

Numero	Data	Rev.	Pagina
DOC-MH-ST-RFX-00078	14/12/2022	0	1 di 8

Documento tipo / Document type

SPECIFICA TECNICA / TECHNICAL SPECIFICATION (SPE)

Titolo / Title

**Specifica tecnica amplificatori RF per il LINAC del
CNAO**

Autori (CNAO se non diversamente indicato) / Authors (CNAO if non differently indicated)

Garlaschelli Simone

Referente / Contact person

Luciano Falbo

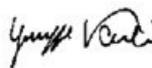
Parole chiave / Keywords

Riassunto / Abstract

Specifiche tecniche amplificatori IPA per Linac

Questi amplificatori sono degli stadi intermedi o finali di amplificazione impiegati nelle tre catene RF del sistema LINAC.

Per mantenere l'operatività della macchina si rende necessaria la sostituzione dovuta a obsolescenza parti.

<i>Emesso / Compiled</i>	<i>Verificato / Controlled</i>	<i>Verificato / Controlled</i>	<i>Approvato / Approved</i>
S. Garlaschelli	L. Falbo		G. Venchi
			

Informazioni strettamente riservate di proprietà della Fondazione CNAO – Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui sono state fornite – Tutti i diritti riservati. Nessuna parte di questa pubblicazione può essere riprodotta, immagazzinata o trasmessa in nessuna forma o con qualsiasi mezzo elettronico, meccanico, registrato, fotocopiato o in qualsiasi altro modo senza il permesso della Fondazione CNAO.

Confidential information property of CNAO Foundation – Not to be used for any purpose other than that for which is supplied – All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the CNAO Foundation.

LISTA DI DISTRIBUZIONE / DISTRIBUTION LIST

#	Data / Date	Nome / Name	Ditta / Society

ELENCO DELLE VARIAZIONI / HISTORY OF CHANGES

Ver.	Data / Date	Pag.	Descrizione / Description
0	14/12/2022	8	Prima emissione

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	4
2	OGGETTO DELLA FORNITURA E INSTALLAZIONE	5
3	FUNZIONALITÀ RICHIESTE.....	5
3.1	Specifiche tecniche	7
3.2	Alimentazione di rete.....	7
3.3	Specifiche meccaniche.....	7
3.4	Specifiche ambientali.....	8
3.5	Specifiche di qualità del prodotto	8
4	TIME PLAN.....	8
5	VARIAZIONE RISPETTO ALLE SPECIFICHE	8

1 Introduzione

LINAC

Il Linac (LINEar ACcelerator) ha la funzione di accelerare particelle provenienti da una sorgente, verso il sincrotrone, ad una energia di 7 MeV/u.

Esso è composto da tre elementi:

- RFQ
- IH
- Debuncher

Ogni elemento è costituito da :

- Una LLRF
- Una unità amplificatrice RF a singolo stadio o più stadi
- Una Cavità acceleratrice
- Un Sistema di tuning della cavità denominato “Resonance Frequency controller”

I tre sistemi differiscono per la massima potenza di uscita:

- Debuncher = 4 kW
- IH = 1400 kW
- RFQ = 220 kW

Nel caso di minor potenza l’amplificatore a stato solido è utilizzato come stadio finale RF, negli altri casi le catene RF includono stadi successivi di alta potenza realizzati con tetrodi.

La potenza degli amplificatori a stato solido attualmente installati nelle 3 macchine e oggetto del presente documento è

- 4 kW nel Debuncher (l’unico sprovvisto di tetrodi)
- 4 kW nell’IH
- 7.5 kW nell’RFQ

