

Laboratori Nazionali di Frascati

LNF-56/19 (10. 11. 56)

G. Sanna: PARAMETRI CARATTERISTICI DEGLI ELETTROSINCROTRONI DI ENERGIA SUPERIORE AI 500 MeV.

ISTITUTO NAZIONALE DI FISICA NUCLEARE

Sezione Acceleratore

Relazione n° G 22

10 Novembre 1956

PARAMETRI CARATTERISTICI DEGLI ELETTROSINCRO-
TRONI DI ENERGIA SUPERIORE AI
500 MeV

G. Sanna

PARAMETRI CARATTERISTICI DEGLI ELETTROSINCRO-
TRONI DI ENERGIA SUPERIORE AI

500 MeV

G. Sanna

Nella presente relazione è raccolta buona parte dei dati di progetto, unitamente ad alcune informazioni di carattere tecnico, in possesso della Sezione Acceleratore e relative agli elettrosincrotroni di energia superiore ai 500 MeV, già costruiti, in realizzazione o progetto nel mondo. Fin dove possibile, si è cercato di raccogliere i dati relativi al fascio di elettroni accelerati, sperando che ciò possa servire ad un confronto, almeno approssimativo, delle possibilità di sfruttamento sperimentale delle diverse macchine. I dati raccolti sono relativi ai seguenti 7 elettrosincrotroni:

- 1°) Bonn 500 MeV
- 2°) Caltech 520 MeV (Phase I)
- 3°) Frascati 1 GeV
- 4°) Cornell 1.2 GeV
- 5°) Stoccolma 1.2 GeV
- 6°) Caltech 1.5 GeV (Phase II)
- 7°) Cambridge 6 (7.5) GeV

Questo elenco deve considerarsi un lavoro di prima approssimazione e confidiamo che tutti coloro che rileveranno le eventuali inesattezze o saranno a conoscenza di dati o informazioni atti a compensarne le lacune, vorranno quanto prima informarcene, in modo che in

...

un tempo relativamente breve si possa raggiungere una descrizione sufficientemente completa delle macchine acceleratrici di questo tipo e del range di energia suddetto.

§ I°. Elettrosincrotrone da 500 MeV del "Physicalisches Institut - Universitat" Bonn.

- Ubicazione: Bonn - Germania occidentale
- Direttore del progetto: W. Paul
- Condizione al 1/IX/56: Progetto ultimato. Iniziati gli esperimenti preliminari.
- Tipo di focalizzazione usato: intensa (o a gradiente alternato).

Dati relativi al fascio di elettroni.

- Energia finale degli elettroni accelerati: 500 MeV
- N° elettroni per impulso accelerati all'energia finale:
- Durata dell'impulso:
- Frequenza di ripetizione degli impulsi: 48,5/sec.

Dati relativi alle varie parti della macchina.

1° Magnete

- N° delle unità magnetiche (apertura 40°): 9
- N° delle sezioni diritte: 9
- Raggio di curvature dell'orbita principale in un settore: 170 cm.
- lunghezza di una unità magnetica: 118,6 cm.
- lunghezza di una sezione diritta: 50 cm.

...

- Struttura dell'elemento periodico del magnete: $0 + \frac{1}{2}F + D + \frac{1}{2}F$ (*)
- Forma della sezione radiale di un settore: a "C" con gap esterna.
- Tipo di espansioni polari usate e loro montaggio: poli a profilo iperbolico.
- Tipo di laminato usato per i ritorni e per i poli: Arc o M- SX laminato alternativamente in senso orizzontale e verticale.
- Tipo di assemblaggio dei laminati:
- Peso totale del ferro: 12.6 Ton.
- Dimensioni del gap: (altezza sull'orbita principale: 4,5 cm. larghezza: 10 cm.)
- Indice del campo magnetico: ± 17
- N° spine delle bobine di eccitazione: 98
- Costituzione della bobina: Conduttori a sezione rettangolare tipo Litz 21.7 X 11.7 mm., costituiti da 231 fili rame smaltato da 1 mm. di diametro.
- Tipo di raffreddamento: Con circolazione d'acqua attraverso condutture situate tra le bobine.
- Peso totale del rame: \approx 4.8 ton.
- Potenza dissipata nel rame e nel ferro a 48.5 p/sec e con piena eccitazione: 45 KW
- Induttanza del magnete:
- Campo magnetico di picco sull'orbita principale: 10 KGS

(*) F.D indicano settori del campo magnetico rispettivamente focalizzanti e sfocalizzanti per un determinato tipo di oscillazione degli elettroni (ad es. oscillazioni orizzontali)

- valore di picco dell'energia magnetica immagazzinata nel Gap:
- Campo magnetico sull'orbita principale all'inezione 49 Gs
- Velocità di salita del campo all'inezione:
- Durata dell'accelerazione: 8.5 msec

2°) Alimentazione del magnete

- Tipo di circuito usato per l'alimentazione: Le due bobine di eccitazione di ciascuna delle 9 unità magnetiche sono connesse in modo da avere 6 gruppi in parallelo di 3 bobine in serie. In serie al magnete è un banco di condensatori così da formare un circuito L.C risonante serie. La eccitazione è effettuata con motore trifase asincrono+generatore 48.5 c/sec, trasformatore e raddrizzatori al selenio per la componente di C.C.
- Frequenza di alimentazione: 48.5 p/sec.
- Forma del ciclo di alimentazione: C.A. sinusoidale a 48.5 p/sec con aggiunta di una componente di C.C. di ampiezza pari al 46.5% del valore del picco della corrente.
- Potenza dell'alternatore:
- Potenza del motore asincrono:
- Capacità del banco di condensatori:

3°) Ciambella ed impianto del vuoto.

