

Beschleunigerinstrumentierung und Strahldiagnostik

P. Forck, R. Singh

Sommersemester 2016
Besprechung am 17.5.2016

LINAC Stromberechnung

a) Siehe Figur 2.1 auf Seite 9 des JUAS-Skripts bzw. das Bild in den Vorlesungsfolien.

Bunchstrom = gesamte Ladung / Bunchlänge (häufig angegeben als gesamte Ladung) in Formelzeichen $I_{bunch} = \frac{eN_{tot}}{t_{bunch}}$

Der Bunch ist innerhalb einer 'Buckets' in ± 20 Grad eingeschlossen d.h. innerhalb von 11 % der HF-Periode von $1/f_{rf}$: $t_{bunch} = 0.11 \frac{1}{108 \cdot 10^6 \text{ Hz}} = 1 \text{ ns}$

Der Bunchstrom ist damit $I_{bunch} = \frac{eN_{tot}}{t_{bunch}} = \frac{1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C} \cdot 10^{11}}{10^{-9} \text{ s}} = 16 \text{ A}$

Der Pulsstrom ist $I_{pulse} = \frac{eN_{tot}}{t_{rf}} = eN_{tot} \cdot f_{rf} = 1.76 \text{ A}$

Der mittlere Strom ist $I_{aver} = \frac{I_{pulse}}{F_{duty}} = 176 \text{ mA}$ mit dem duty-factor $F_{duty} = 10\%$ als zeitliches Verhältnis zwischen Strahllieferung und Zykluszeit. Der berechnete Strom ist nicht realistisch, in typischen Beschleunigern liegt er einen Faktor 10 bis 100 niedriger.

b) Bei Hochfrequenz-basierten 'cw-Beschleunigern' gibt es immer noch Bunche; es wird aber kontinuierlich eine Strom geliefert d.h. der duty-factor ist 100 %. Damit ist der Pulsstrom gleich dem mittleren Strom.

Transformator für gepulsten Strahlen

a) Die Induktivität ist $L = \frac{\mu_0 \mu_r}{2\pi} \cdot l N^2 \cdot \ln \frac{r_o}{r_i} = 673 \mu\text{H}$

b) Die Zeitkonstante ist $\tau_{droop} = \frac{L}{R+N \cdot R_N} = 11 \mu\text{s}$

c) Mit Hilfe der Formel $U(t) = \frac{R}{N} \cdot e^{-t/\tau_{droop}} \cdot I_{beam}$ kann das Signal nach $t = 10 \mu\text{s}$ berechnet werden: $U(t)/U(0) = e^{-t/\tau_{droop}} = 0.40$ d.h. es ist auf 40 % abgefallen.

d) Die Sensitivität ist $S = R/N = 5 \text{ V/A}$.

e) Ein aktiver Transformator hat eine viel längere Abfallszeit und kann den Puls richtig darstellen.

Teilchenzähler mit einem Photo-Multiplier

a) Elektronen nach Verstärkung: $N_{amp} = \nu \cdot N = 10^7$

b) Der Strom in $t = 10 \text{ ns}$ ist $I = eN_{amp}/t = 160 \mu\text{A}$

c) Die Spannung an $R = 50 \Omega$ ist $U = R \cdot I = 8 \text{ mV}$

d) Diese Spannung ist gerade an einem Oszilloskop sichtbar, eine Verstärkung um einen Faktor 100 ist aber durchaus sinnvoll und üblich. Die übliche maximale Verstärkung bei einem Oszilloskop ist 5 mV/div.