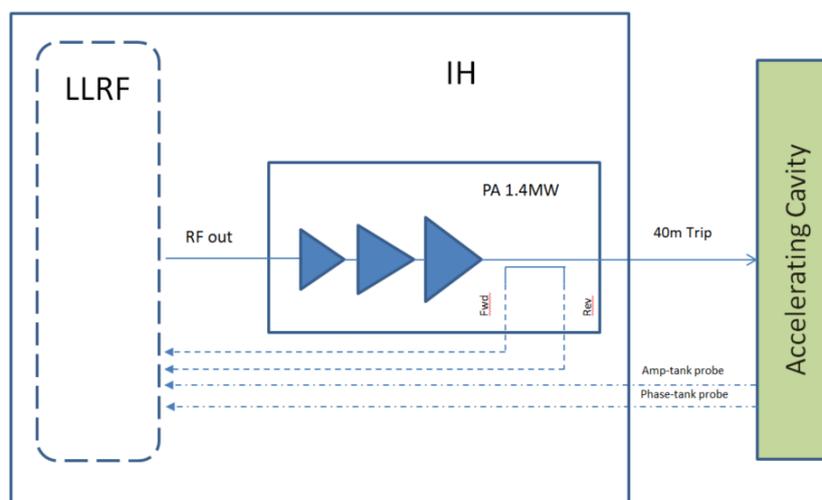


Fig 2 IH vista in dettaglio

La frequenza di funzionamento del sistema è 216.816 MHz.

Il funzionamento del LINAC per motivi termici è impulsato: ogni 100 msec, eroga potenza per 500 μ s, alla frequenza di 216,816 MHz, all'interno dell'impulso il segnale è NON modulato (CW). L'impulso RF viene generato alla ricezione di due diversi trigger fisici denominati *stability pulse* e *beam pulse* a cui corrispondono due diversi set di parametri di ampiezza e fase per la radiofrequenza. Il trigger di *stability pulse* ha lo scopo di mantenere la cavità a una temperatura costante mentre la funzione del *beam pulse* è di iniettare fascio dentro il Linac: il fascio dura 100 μ s ed è centrato nel mezzo dell'impulso RF da 500 μ s. In altre parole, ogni 100 msec la LLRF riceve sempre o lo *stability pulse* o il *beam pulse* ma non è mai noto a priori quale dei 2 arriverà. Nel normale funzionamento dell'impianto il *beam pulse* arriva ogni 1-15 sec o è assente per lunghi periodi (minuti o ore).

2 OGGETTO DELLA FORNITURA E INSTALLAZIONE

Nella sezione precedente è stato esplicitato che gli amplificatori a stato solido installati erogano potenze differenti nelle 3 macchine. Tuttavia, per motivi di praticità manutentiva relativa al parco spare, si è deciso di uniformare tutte le macchine installando in ognuna di esse lo stesso amplificatore a stato solido che quindi deve essere in grado di erogare, con opportuna regolazione del guadagno, le diverse potenze massime richieste.

Si richiede pertanto la fornitura di 1 amplificatore in grado di erogare le potenze massime richieste sulle 3 linee di amplificazione con unica soluzione implementativa. Negli anni successivi, e comunque entro il 31/12/2024, potranno essere acquistati ulteriori n. 3 amplificatori identici in modo da installarne 2 nelle restanti macchine e avere uno spare a magazzino. La fornitura dovrà includere:

- Manuale utente
- Manuale di servizio
- Risultati dei test riassuntivi delle performance RF
- Certificazione CE
- Certificazione di conformità secondo direttive europee della scheda (EN61010-1, EN61326-1, IEC 60601-1-2, ISO9001)
- Garanzia di riparabilità o sostituzione con parti compatibili nei 10 anni successivi all'installazione
- Installazione e collaudo finale in impianto comprensivo di opere atte all'integrazione nel sistema in uso