- forma della sezione radiale della ciambella: ellittica
- dimensioni della ciambella : 8 X 4 cm.
- materiale : vetro
(spessore 4 mm.) o porcellana (spessore 6 mm.)
- N° pompe a diffusione: 6
(Leidold DO 101 - acciai non-magnetico)
- Portata pompe a diffusione:

- N° pompe rotative: 2
- (2 stadi - Leibold D10)
- Portata pompe rotative:
- Pressione normale nella camera a vuoto:

4°) Iniettore.

- Tipo di iniettore usato: van der Graaf in tank a pressione.
- Tipo di sorgente usata:
- Energia di iniezione: 2 MeV (cinetici)
- corrente di picco: 100 mA
- Durata dell'impulso: 2 μ sec
- N° elettroni iniettati per impulso; $\sim 10^{12}$
- Apertura angolare del fascetto:
- Ripetibilità in energia: $\pm 1\%$
- Deflettore:

5°) Impianto di accelerazione a R.F.

- Frequenza orbitale degli elettroni all'iniezione 15.3 MHz
- Frequenza di rivoluzione orbitale degli elettroni finale 19.7 MHz
- Ampiezza della modulazione di frequenza: 2%
- N° delle cavità acceleratrici: 6
- Armonica usata: 9^a
- Range di frequenza nella cavità: 173.3 - 177.3 MHz
- Tipo di cavità usate: coassiali
- Coefficiente di merito delle cavità:
- Tensione di picco delle cavità: 2.5 K V
- Tipo di accitazione delle cavità: è previsto un oscillatore principale a 3,285 Mc, modulato in frequenza per il 2% con tubi a reattanza. La frequenza media è stabilizzata per confronto con un oscillatore a quarzo. Ogni differenza di frequenza è rilevata da un

...

da uno stadio discriminatore e varia la frequenza dell'oscillatore mediante un tubo a reattanza. Una catena di stadi di amplificazione, duplicazione e triplicazione porta la frequenza al valore finale. Le cavità sono accordate alla frequenza finale. Durante il ciclo di modulazione lo stadio di amplificazione finale è fuori risonanza e le valvole forniscono una intensa corrente svattata per un breve tempo.

- Potenza dissipata degli stadi finali: 1.5 ÷ 2 KW
- Particolari costruttivi delle cavità: Le cavità sono a pressione atmosferica. Gli stadi finali sono montati sulle cavità e sono raffreddati con circolazioni forzate di aria.
- Energia fornita all'elettrone sincrotrone per giro : (all'iniezione: 2.2 KeV)
(finale: 4.8 KeV)
- Energia irradiata per rivoluzione a 500 MeV : 3.5 KeV

§ II° . - Elettrosincrotrone da 520 MeV del "California Institute of Technology"
(Caltech Synchrotron, Phase I)

- Ubicazione : Pasadena, California U.S.A.
- Direttore del progetto: Backer
- Condizione al 1/IX/56: smantellato e trasformato in un elettrosincrotrone da 1.5 GeV - (Phase II).-
- Tipo di focalizzazione usato: debole (o a gradiente costante)

...

Dati relativi al fascio di elettroni.

- Energia finale degli elettroni accelerati: 520 MeV
- N° di elettroni accelerati per impulso all'energia finale: $\sim 10^{10}$
- Durata dell'impulso: 5 sec
- Frequenza di ripetizione degli impulsi: 1/sec

Dati relativi alle varie parti della macchina.

1°) Magnete

- N° delle unità magnetiche (apertura 90°): 4
- N° sezioni diritte: 4
- Raggio di curvatura dell'orbita principale in un settore: 350 cm.
- Lunghezza di una unità magnetica: ~ 550 cm.
- Lunghezza di una sezione diritta: 156,27 cm.
- Forma della sezione radiale di un settore: ad "H" orizzontale con due gambe di ritorno verticali.-
- Tipo di espansioni polari usate e loro montaggio: Poli di forma rettangolare solidali al magnete.-
- Tipo di laminato usato per il magnete: Laminati di acciaio a caldo 1010 e 1020 SAE (spessore 1.27 cm)
- Tipo di laminato usato per le espansioni polari: Idem
- Tipo di assemblaggio dei laminati: con tiranti
- Peso totale del ferro: 135 ton
- Dimensioni del gap: 99x24.76 cm.
- Indice del campo magnetico: 0.6

- N° spire della bobina di eccitazione: 50
- Costituzione della bobina: Barre di rame
sezione quadrata 2.54 X 2.54 cm. con foro centrale dia-
metro 9.37 cm. per il raffreddamento.
- Tipo di raffreddamento: con circola-
zione d'acqua
- Peso totale del rame : 30 ton.
- Potenza dissipata nel rame e nel ferro
ad 1 impulso/sec. e con piena eccitazione 340 KW.
- Induttanza del magnete : 0.25 Henry
- Campo magnetico di picco sull'orbita prin-
cipale: 4.81 K Gs
- Valore di picco dell'energia magnetica
immagazzinata nel gap: 10^6 Joule.
- Campo magnetico sull'orbita principale al-
l'iniezione 13.7 Gs
- Velocità di salita del campo all'iniezione: ~ 0.02 Gs/ μ sec.
- Durata dell'accelerazione : ~ 0.23 sec.

2°) Alimentazione del magnete.

- Tipo di circuito usato per l'alimentazione: Un moto-
re ad induzione mette in rotazione un volano, capace di
immagazzinare un'energia di 18.6 M Joule, ed il rotore
di un alternatore sincro trifase. 6 Ignitron montati in
un banco come raddrizzatori a 2 semionde per C. A. trifa-
se, operano alternativamente come "rectifiers" e "inverters"
durante la salita e la discesa degli impulsi di corrente
nel magnete.
- Frequenza di alimentazione: 1 impulso/sec.

...

