente della tensione di accensione del filamento, della tensione di polarizzazione della griglia della sorgente e dell'ampiezza dell'impulso di comando inviato alla griglia (v. *D5* e *F1*, Fig. VII.I.3, e *1a* ed *1h*, Fig. VII.I.4).

B) Controlli ottica iniezione. - Sul desco centrale di controllo è possibile regolare e misurare le correnti nelle quattro coppie di bobine di deflessione che regolano la posizione e l'angolo di entrata del fascio di elettroni nel deflettore. È pure possibile regolare e misurare le correnti nella lente a mantello e nella lente a quadrupolo che controllano la focalizzazione del fascio (v. *F1*, Fig. VII.I.3 e *1g* ed *1h*, Fig. VII.I.4).

C) Controlli deflettore. - Per il deflettore esistono due tipi di controllo.

Per quanto riguarda la tensione esistono un controllo grosso che regola l'alta tensione a scatti di 2000 V e un controllo fine mediante Helipot, che permette variazioni dell'1‰ della tensione totale. La tensione viene misurata con un voltmetro tipo digital inserito su una sezione di un partitore in parallelo al deflettore (v. *D6*, Fig. VII.I.3).

La seconda serie di controlli riguarda la posizione meccanica del deflettore che può essere telecomandato dalla sala controllo; esistono sei comandi che regolano sei gradi di libertà del deflettore.

La posizione di tre dei sei gradi di libertà viene riportata in sala controllo mediante numeratori comandati da selsyn (v. *F2*, Fig. VII.I.3 e *2c*, Fig. VII.I.4).

D) Controlli sul fascio all'iniezione. - Esistono due elettrodi mobili ricoperti di materiale fluorescente che permettono di controllare la forma e la posizione del fascio di elettroni; il primo è posto subito all'uscita del V.d.G. e il secondo prima dell'ingresso del deflettore.

Con questi elettrodi è possibile eseguire in sala controllo una misura della corrente che esce dal V.d.G. (v. A3, Fig. VII.1.3).

Esistono poi due elettrodi isolati posti ai due lati dell'ingresso del deflettore; la misura della corrente raccolta da questi due elettrodi, che viene eseguita mediante osservazione oscillografica in sala controllo, permette di centrare il fascio sulla bocca del deflettore (v. F2, Fig. VII.1.3 e 2b, Fig. VII.1.4).

5. - Controlli del vuoto.

L'impianto di vuoto dell'e.s. è costituito da 4 stazioni di pompaggio. Ciascuna stazione è comandata da un armadio di controllo tramite il quale può essere messa in funzione in modo completamente automatico o semiautomatico. Ciascun armadio è completo di tutti i circuiti di sicurezza e controllo.

Nella sala controllo dell'e.s. sono riportati i comandi principali di messa in marcia automatica di ciascuna stazione ed i pulsanti di messa in marcia automatica di tutte e quattro le stazioni contemporaneamente (v. B6, Fig. VII.1.3).

Un circuito di relays provvede agli asservimenti, controlli e sicurezze della marcia in parallelo delle quattro stazioni di pompaggio.

Sul quadro di comando in sala controllo sono riportati inoltre due pannelli dai quali si possono leggere lo stato di funzionamento di ogni singola stazione e, in caso di guasto, il componente dell'impianto che ha provocato l'allarme (v. B5, Fig. VII.1.3).

Uno strumento di misura, che può essere collegato tramite un selettore telefonico ai vacuometri inseriti lungo la ciambella, permette di leggere la pressione in vari punti di essa (v. B5, Fig. VII.1.3).

6. - Sicurezze.

A) *Van de Graaff*. - L'avviamento del motore è preceduto da uno squillo di campanello della durata di circa 30 s.

Un contatore di Geiger opportunamente schermato posto in prossimità dell'uscita del tubo acceleratore è collegato ad un circuito integratore il quale, quando la radiazione oltrepassa un certo livello, spegne l'alimentatore di carica della cinghia e simultaneamente mette in funzione un clacson (v. D4, Fig. VII.1.3).

Un sistema di chiavi di blocco poste sui cancelli delle cinque principali vie d'accesso all'e.s. impedisce di avviare il motore della V.d.G. senza aver chiuso gli ingressi.

B) Area esperienze. — L'accesso all'area esperienze è consentito attraverso un'unica via che è sotto il controllo degli operatori. Una cellula fotoelettrica posta sul passaggio arresta l'iniezione e l'accelerazione del fascio pur mantenendo in funzione gli impianti di potenza.

Il prelievo da parte dello sperimentatore di un birillo contenuto in un apposito sistema di blocco, consente la massima garanzia che la macchina non venga avviata durante la sua permanenza in sala esperienze.

C) Idrogeno. — La presenza di idrogeno in sala esperienze è segnalata da apposite scritte luminose su ogni ingresso.

Il normale fluire dell'idrogeno evaporato nei tubi di scarico viene controllato ascoltandone il gorgoglio attraverso un pozzetto di olio mediante un microfono ed un altoparlante (v. A1, Fig. VII.1.3).

Un apposito apparecchio segnala quando la percentuale d'idrogeno nell'aria, nella sala esperienze, supera il 5‰ (v. A1, Fig. VII.1.3). Una coppia di aspiratori continuamente in funzione ricambia completamente l'aria nella sala ogni due ore.

7. — Correnti di correzione.

Il controllo delle correnti di correzione viene effettuato mediante circa 50 potenziometri Helipot (v. A14, Fig. VII.1.3). È inoltre possibile verificare l'ampiezza degli impulsi di alimentazione di ogni singolo canale mediante un selettore a 100 canali comandato da un disco combinatore (v. A13, Fig. VII.1.3).

Normalmente per variare l'energia di lavoro della macchina si impostano le correnti di correzione effettuando la lettura sulla scala dell'Helipot mentre il sistema di misura degli impulsi con oscillografo viene usato solo per la ricerca di guasti (v. A13, Fig. VII.1.3).

8. — Controlli per esperienze.

La temperatura di tutti i magneti presenti in sala esperienze è ciclicamente controllata da un sistema di termistori collegati ad un apposito centralino (v. A10 e A11, Fig. VII.1.3).

Un sistema di pressostati impedisce di eccitare i generatori in mancanza dell'acqua di raffreddamento.

Dalla sala controllo è possibile telecomandare una piattaforma per magneti di 25 ton (v. A11, Fig. VII.1.3).

Quattro camere di ionizzazione poste dietro i quantimetri permettono di misurare l'intensità del fascio utilizzato dagli sperimentatori (v. A12, Fig. VII.1.3).