3 Funzionalità Richieste

- Potenza massima configurabile per ogni sistema
- Gli amplificatori dovranno riportare come caratteristica la loro PAE (Power added efficiency)
- L'amplificazione deve essere condizionata dalla presenza di segnali digitali come specificato nella sezione "I/O digitali"
- Comunicazioni allarmi sul buon funzionamento dell'amplificatore (temperatura, alimentazioni, altro specificato dal costruttore)
- L'amplificatore dovrà avere una dimensione compatibile con rack 19"
- L'amplificatore dovrà essere equipaggiato con minimo due ventilatori indipendenti, sul retro del modulo rimpiazzabili evitando l'apertura e lo smontaggio dell'amplificatore dall'armadio rack. Le ventole dovranno essere dotate di regolazione di velocità gestita dal controllore di temperatura interno all'amplificatore
- L'amplificatore dovrà essere dotato di filtri aria rimovibili frontalmente senza l'uso di attrezzi specifici, ma con l'uso delle sole mani
- L'amplificatore dovrà essere composto da multipli RF pallet indipendenti con un minimo di sei, dovranno essere identici e lavorare in parallelo. Dovranno essere facilmente rimpiazzabili per manutenzione agevolata

- L'amplificatore dovrà essere equipaggiato con combinatore isolato avente isolamento tra gli input maggiore di 25 dB
- L'amplificatore dovrà avere il guadagno regolabile a passi di 0.1 dB con una dinamica totale di 12dB, programmabile tramite interfaccia locale o remota
- I pallet RF che compongono l'amplificatore dovranno essere equipaggiati con l'ultima generazione di dispositivi RF avendo caratteristiche di robustezza tipiche $VSWR > 65:1$, qualsiasi fase.
- I pallet RF dovranno essere equipaggiati con balun planari senza l'utilizzo di cavi coassiali
- I Pallet RF dovranno avere un'efficienza maggiore del 70%
- L'amplificatore dovrà essere equipaggiato di display locale e tastiera per permettere il controllo locale completo della macchina. Dei led indicheranno lo stato operativo della macchina.
- L'amplificatore dovrà essere equipaggiato con un pulsante di Hard-Reset su fronte macchina
- L'amplificatore dovrà supportare un protocollo di comunicazione via ethernet (es. tcp-ip, snmp, opcua) per l'eventuale gestione remota della macchina tramite scambio di stringhe. Il connettore RJ45 per la connessione ethernet dovrà essere sul pannello frontale.
- Per ogni amplificatore il sistema di monitoraggio locale e remoto dovrà fornire:
 - Identificazione hardware delle schede tramite SN/Version
 - Potenza diretta per ogni modulo in Watt o dBm
 - Potenza riflessa per ogni modulo in Watt o dBm
 - Temperature critiche secondo il costruttore
 - Parametri di funzionamento di ogni alimentatore
 - Corrente individuale dei transistor RF per ogni alimentatore
 - Stato di funzionamento ("standby" cioè parte di potenza spenta ma logica di controllo attiva, "on" ossia pronto ad amplificare, "fault" ossia con allarmi persistenti)
 - Allarmi e warning presenti
 - Settaggio delle soglie degli allarmi e dei warning
 - Reset degli allarmi e dei warning
- L'amplificatore dovrà contenere al suo interno gli alimentatori per una manutenzione facilitata
- L'amplificatore dovrà essere equipaggiato al suo interno con almeno tre alimentatori indipendenti in configurazione 2+1 tale da non avere effetti sulla potenza di uscita nel caso di un guasto individuale
- Tutti gli alimentatori dovranno essere hot-swappable da front panel dell'amplificatore. L'operazione di sostituzione non deve interrompere il servizio della macchina, e dovrà poter essere eseguita senza attrezzi specifici.
- Gli alimentatori dovranno essere COTS (Commercial Off The Shelf), disponibili sul mercato e non specificatamente sviluppati per l'amplificatore
- Possibilità di limitare la potenza di uscita fino al limite inferiore di 1 kW agendo sulle tensioni di alimentazioni dei moduli finali.
- I connettori per i segnali di RF in e RF out dovranno essere presenti sul retro dell'apparato
- I malfunzionamenti si dividono in warning e allarmi di cui solo gli allarmi sono bloccanti per il funzionamento.
- Rappresentano allarme il malfunzionamento delle ventole e un malfunzionamento di più elementi non ridondati.
- Per le seguenti grandezze si definiscono una soglia di warning e una soglia di allarme:
 - potenza diretta
 - potenza riflessa
 - Temperatura amplificatore
 - Temperatura alimentatori
 - Correnti assorbite
 - Tensioni di ogni alimentatore individuale

