

DESY-Bibliothek

DESY A 2.2

Hamburg, den 10. Oktober 1957
M 4 - Dr.Ti.

Vorläufige Spezifizierung der Linac-Eigenschaften

Die hier zusammengestellten Forderungen an den Linearbeschleuniger zum Einschub der Elektronen in das Synchrotron ergeben sich im wesentlichen aus den vorläufig festgehaltenen Parametern der Maschine, wobei allerdings über den Querschnitt der Vakuumkammer nur näherungsweise Daten zugrunde gelegt werden können. Eine weitere Grundlage bilden daher die Spezifikationen für den CEA-Linac, insbesondere das in Einzelheiten ausgearbeitete Angebot der Firma Phillips-Mullard an CEA. Ferner müssen die Spezifikationen Rücksicht nehmen auf die Möglichkeiten der technischen Realisierung, dies gilt insbesondere hinsichtlich der Energiestreuung am Ausgang des Linacs. Dies ist in dieser Zusammenstellung getan, soweit die gegenwärtige Literatur über Linearbeschleuniger und die Datenblätter verschiedener amerikanischer Firmen hierüber Auskunft geben, jedoch ist im Auge zu behalten, daß sich die Einzelheiten der Konstruktion erst in Verhandlungen mit den interessierten Firmen ergeben werden.

Es seien zunächst die wichtigsten Spezifikationen des Injektors für CEA zusammengestellt:

Endenergie	20 MeV	
Energiestreuung	$\pm 0,5$ MeV (2,5 %)	*)
Winkelstreuung	$\pm 2 \cdot 10^{-3}$ rad.	*)
Strahldurchmesser	1,27 cm	*)
Arbeitsfrequenz	2850,0 \pm 0,3 MHz	
Stromstärke	0,5 Amp/puls	

*) 50 % des Stromes sollen innerhalb dieser Grenzen liegen.

(Im Bericht CAP 15 sind zum Teil noch wesentlich schärfere Forderungen gestellt worden.)

Im Folgenden sind die Anforderungen an den DESY-Linac aufgeführt und im Einzelnen kurz begründet:

1.) Endenergie: 40 MeV

Diese Festlegung erfolgt im Einvernehmen mit der Parametergruppe. Die Energie entspricht einem Einschubfeld von etwa 45 Gauß, und es erscheint wegen der statistischen Schwankungen der Remanenz im B-Feld nicht ratsam, mit der Energie weiter herunterzugehen. Die mittlere Endenergie muß auf $\pm 0,2\%$ genau sein; dies entspricht einer Abweichung des closed orbits vom Sollkreis im Synchrotron von etwa 0,4 cm. Diese Konstanz läßt sich mit dem im nächsten Abschnitt erläuterten Debuncher erreichen.

2.) Energiestreuung: $\pm 0,2$ MeV (0,5 %)

Diese Forderung ergibt eine maximale Abweichung des closed orbits vom Sollkreis von etwa 1 cm, während die Toleranzen des CEA-Linacs etwa 4 cm ergeben. Es erscheint außerordentlich wichtig, diese Forderung gegenüber CEA zu verschärfen, da hierdurch ein wesentlich größeres Aufnahmevermögen der Kammer für Elektronen erreicht wird.

Die Realisierung ist mit einem Debuncher möglich, der auf den Ausgang des eigentlichen Linearbeschleunigers folgt. Von der Firma Varian liegen Angaben der Linac-Typen V-4800 und V-4801 vor, bei denen 90 % des Ausgangsstromes innerhalb des Energieintervalls ± 1 MeV liegen (2,5%)! Diese Streuung kann etwa um einen Faktor 5 herabgesetzt werden, wenn man das Elektronenpaket mittels geeigneter Magnetfelder in Phase auseinanderzieht, und sie in einen Hohlleiter passender Länge eintreten läßt, der auf derselben Frequenz arbeitet wie der Linac. Durch einen Phasenschieber wird dafür gesorgt, dass die Elektronen der Soll-Energie bei der Null-Phase des Beschleunigungsrohres eintreten und beim Durchgang keine Energie gewinnen, während die übrigen die Fehlenergie aufnehmen bzw. abgeben je nach ihrer Phasenlage. Ein solches System würde einerseits die Energiebündelung besorgen, andererseits auch die Konstanz der mittleren Energie gewährleisten. Rechnungen über die spezielle Form der hierzu benötigten Ablenkfelder sind angestellt worden, und die Toleranzen dürften technisch keine Schwierigkeiten darstellen.

3.) Winkelstreuung: $\pm 1 \cdot 10^{-3}$ rad.