- Forma del ciclo di alimentazione: Impulsi triangolari di corrente con corrente di picco di 3000 Amp. - tempo di salita 0.23 sec. - tempo di discesa \sim 0.25 sec. Intervallo di tempo la fine di un ciclo e l'inizio del successivo \sim 0.5 sec.
- Potenza del motore ad induzione: 700 H.P.
- Potenza dell'alternatore sincrono trifase (di picco): 7500 KVA

3°) Ciambella ed impianto vuoto.

- Forma della sezione radiale della ciambella: rettangolare
- Dimensioni della ciambella: all'incirca uguali a quelle del gap.
- Materiale usato: Acciaio inossidabile (spessore 0.76 mm.)
- N° pompe a diffusione: 6
- Portata pompe a diffusione: 2000 l/sec.
- N° Pompe rotative: 2
- Portata pompe rotative: 680 m³/h
- Pressione normale della camera a vuoto: 2×10^{-6} mm. Hg.

4°) Iniettore.

- Tipo di iniettore usato: è un tubo acceleratore lungo \sim 51 cm. di struttura simile alla colonna di un van der Graaf, eccitato con un trasformatore d'impulsi.
- Tipo di sorgente usata: filamento di Lantanio ricoperto di Boruro di Lantanio.
- Energia di iniezione: 1 MeV
- Corrente di picco: 200 mA

...

- Durata dell'impulso: 0.4 μ sec.
- N° elettroni iniettati per impulso: 5 X 10¹⁰
- Apertura angolare del fascetto iniettato: $\pm 3 \times 10^3$ rad.
- Stabilità in energia: 2%
- Deflettore : elettrostatico

5°) Impianto di accelerazione a R. F.

- Frequenza di rivoluzione degli elettroni (finale) 10.16 M H_Z
- N° delle cavità acceleratrici: 1
- Armonica usata: 2^a
- Frequenza costante della cavità: 20.32 MH_Z
- Tipo di cavità usata: cilindrica
rientrante molto simile a quella usata in alcuni Klystron
- Coefficiente di merito della cavità: 2300
- Tensione di picco della cavità : (iniziale: 1 KV
(finale : 5 KV
- Particolari costruttivi della cavità : la sola sezione capacitiva della cavità è stagna e lavora sotto vuoto.
- Energia fornita per giro all'eletttrone sincrono: 200 e V
- Energia irradiata per giro a 520 MeV: 1.8 KeV
- Potenza di picco della cavità:
- Potenza media della cavità:
- Duty cycle della R.F.: ~ 50%
- Funzionamento della cavità: impulsato
a 1 p/ sec.
- Tipo di eccitazione della cavità: la cavità è pilotata da un oscillatore "grounded grid" (valvole 304 TH),

...

operante in classe C, accoppiato con un loop alla cavità e modulata in ampiezza da un'altra 304 TH in serie alla 1^a. Il segnale di modulazione è inviato mediante una linea di trasmissione, alla griglia del tubo 304 TH modulatore. La 304 TH oscillatrice è pilotata in catodo da un "buffer amplifier" 813 che a sua volta è pilotato da un oscillatore a basso livello.

§ III°- Elettrosincrotrone da 1 GeV del "Comitato Nazionale per le Ricerche Nucleari."

Ubicazione : Frascati - Roma - Italia.

- Direttore del progetto: G. Salvini.
- Condizione al 1/XI/56: in fase realizzativa.
- Tipo di focalizzazione usata: debole (a gradiente costante)

Dati relativi al fascio di elettroni.

- Energia finale degli elettroni accelerati: 1.2 GeV
- N° di elettroni per impulso accelerato all'energia finale: 10^{10} (previsto)
- Durata dell'impulso: 1 nsec: (previsto)
- Frequenza di ripetizione degli impulsi: 20/sec.

Dati relativi alle varie parti delle macchine.

1°) Magnete

- N° delle unità magnetiche (apertura 90°): 4

...

- N° sezioni diritte: 4
- Raggio di curvatura dell'orbita principale in un settore: 360 cm.
- Lunghezza di un settore magnetico: 565 cm.
- Lunghezza di una sezione diritta: 120.6 cm.
- Forma della sezione radiale di un settore: a "C" con gap esterna -
- Tipo di espansioni polari usate e loro montaggio : Poli trapezoidali riportati al "C" con supporti di steatite.
- Tipo di laminato usato per i ritorni e per i poli: lamierino di acciaio al silicio A R M C O DI- MAX 19 (spessore 0.35mm.)
- Tipo di assemblaggio dei laminati: Pacchi di lamierini isolati ed incollati con Araldit a caldo assemblati meccanicamente.
- Peso totale del ferro: $\sim 9.3 \times 10^4$ Kg.
- Dimensioni del gap: 22.7 X 8.6 cm.
- Indice del campo magnetico: 0.61
- N° spire della bobina di eccitazione: 12
- Costituzione della bobina:
- Tipo di raffreddamento: con circolazione d'acqua.
- Peso complessivo del rame: $(0.8 + 1) \times 10^4$ Kg.
- Potenza dissipata nel rame e nel ferro a 20 p/s. e con piena eccitazione: ~ 155 KW
- Induttanza del magnete: 18.5 m Henry
- Campo magnetico di picco sull'orbita principale: 9.26 K Gs

...

- Valore di picco dell'energia magnetica immagazzinata nel gap: 2.65×10^5 Joule
- Campo magnetico sull'orbita principale all'iniezione : 22.7 Gs
- Velocità di salita del campo all'iniezione: $(0.5 + 2.5) \times 10^5$ Gs/ sec.
(dipendente dal bias scelto)
- Durata dell'accelerazione: ~ 25 msec.

2°) Alimentazione del magnete.

