

LNF-63/64  
29. 9. 1963.

D. Fabiani: CRITERI DI PROGETTO DEGLI AMPLIFICATORI  
PER GLI IMPIANTI A RADIOFREQUENZA DELLE MACCHINE  
ACCELERATRICI ORBITALI IN RAPPORTO AI RECENTI PRO  
GRESSI DELLA RADIOTECNICA. -

Nota interna: n. 214

LNF-63/64

Nota interna: n. 214  
29 Settembre 1963

D. Fabiani: CRITERI DI PROGETTO DEGLI AMPLIFICATORI PER GLI IMPIANTI A RADIOFREQUENZA DELLE MACCHINE ACCELERATRICI ORBITALI IN RAPPORTO AI RECENTI PROGRESSI DELLA RADIOTECNICA.

Nelle macchine orbitali per l'accelerazione di elettroni l'impianto a radio frequenza è una delle parti più importanti e richiede un notevole studio analitico.

In questi ultimi dieci anni il progresso della radiotecnica è così avanzato da permettere ai progettisti di macchine acceleratrici la richiesta, per gli impianti a radio frequenza, di prestazioni di qualunque tipo.

Oggi è proprio la larghezza di mezzi di cui dispone l'esperto in impianti radio che lo pone in imbarazzo per la scelta dei criteri di progetto; infatti prestazioni praticamente simili possono essere ottenute da impianti tra loro molto differenti.

Viene quindi da domandarsi se esistano dei criteri generali da seguire nel progetto degli impianti stessi.

Per una macchina acceleratrice di tipo orbitale (sincrotrone, anello di accumulazione ecc.), l'ottimizzazione del funzionamento alle varie energie è legato principalmente al posizionamento (raggio medio) dell'orbita stabile degli elettroni entro la ciambella. Inoltre il raggio medio dell'orbita stabile è collegato alla frequenza della tensione acceleratrice dalla relazione generale:

$$\Delta f / f_0 = \Delta r / r$$

Conseguentemente la banda di frequenza entro la quale un certo impianto deve poter funzionare a regime è:

$$\Delta f = f_0 \cdot \Delta r / r$$

Frequenze di lavoro al di fuori della banda di frequenze considerata non hanno significato poichè conducono ad orbite non contenute nella ciambella.

Sappiamo anche che nella progettazione delle macchine il costo totale dipende essenzialmente dal costo del magnete e la storia delle macchine acceleratrici fin qui costruite dimostra come tutti i progettisti abbiano prima dimensionato il magnete e quindi, a questo, subordinato il progetto delle altre parti della macchina.

Una volta però fissati i parametri del magnete, risultano fissate le dimensioni radiali della ciambella e quindi anche l'intervallo di variazione ( $\Delta f$ ) della frequenza di lavoro. Dimensionando così la banda passante dell'impianto, non si considerano le eventuali richieste di modulazione di frequenza, per due ragioni:

1°) La tendenza moderna di iniettare ad alta energia

2°) Tale modulazione, quando richiesta, difficilmente supera il 5%. Questa variazione di frequenza deve essere considerata piccola rispetto alle possibilità dell'impianto, mentre può presentare notevoli problemi nel dimensionamento del risuonatore.

Può darsi però, che per ragioni legate a possibili necessità di modulazione di ampiezza della tensione a radio frequenza, la banda passante debba essere maggiore di quella sopra indicata; da questo deriva pertanto che il valore della banda passante più conveniente per l'impianto a radio frequenza deve essere uguale, al minimo, al valore  $\Delta f$  sopra citato.

L'assegnare la banda passante non basta però a definire un impianto radio e tanto meno uno relativo ad una macchina acceleratrice, occorre quindi indicare quale via debba essere seguita per realizzare la banda passante richiesta nella maniera più funzionale ed economica.

Tra i vari criteri che si possono seguire nel progetto, quello che ci sembra il migliore è il seguente:

La risposta in ampiezza di un impianto, (funzionante su un carico puramente resistivo) entro la banda passante assegnata, deve essere piatta entro  $\pm 2\%$ .

Attualmente, essendo reperibili sul mercato dei tetrodi di potenza (1), (2) che funzionano senza assorbire apprezzabili correnti di griglia, si può realizzare tra uno stadio ed il successivo accoppiamenti di struttura tale da garantire la banda passante richiesta; questo è possibile in quanto le valvole lavorano tra carichi costanti al variare sia dell'eccitazione che della frequenza. Tali accoppiamenti devono essere di tipo quadripolare e sono realizzati con cellule passabanda, in genere asimmetriche, del tipo a K-costante, se gli stadi in serie sono pochi, ad M-derivato, se gli stadi in serie sono molti. (2), (3), (5).

Infatti, quando si segua il criterio sopra detto nel progetto degli accoppiamenti tra i vari stadi, può accadere che, a valori anche piccoli della banda totale richiesta, corrispondano valori notevoli per la banda passante relativa ad ogni stadio; questo ovviamente si riflette molto sfavorevolmente sul costo totale dell'impianto.