Nach Auskunft der Firma Varian kann sogar $\pm 0,5 \cdot 10^{-3}$ rad verwirklicht werden, es erscheint daher vernünftig, die Forderung gegenüber CEA zu

verschärfen. Sie ist als 50 %-Grenze bezüglich des Stromes anzusehen. Ein weiterer Grund ist im nächsten Abschnitt angeführt.

4.) Strahldurchmesser: 1,0 cm

Wie aus Messungen an dem 15 MeV-Linac für Harwell (Phil. Techn. Rev. 15, 1 (1953)) hervorgeht, liegen dort 60 % des Stromes innerhalb $\pm 0,5$ cm. Es gibt weitere Beispiele dafür, daß diese Forderung vernünftig ist.

Zusammen mit 3) ergibt sich dann gegenüber CEA eine geringere Emittanz des Linacs, nämlich $N_E = 0,5 \cdot 10^{-3}$ cm.rad. (CEA: $1,3 \cdot 10^{-3}$ cm.rad.). Diese Verminderung erscheint notwendig, da die Acceptanz des Synchrotrons in der z-Koordinate bei CEA nur $N_A = 0,8 \cdot 10^{-3}$ cm.rad beträgt, so daß hierdurch 40 % des Stromes beim Eingang verlorengelangen (CEA 30).

5.) Arbeitsfrequenz: 2850,0 \pm 0,3 MHz

Die Frequenz wird hauptsächlich durch HF-technische Erfordernisse diktiert, wie Größe des Beschleunigers, Röhrentypen usw. Sie muß genau eine Oberschwingung der Beschleunigungsfrequenz des Synchrotrons sein, etwa die 6^{te}. Es ist daran gedacht, beide Frequenzen von einem gemeinsamen Masterszillator abzuleiten, um die Synchronisierung zu gewährleisten. Genauere Vorstellungen hierüber bestehen im Augenblick noch nicht.

Die Frequenz wird mit 50 Hz gepulst, bei einer Impulslänge von 1,5 usec, in die für die Aufbauzeit etwa 0,5 usec eingerechnet sind. Das Einschleusen erstreckt sich über eine Zeit von etwa 0,85 usec.

6.) Stromstärke: 0,5 Amp/puls

Diese Festsetzung fußt auf Abschätzungen von Livingston über den nutzbaren Ausgangsstrom des Synchrotrons, der dort zu 1/uAmp im zeitlichen Mittel angesetzt wird. Hier würde dieselbe Abschätzung zu folgendem Ausgangsstrom führen:

0,5 Amp/puls entspricht bei der		
angegebenen Impulslänge etwa	$2,5 \cdot 10^{12}$	Elektr./puls
Es mögen 50 % von diesen zu Beginn		
der Beschleunigung eingefangen werden.....	$1,2 \cdot 10^{12}$	" "
Etwa 30 % davon überleben die Beta-		
tronschwingungen (CAP 15)	$0,36 \cdot 10^{12}$	" "
Davon wieder überleben 60 % die		
Synchrotronschwingungen.....	$0,22 \cdot 10^{12}$	" "

Damit erhält man einen mittleren Ausgangsstrom von etwa $2 \mu\text{Amp}$. Es ist zu überlegen, ob man mit der Stromforderung auf $0,25 \text{ Amp/puls}$ heruntergeht, da man hierdurch wesentliche Kosten einsparen würde.

7.) Prebuncher

Der Linearbeschleuniger soll mit einem Cavity-Prebuncher ausgerüstet werden, der die Eingangsgeschwindigkeit der Elektronen mit der Frequenz des Synchrotrons (etwa 500 MHz) moduliert, so daß die Elektronen vor Eintritt in den L.B. mittels eines passenden Laufraumes so in Phase gebündelt werden, daß nur jede 6^{te} Beschleunigungswelle ein Elektronenpaket aufnimmt. Diese auch beim CEA-Linac projektierte Maßnahme ist für den Einfang in den Beschleunigungszyklus unerlässlich.

Mit den hier aufgestellten Forderungen ist ein Idealbild eines Injektors entworfen worden, das - wie uns scheint - technisch durchaus verwirklicht werden kann. Neben den physikalischen Eigenschaften des Injektors entscheiden nun natürlich auch die Kosten der Anlage, und es muß ins Auge gefaßt werden, daß zwischen beiden Gesichtspunkten Kompromisse zu schließen sind. Die Firmen sollen daher aufgefordert werden, Preisangebote in gradueller Abstufung bezüglich der Güte des Linacs zu unterbreiten. Ein genaues Programm hierzu wird ausgearbeitet.

Dr. Uwe Timm