- Tipo di circuito usato: La bobina di eccitazione del magnete è connessa in parallelo ad un banco di condensatori, così da costituire un circuito L.C parallelo risonante a 20 p/sec. Tale circuito è eccitato da un alternatore sincrono a 20 p/sec., mentre una dinamo protetta con choke-coil, invia nel magnete una componente di C.C.
- Frequenza di alimentazione: 20 p/sec.
- Forma del ciclo di alimentazione: C.A. sinusoidale con componente di C.A. (Bias). Il rapporto tra il valore di picco della C.A. e l'intensità della corrente di bias é, entro certi limiti, regolabile e permette la ricerca delle condizioni ottime di iniezione.
- Potenza dell'alternatore: 510 KVA
- Potenza del generatore C.C.: 315 KW
- Capacità del banco di condensatori; 3420 Farad
- Valore dell'induttanza di protezione: 5.6×10^2 Henry

...

3°) Ciambella ed impianto di vuoto.

- Forma della sezione radiale della ciambella: rettangolare raccordata con archi di cerchio.
- Dimensioni della ciambella: 23 X 7.8 cm.
- Materiale usato: Araldit caricata con quarzo.
- N° pompe a diffusione: 4
- Portata pompe a diffusione: 3000 l/sec.
- N° pompe rotative: 4
- Portata pompe rotative: 60 m³/h (ciascuna)
- Pressione normale della camera a vuoto: $10^5 + 10^6$ mm. Hg.

4°) Iniettore.

- Tipo di iniettore usato: Cockroft e Walton in gas compresso (Tonk in acciaio inossidabile.)
- Tipo di sorgente usata: Disco di Boruro di Lantanio riscaldato da una spirale di Tungsteno.
- Energia di iniezione: 2.5 MeV (totali).
- Corrente di picco: 200 mA
- Durata dell'impulso: $1 + 10$ μ sec
- N° elettroni iniettato per impulso: 10^{12}
- Apertura angolare del fascetto: $\pm 3 \times 10^3$ rad
- Stabilità in energia: 2%
- Deflettore: elettrostatico

5°) Impianto di accelerazione a R. F.

- Frequenza rivoluzione orbitale degli elettroni all'iniezione: 10.69 MHz_Z

...

- Frequenza orbitale finale degli elettroni: 10.924 MHz_Z
- Ampiezza della modulazione di frequenza: 2.5 %
- N° delle cavità acceleratrici: 2(1 F.M.+1 H.V.)
- Armonica usata: 4^a
- Range di frequenza della prima cavità: 42.6 + 43.7 MHz_Z
- Frequenza costante della cavità H.V.: 43.7 MHz_Z
- Tipo di cavità F.M. : rientrante
(coassiale -)
- Coefficiente di merito della cavità F.M.: ~6.000
- Tensione di picco della cavità F.M. : 7 KV
- Tipo di eccitazione della cavità F.M.: ad amplificatore. La modulazione di frequenza è ottenuta mediante un tubo a reattanza che agisce sull'oscillatore pilota. Lo stadio finale è un amplificatore "grounded grid" (valvola SIEMENS RS 1001). La modulazione di ampiezza è effettuata nello stadio prefinale.
- Energia di elettroni al passaggio dalla 1^a alla 2^a cavità: ~7 MeV
- Tipo di cavità H. V.: radiale (forse)
- Coeff di merito della cavità H.V.:
- Tensione di picco della cavità H.V.: 50 KV
- Tipo di eccitazione della cavità H.V.: Sarà effettuata con una catena di stadi amplificatori e moltiplicatori con modulazione di ampiezza prevista sullo stadio finale.
- Funzionamento delle 2 cavità: impulsato a 20 p/sec.
- Potenza max. dell'impianto R.F. 60 KW

...

- Particolari costruttivi delle 2 cavit : La cavit  F.M.   a pressione atmosferica ed   raffreddata ad aria in ciclo aperto; la cavit  H.V. sar  sotto vuoto e raffreddata ad acqua in ciclo chiuso.
- Energia irradiata per rivoluzione ad
1 GeV: 25 KeV

§ IV^o. Electrosincrotrone da 1.2 GeV della "Cornell University"

- Ubicazione: Itaca, New -Jersey - U.S.A.-
- Direttore del progetto: R. Wilson.
- Condizione al 1/XI/56: La macchina a funzionato a ~ 800 MeV con intensit  di 10^8 elettroni/impulso. Attualmente si stanno cambiando i poli con nuovi poli di profilo tale da avere $n = + 18$, $n = - 14$.
- Tipo di focalizzazione usata: intensa (o a gradiente alternato)

Dati relativi al fascio di elettroni.

- Energia finale degli elettroni accelerati: 1.2 GeV
- N^o di elettroni per impulso accelerati all'energia finale:
- Durata dell'impulso:
- Frequenza di ripetizione degli impulsi: 30/sec.

Dati relativi alle varie parti della macchina.

1^o) Magnete.

- N^o delle unit  magnetiche (apertura 90^o) 4
- N^o sezioni diritte: 4

...

- Raggio di curvatura dell'orbita principale
in un settore: 381 cm.
- Lunghezza di un settore magnetico: ~600 cm.
- Lunghezza di una sezione diritta: 122 cm.
- Struttura dell'elemento periodico
del magnete: OGDFDGDGDFDG (W)
- (G indica un settore con campo magnetico di guida con
gradiente nullo).
- Forma della sezione radiale di un settore: a "C" con
gap esterna.
- Tipo di espansioni polari usate e loro
montaggio: Poli a profi-
lo iperbolico (approssimato con due seguenti rettilinei)
riportati al "C" con supporti.
- Tipo di laminato usato per i ritorni: lamierino di
acciaio al silicio Trancor 52 laminato a caldo.
- Tipo di laminato usato per i Poli: lamierino ARMCO-
Trancor 3-X a cristalli orientati.

(X)

F.D. indicano settori del campo magnetico rispetti-
vamente focalizzanti e sfocalizzanti per un deter-
minato tipo di oscillazione degli elettroni
(ad es. oscillazioni orizzontali)

...