Usando invece questi accorgimenti, la banda passante di ogni stadio risulta molto vicina a quella totale dell'impianto. (4)

Riassumendo, i vantaggi ottenuti con il sistema ora descritto, sono molti:

a) Una volta che l'impianto sia allineato sulla frequenza di centro banda ( $f_0$ ), per variare la frequenza di funzionamento occorre solo cambiare la frequenza di oscillazione del pilota, riaccordare i risuonatori eccitati dagli impianti stessi sulla nuova frequenza e, se gli impianti sono più di uno, regolare la fase relativa tra i risuonatori.

b) Tutte le volte che occorre cambiare l'insieme dei parametri della macchina non è necessario ritoccare l'impianto a radio frequenza.

c) Il sistema di accoppiamento qui proposto conduce automa

ticamente ad un leggero sovradimensionamento degli impianti, il che si traduce in una notevole sicurezza e ripetibilità di funzionamento.

d) Tutti gli stadi vengono ad avere la stessa banda passante e quindi, a meno della potenza erogata, sono strutturalmente simili. Ciò consente notevoli facilitazioni nel progetto e nella messa a punto di tutto l'impianto.

e) Il fatto di usare tubi che assorbono una corrente di griglia trascurabile (funzionanti in classe  $A_1$ ,  $B_1$ ), consente di effettuare la modulazione di ampiezza in maniera praticamente lineare a qualunque livello.

f) Qualora si debba aumentare la potenza di un impianto si può aggiungere un ulteriore stadio senza ridurre la banda passante dell'insieme, che risulterà così quasi indipendente dal numero degli stadi.

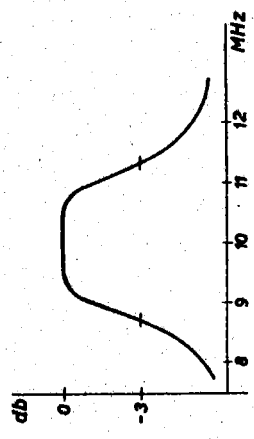
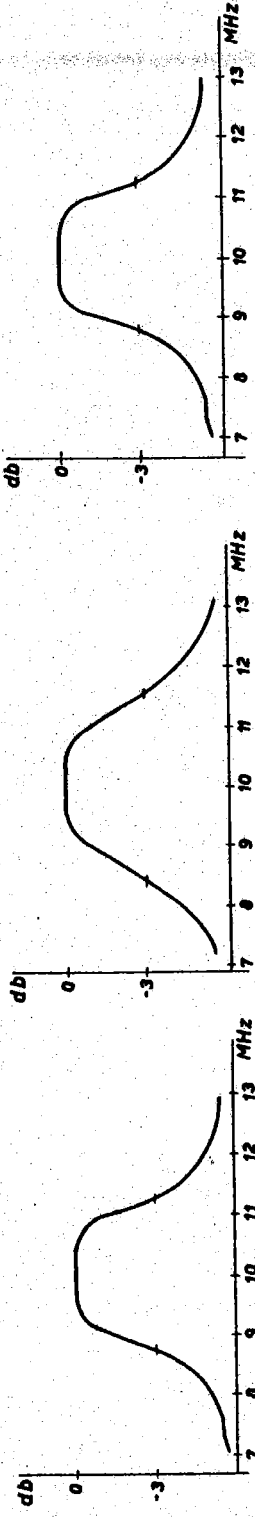
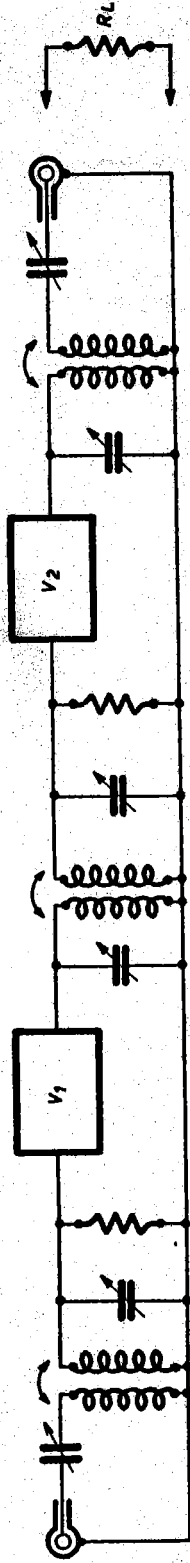
A titolo di esempio viene riportato in figura l'andamento della banda passante relativa ad ogni cellula di accoppiamento e quella complessiva del I° stadio di amplificazione dell'impianto a radio frequenza dell'anello di accumulazione "ADONE", che è stato realizzato con questi criteri. (6)

#### BIBLIOGRAFIA.

- (1) - P.J. Heyboer and P. Zijlstra, "Transmitting valves", Philips technical and scientific publications, 1953, Cap. IV.
- (2) - W. Kleen, "Tetrodi moderni per frequenze ultraelevate", Siemens S.p.A., 1960.
- (3) - E.K. Sandeman, "Radio engineering" (Chapman and Hall, London 1953) Cap. VII, XIV, XXIV, XXV.
- (4) - Torbern Laurent, "Vierpoltheorie und Frequenz Transformation" (Springer-Verlag, Berlin, 1956) Cap. 2,3,5.
- (5) - H.H. Meinke, "Einführung in die Elektrotechnik höherer Frequenzen" (Springer-Verlag, Berlin, 1961) Cap. III.
- (6) - D. Fabiani, A. Massarotti, M. Puglisi e F. Tazzioli, "Impianto a radio frequenza per il progetto Adone 1500 MeV" Laboratori Nazionali di Frascati, LNF-63/53.

ADONE

1° STADIO AMPLIFICATORE



RISPOSTA COMPLESSIVA 1° STADIO