3.1 SPECIFICHE TECNICHE

3.1.1 RF

- Frequenza operativa 216.816 MHz
- Modalità operativa impulsata, non modulata
- RF Pulse duration (500 μ s \pm 10 μ s)
- Pulse rate MAX (10 Hz)
- Pmax configurabile con impulso di 500us@10Hz
 - Debuncher = 4 kW
 - IH = 4 kW
 - RFQ = 7.5 kW
- I/O RF impedenza porta 50 Ω single ended
- Amplitude stability <1dB over 24 h
- Phase stability <5 deg over 24 h
- Propagation delay <5usec.
- Adjustable Gain in the range 55-67 dB (step 0.1 dB)
- Gain linearity \pm 1dB over 20 dB dynamic range
- Phase linearity \pm 5 deg over 20 dB dynamic range
- Pulse rise time (0-99% < 1 μ s)
- Pulse fall time (99-0% <10 μ s)
- Harmonic & spurious <30dBc
- Input RF MAX 13 dBm
- Input connector N
- Output connector 7/16"

3.1.2 I/O digitali

Pulse control (input):

Ogni amplificatore riceve il segnale di Pulse che abilita l'amplificazione del segnale RF, in assenza non abbiamo RF in uscita. Il segnale ha una durata compresa tra 500 e 800 microsecondi.

0V = RF OFF

15V = RF ON

L'uso di tale segnale deve poter essere disabilitabile da interfaccia locale.

TX ON (input):

Ogni amplificatore riceve un contatto pulito:

Se aperto c'è inibizione delle operazioni,

Se chiuso l'amplificatore è abilitato all'accensione.

Stato (output):

Ogni amplificatore fornisce un contatto pulito: quando il contatto è chiuso l'amplificatore è in stato di power on, quando è aperto l'amplificatore è in stato di allarme o standby.

3.2 ALIMENTAZIONE DI RETE

- AC line 3 phase 400 VAC
- Line frequency 50 Hz

3.3 SPECIFICHE MECCANICHE

- Rac 19" enclosure 5U deep 600mm

- Sistema con schede estraibili dal rack senza lo smontaggio completo del cestello, e senza attrezzi proprietari.
- Schede facilmente sostituibili senza l'utilizzo di attrezzi proprietari.

3.4 SPECIFICHE AMBIENTALI

- Working $-10 \div +50^{\circ}\text{C}$
- Max Humidity 85 % non-condensing

3.5 SPECIFICHE DI QUALITÀ DEL PRODOTTO

- MTBF maggiore di 100000 ore
- MTTR < 30 minuti su elementi hot swappable

4 Time Plan

Dalla ricezione dell'ordine (tempo T) si prevede il raggiungimento delle seguenti milestone per la fornitura di 1 amplificatore (Attività BASE):

- T+1 mese:
 - Revisione del presente documento con accordo tra le 2 parti per la migliore implementazione possibile
- T+2 mesi:
 - FAT (Factory Acceptance Test) presso fornitore del primo esemplare
- T+3 mesi
 - SAT (Site Acceptance Test) presso CNAO
 - Validazione nel sistema, con possibilità di roll back
- T+4mesi
 - Installazione definitiva con modifiche meccaniche agli armadi esistenti e connessioni permanenti

Fondazione CNAO potrà esercitare leOPZIONI di acquisto di ulteriori 3 amplificatori, identici a quello oggetto dell'attività BASE e alle medesime condizioni tecniche e commerciali contenute nella specifica tecnica e nelle eventuali successive variazioni concordate con Fondazione Cnao, nonché nei contenuti del documento di RDO.

5 Variazione rispetto alle specifiche

Ogni variazione a quanto descritto nel presente documento deve essere sottoposta a CNAO via mail, discussa e approvata da CNAO, durante l'esecuzione del contratto.