- Tipo di assemblaggio dei laminati: pacchi in parte incollati ed in parte scioltirassemblati meccanicamente
- Peso totale del ferro: ~ 20 ton.
- Dimensioni del gap (altezza sull'orbita principale: 4.26 cm. (larghezza: 8.77 cm.
- Indice del campo magnetico: ± 21
- N° spine delle bobine di eccitazione: 12
- Costituzione della bobina: Barre rame 1.27 X 5.08 cm., con foro centrale di diametro 0.635 cm. per il raffreddamento.
- Tipo di raffreddamento: in circolazione d'acqua.
- Peso totale del rame: 5 ton.
- Potenza dissipata nel rame e nel ferro a 30 p/s. e con piena eccitazione (con bias totale) : 120 KW
- Induttanza del magnete: ~ 15 + 16 m Henry.
- Campo magnetico di picco sull'orbita principale: 8.8 KGs (a 1 GeV)
- Valore di picco dell'energia magnetica immagazzinata nel Gap: 10^5 Joule
- Campo magnetico sull'orbita principale all'iniezione: 21 Gs
- Velocità di salita del campo all'iniezione: ~ 0.1 + 0.3 Gs/ μ sec
- Durata dell'accelerazione: 15 + 17 μ sec.

...

2°) Alimentazione del magnete.

- Tipo di circuito usato per l'alimentazione: Le bobine dei 4 quadranti, connesse serie, sono in parallelo ad un banco di condensatori, così da formare un circuito L,C parallelo risonante a 30 p/sec. Tale circuito è eccitato da un alternatore sincrono a 30 p/sec. Una dinamo protetta da un "choke coil" fornisce una componente di corrente continua entro il magnete.
- Frequenza di alimentazione: 30 p/sec.
- Forma del ciclo di alimentazione: C.A. sinusoidale con componente C.C. (Bias). Il rapporto tra il valore di picco della C.A. e l'intensità della corrente di bias è, entro certi limiti, regolabile e permette la ricerca delle condizioni ottime di iniezione.
- Potenza dell'alternatore: 240 KW
- Potenza del generatore C.C.:
- Capacità del banco di condensatori: 2200 μ F
- Valore dell'induttanza di protezione della dinamo: \sim 40 m Henry

Nota: Come Chokè - coil è usato il magnete del sincrotrone da 300 MeV ora smantellato.

3°) Ciambella ed impianto di vuoto.

- Forma della sezione radiale della ciambella: ellittica
- Dimensione della ciambella: 7.3 X 2.7 cm.
- Materiale usato: Pyrex metalizzato con "E. C. Coating".
- N° Pompe a diffusione: 4
- Portata delle pompe a diffusione: 500 l/sec.

- N° Pompe rotative:
- Portata delle pompe rotative:
- Pressione normale della camera a vuoto: 5×10^6 mm. Hg.

4°) Iniettore.

- Tipo di iniettore usato: Van der Groaf
- Tipo di sorgente usata:
- Energia di iniezione : 2 MeV
- Corrente di picco:
- Durata dell'impulso:
- N° Elettroni iniettati per impulso: $\sim 10^9 + 10^{10}$
- Apertura angolare del fascetto:
- Spread in energia:
- Deflettore: Elettrostatico

5°) Impianto di accelerazione a R.F.

- Frequenza rivoluzione orbitale degli elettroni all'iniezione: 10.68 MH_z
- Frequenza orbitale finale degli elettroni: 10.9 MH_z
- Ampiezza della modulazione di frequenza: 2%
- N° delle cavità acceleratrici: 2(1 F.M.+ 1H.V.)
- Armonica usata: 8^a
- Range di frequenza della prima cavità: $85.4+87.2 \text{ MH}_z$
- Frequenza costante della cavità H.V.: 87.2 MH_z
- Tipo di cavità F. M.: Coassiale
- Coefficiente di merito della cavità F.M.:
- Tensione di picco della cavità F.M.: 3500 V.
- Tipo di eccitazione della cavità F.M.: con amplificatore R.F. "grounded grid" - La modulazione di frequenza è effettuata direttamente sulla valvola dello stadio finale.

...

- Energia degli elettroni al passaggio dalla 1^a alla 2^a cavità: 8 MeV
- Tipo di cavità H.V.: coassiale
- Coefficiente di merito della cavità H.V.:
- Tensione di picco della cavità H.V.:
- Tipo di eccitazione della cavità H.V.: con amplificatore R.F. "grounded grid"
- Funzionamento delle 2 cavità: impulsato a 30 p/sec.
- Potenza di picco dell'oscillatore della cavità H.V.: 50 KW
- Particolari costruttivi delle 2 cavità: La cavità F.M. è a pressione atmosferica; la cavità H.V. ha il solo gap sotto vuoto circondato da un tubo di quarzo fuso; ed è raffreddata ad acqua.
- Energia irradiata per rivoluzione ad 1 GeV: 24 KeV

§ V° - Elettrosincrotrone da 1.2 GeV della "Commissione Svedese per l'Energia Atomica".

- Ubicazione : Department of Electronics - Royal Institute of Technology - Stoccolma - Svezia.
- Direttore del progetto: O. Vernholm.
- Condizioni al 1/IX/56: in progetto e realizzazione.
- Tipo di focalizzazione usata: intensa (o a gradiente alternato)

Dati relativi al fascio di elettroni.

- Energia finale degli elettroni accelerati: 1.2 GeV.

...

- N° Elettroni per impulso accelerati all'energia finale: 10" (previsto)
- Durata dell'impulso:
- Frequenza di ripetizione degli impulsi: 25 / sec.

Dati relativi alle varie parti della macchina.

1°) Magnete.

- N° delle unità magnetiche: 16
- N° delle sezioni diritte: 16
- Raggio di curvatura dell'orbita principale in un settore: 365 cm.
- Lunghezza di un settore magnetico: 143 cm.
- Lunghezza di una sezione diritta: 65 cm.
- Struttura dell'elemento periodico del magnete: FOFDOD (★)
- (una unità magnetica risulta costituita per metà da un settore F e per l'altra da un settore D.)
- Forma della sezione radiale di un settore: a "C" con gap esterna.
- Tipo di laminato usato per il "C" e per i poli: lamierino al silicio per trasformatori (spessore 0.35 mm.)
- Tipo di assemblaggio dei laminati:

(★) F, D. indicano settori del campo magnetico rispettivamente focalizzanti e sfocalizzanti per un determinato tipo di oscillazioni degli elettroni (ad Es: oscillazioni orizzontali).

- Peso totale del ferro: 28 ton.
- Dimensioni del gap: (altezza sull'orbita principale: 4.6 cm.
(larghezza: 13.5 cm.)
- Indice del Campo Magnetico: ± 10.6
- N° spire della bobina di eccitazione: 20
- Costituzione della bobina: barre rame
(sezione 7.2 cm^2)
- Tipo di raffreddamento:
- Peso del rame : 7 ton.
- Potenza dissipata nel rame e nel ferro a 25 p/sec. e con piena eccitazione:
- Induttanza del magnete: 40.5 m Henry
- Campo magnetico di picco sull'orbita principale: 11 K Gs
- Valore di picco dell'energia magnetica immagazzinata nel gap. :
- Campo magnetico sull'orbita principale all'iniezione: 5 Gs
- Velocità di salita del campo all'iniezione: $\sim 0.03 \text{ Gs}/\mu\text{sec}$
- Durata dell'accelerazione: $\sim 1/50 \text{ sec.}$

2°) Alimentazione del magnete.

- Tipo di circuito usato per l'alimentazione: le bobine dei 16 magneti sono connesse in parallelo ad un banco di condensatori, così da formare un circuito L,C parallelo risonante a 25 p/sec. Tale circuito è eccitato con un alternatore di tale frequenza. Una dinamo protetta da "choke-coil" fornisce una componente di corrente continua entro il magnete:

- Frequenza di alimentazione: 25 p/sec.
- Forma del ciclo di alimentazione: C.A. sinusoidale con componente C.C. (bias). La componente di corrente continua è \sim il 48% del valore di picco della corrente del magnete.
- Potenza dell'alternatore:
- Potenza del generatore C.C.:
- Capacità del banco di condensatori: 1000 μ F
- Valore dell'induttore di protezione della dinamo:

Nota: il "choke -coil" è avvolto su ferro,

3°) Ciambella ed impianto di vuoto:

- Forma della sezione radiale della ciambella:
- Dimensione della ciambella:
- Materiale usato:
- N° pompe a diffusione:
- N° pompe rotative:
- portata pompe rotative:
- Pressione normale della camera a vuoto:
- Portata pompe a diffusione:

4°) Iniettore.

- Tipo di iniettore usato; Microtrone
- Tipo di sorgente usata:
- Energia di iniezione: 5.8 MeV
- Corrente di picco dal microtrone:
- Durata dell'impulso: 1 μ sec.
- N° elettroni iniettati per impulso:
- Apertura angolare del fascetto:
- Spread in energia: \pm 0.5%

5°) Impianto di accelerazione a R. F.

- ✓ Frequenza di rivoluzione orbitale degli elettroni (finale) 9.0 MHz
- N° delle cavità acceleratrici:
- Armonica usata:
- Frequenza costante delle cavità:
- Tipo di cavità usata:
- Coefficiente di merito della cavità:
- Tensione di picco della cavità:
- Particolari costruttivi della cavità:
- Energia fornita per giro all'elettrone sincro (all'iniezione): 2.54 KeV
- Energia max fornita per giro all'elettrone sincro: 7.4 KeV
- Energia irradiata per giro a 1200 MeV: 50 KeV
- Potenza di picco della cavità:
- Potenza media della cavità:
- Duty cycle della R.F.: ~ 50%
- Funzionamento della cavità: impulsato a 25 p/sec.
- Tipo di eccitazione della cavità:

§ VI°---Elettrosincrotrone da 1.5 GeV del "California Institute of Technology" (Caltech Synchrotrone, Phase II).

- Ubicazione: Pasadena, California U.S.A.
- Direttore del progetto: Bacher
- Condizione al 1/IX/56: funzionante ad energia superiore ad 1.2 GeV con una intensità di $\sim 10^9$ elettroni/impulso.

...

- Tipo di focalizzazione usato: debole (o a gradiente costante).

Dati relativi al fascio di elettroni.

- Energia finale degli elettroni accelerati: 1.5 GeV
- N° di elettroni per impulso accelerati all'energia finale:
- Durata dell'impulso:
- F equenza di ripetizione degli impulsi: 1/sec.

Dati relativi alle varie parti della macchina.

1°) Magnete.

- N° delle unità magnetiche (apertura 90°): 4
- N° Sezioni diritte: 4
- Raggio di curvatura dell'orbita principale in un settore: 376 cm.
- Lunghezza di un settore magnetico: 592 cm.
- Lunghezza di una sezione diritta: 155.57 cm.
- Forma della sezione radiale di un settore: ad "H" orizzontale con due gambe di ritorno verticali.
- Tipo di espansioni polari usate e loro montaggio: Polo di forma rettangolare costituito di due parti distinte: una a forma di segmento circolare interna alla camera a vuoto, la restante, ad essa esterna, è solidale all'H. Le due parti dei poli interne alla ciambella sono distanziate con supporti.
- Tipo di laminato usato per i ritorni: acciaio laminato a caldo 1010 e 1020 SAE (spessore 1.27 cm.)

- Tipo di laminato usato per i poli: Ferro dolce (spessore 1.78 mm.)
- Tipo di assemblaggio dei laminati: 72 sezioni distinte di laminati (18 per quadrante) assemblate con tiranti.
- Peso totale del ferro: ~ 130 ton.
- Dimensioni del Gap: 27 X 7.65 cm.
- Indice del campo magnetico: 0.6
- N° di spine della bobina di eccitazione: 50
- Costituzione della bobina: Barre rame quadrate con foro circolare centrale per il raffreddamento.
- Tipo di raffreddamento: con circolazione d'acqua.
- Peso totale del rame:
- Potenza dissipata nel rame e nel ferro ad 1 impulso/ sec. e con piena eccitazione:
- Induttanza del magnete:
- Campo magnetico di picco sull'orbita principale: 13.4 KGs
- Valore di picco dell'energia magnetica immagazzinata nel Gap: 10^6 Joule
- Campo magnetico sull'orbita principale all'iniezione: 13 Gs
- Vel. cità di salita del campo all'iniezione: 0.064 Gs.
- Durata dell'accelerazione: ~ 0.25 sec.

2°) Alimentazione del magnete.

- Tipo di circuito usato per l'alimentazione: è lo stesso circuito usato per il 520 MeV (Phase I), inoltre uno speciale circuito invia tra due impulsi successivi una corrente di verso opportuno così da invertire

...

il campo magnetico (Back-Bias). Ciò permette di eliminare il campo residuo che risulterebbe maggiore del campo di iniezione.

- Frequenza di alimentazione: 1 impulso/sec.
- Forma del ciclo di alimentazione: impulsi triangolari con tempo di salita di ~ 0.25 sec. Tempo di discesa ~ 0.25 sec. Tra la fine di un ciclo e l'inizio del successivo il campo s'inverte e raggiunge i - 250 Gs (Back Bias) - Durata del Back-Bias ~ 13 msec.

3°) Ciambella ed impianto di vuoto.

- Forma della sezione radiale della ciambella: circolare
- Diametro della ciambella: 30.48 cm.
- Materiale usato: acciaio inossidabile.
- N° pompe di diffusione: 6
- Portata pompe a diffusione: 2000 l/sec.
- N° pompe rotative: 2
- Portata pompe rotative: $680 \text{ m}^3/\text{h}$
- Pressione normale nella camera a vuoto: 10^6 mm. Hg.

Nota : L'impianto di vuoto è quello stesso che fu installato sul 520 MeV. Alle sezioni diritte vi sono 4 cassoni parallelepipedi sotto vuoto connessi alla ciambella (tangent tanks) contenenti le 2 cavità, il deflettore, ecc..

4°) Iniettore.

- Tipo di iniettore usato: E' lo stesso tubo acceleratore eccitato con trasformatore d'impulsi che era usato sul 520 MeV. Modifiche sono state apportate alla sorgente di elettroni.
- Tipo di sorgente usata:

- Energia di iniezione: 1 MeV
- Corrente di picco: 200 mA
- Durata dell'impulso: 1.2 μ sec.
- N° elettroni iniettati per impulso: 2×10^{12}
- Apertura angolare fascetto iniettato: $\sim 2 \times 10^{-3}$ rad
- Spread in energia: qualche %
- Deflettore: elettrostatico

5°) Impianto di accelerazione a R.F.

- Frequenza rivoluzione orbitale degli elettroni all'iniezione: 10.06 MHz_Z
- Frequenza orbitale finale degli elettroni: 10.7 MHz_Z
- Ampiezza della modulazione di frequenza: $\sim 6\%$
- N° delle cavità acceleratrici: 2(1 F.M.+1 H.V)
- Armonica usata: 4^a
- Range di frequenza della prima cavità: 40.24- 42.8 MHz_Z
- Frequenza costante della cavità H.V. 42.8 MHz_Z
- Tipo di cavità F.M. : Guida d'onda quadrata caricata con condensatore.
- Coefficiente di merito della cavità F.M.:
- Tensione di picco della cavità F.M.:
- Tipo di eccitazione della cavità F.M.: con amplificatore ad ampia banda lineare, 4 stadi e tubo di reattanza. La placca del tubo finale (4-250 Eimac) è connessa al gap attraverso un condensatore. La modulazione di frequenza è ottenuta con speciali condensatori polarizzabili al titanato.
- Energia degli elettroni al passaggio dalla 1^a alla 2^a cavità:
- Tipo di cavità H.V.: guida d'onda quadrata.

- Coefficiente di merito della cavità H.V.:
- Tensione di picco della cavità H.V.: 250* 300 KV
- Tipo di eccitazione della cavità H.V.: ad amplificatore
- Funzionamento delle 2 cavità: impulsato ad
1 p/sec.
- Potenza complessiva dell'impianto
- particolari costruttivi delle cavità: entrambe le ca-
vità sono sotto vuoto.
- Energia irradiata per rivoluzione a 1.5 GeV:

VII° - Elettrosincrotrone da 6 GeV del "Massachusetts" Institute of Technology" e della "Harvard University"

- Ubicazione: Cambridge, Massachussets U.S.A.
- Direttore del progetto: S. Livingstone.
- Condizione al 1/IX/56 : in progettazione.
- Tipo di focalizzazione usata: intensa (o a gradiente alternato).

Dati relativi al fascio di elettroni.

- Energia finale degli elettroni accelerati: 6 (7.5) GeV
- N° di elettroni accelerati per impulso
all'energia finale: 10¹⁰/impulso
- Durata dell'impulso:
- Frequenza di ripetizione degli impulsi: 30/sec.

Dati relativi alle varie parti della macchina.

1°) Magnete.

- N° delle unità magnetiche: 48
- N° sezioni diritte: 48

- Raggio di curvatura dell'orbita principale in un settore: 26.21 m
- Lunghezza di un settore magnetico: 3.35 m
- Lunghezza di una sezione diritta: 1.22 m
- Struttura dell'elemento periodico del magnete: FOFDOD (*)
(dove la sezione diritta è al centro dei settori FD o DF)
- Forma della sezione radiale di un settore: a "C" con gap esterno.
- Tipo di espansioni polari usate e loro montaggio: poli a profilo iperbolico solidali al C. Il tutto è ricavato per stampaggio.
- Tipo di laminato usato per i ritorni e per i poli: laminati di acciaio al silicio per trasformatori - spessore 0.635 mm.
- Tipo di assemblaggio dei laminati: sezioni distinte di laminati isolati ed incollati dello spessore di 10.2 cm. assemblate meccanicamente.
- Peso totale del ferro: 230 ton.
- Dimensioni del gap: (altezza sull'orbita principale: 5.08 cm.
larghezza: 17.8 cm.
- Indice del campo magnetico: 100 (o 116)
- N° spire della bobina di eccitazione:
- Costituzione della bobina:
- Tipo di raffreddamento: in circolazione d'acqua.
- Peso totale del rame: 48 ton.
- Potenza dissipata nel rame e nel ferro a 30 p/s e con piena eccitazione:

(*) F, D. indicano settori del campo magnetico rispettivamente focalizzanti o sfocalizzanti per un determinato tipo di oscillazioni degli elettroni (ad. es. oscillazioni orizzontali)

- Induttanza del magnete:
- Campo magnetico di picco sull'orbita principale: 7.6 (9.5) K Gs
- Valore di picco dell'energia magnetica immagazzinata nel gap (48 settori): $\sim 8 \times 10^5$ Joule
- Campo magnetico sull'orbita principale all'iniezione: ~ 25 Gs
- Velocità di salita del campo all'iniezione:
- Durata dell'accelerazione: 15 msec

2°) Alimentazione del magnete.

- Gli avvolgimenti di eccitazione dei 48 settori magnetici sono alternativamente connessi in serie a circuiti L,C parallelo risonanti a 30 p/sec, le cui induttanze sono avvolte su nuclei di ferro con gap in aria. Un unico alternatore eccita i circuiti risonanti accoppiati ad esso per mutua induzione attraverso gli "air-gap choks". In generatore di C.C. opportunamente inserito in uno dei circuiti risonanti, risulta protetto dalla C.A. e può inviare un componente di C.C. negli avvolgimenti dei settori magnetici.
- Frequenza di alimentazione: 30 p/sec.
- Forma del ciclo di alimentazione: C.A. sinusoidale con componente di C.C. di intensità pari al valore di picco della C.A. si da ottenere impulsi unidirezionali di corrente.
- Potenza complessiva di eccitazione del magnete (comprese le perdite nel rame e nel ferro): 450 (650) KW.

...

- Capacità dei condensatori:
- Valore dell'induttanza di protezione della dinamo:

3°) Ciambella ed impianto di vuoto.

- Forma della sezione radiale della ciambella:
- Dimensioni della ciambella: 12.7 x 3.8 cm.
- Materiale usato:
- N° pompe a diffusione:
- Portata pompe a diffusione:
- N° pompe rotative:
- Pressione normale della camera a vuoto:
- Portata pompe rotative:

4°) Iniettore.

- Tipo di iniettore usato: acceleratore lineare operante ad una frequenza multipla intera della frequenza della R.F. del sincrotrone. L'iniezione è con modulazione di fase.
- Tipo di sorgente usata:
- Energia di iniezione: 20 MeV
- Corrente di picco:
- Durata dell'impulso:
- Apertura angolare del fascio iniettato: $\pm 10^3$ rad
- Spread in energia: ± 0.5 MeV
- Deflettore: elettrostatico

5°) Impianto di accelerazione a R.F.

- Frequenza orbitale (costante) degli elettroni: 1.33 MHz
- N° delle cavità acceleratrici: 16

...

- Armonica usata: $\sim 350^{\text{a}}$
- Frequenza costante della cavità: $\sim 500 \text{ MHz}$
- Tipo di cavità usata: sistema risonante a "drift-tubes" con 2 (o3) gaps acceleratrici tra i drift-tubes rassomigliante ad una certa sezione di un acceleratore lineare lungo 7.6 m. e del diametro di 45.7 cm.
- Coefficiente di merito di una cavità: 30.000
- Tensione di picco di una cavità: 1 M volt
- Particolari costruttivi delle cavità: sotto vuoto con raffreddamento ad acqua.
- Energia fornita per giro all'elettrone sincrono: 0.4 MeV
- Energia irradiata per giro a 6 (7.5) GeV: 4.4 (10.7) MeV
- Potenza di picco per cavità: 25 (75) KVA
- Potenza media per cavità: 5 (12) KVA
- Duty cycle della R.F.: $\sim 50\%$
- Funzionamento delle cavità: impulsato a 30 p/sec.
- Tipo di eccitazione delle cavità: con amplificatore a Klystron.

E R R A T A

A pag.	3	riga	1 ^a		leggere:	$O + \frac{1}{2}F + O + \frac{1}{2}F$
"	3	"	8 ^a		"	: Armco
"	3	"	14 ^a	invece di: spine	"	: spire
"	4	"	29 ^a		"	: pompe a dif- fusione
"	4	"	30 ^a		"	: Leibold
"	4	"	30 ^a		"	: acciaio
"	5	"	8 ^a		"	: sorgente
"	5	"	20 ^a		"	: ~ 2 %
"	7	"	5 ^a		"	: ~ 5 msec
"	18	"	7 ^a	invece di: spine	"	: spire
"	18	"	26 ^a	" " : 15*17 sec	"	: 15*17 msec
"	20	"	5 ^a	" " : Groaf	"	: Graaf
"	21	"	10 ^a		"	: oscillatore
"	21	"	12 ^a	invece di: costruttrici	"	: costruttivi
"	23	"	17 ^a		"	: 52 Gs
"	25	"	17 ^a		"	: cycle
"	27	"	8 ^a	invece di: spine	"	: spire
"	27	"	22 ^a		"	: 13 Gs
"	27	"	25 ^a	invece di: Alimentazione	"	: Alimentazione
"	28	"	18 ^a	" " : portata	"	: portata