

О НАГРУЗКЕ ТОКОМ ЛИНЕЙНОГО УСКОРИТЕЛЯ

М. А. ПЕТРОСЯН

Рассматривается работа линейного ускорителя с импульсно модулированным током с высокой частотой следования импульсов. Выведена формула прироста энергии, учитывающая длительность и частоту следования импульсов.

Практический интерес представляет случай, когда в линейном ускорителе при непрерывном или, в течении импульса, импульсном режимах ускоряется ток, модулированный по плотности. В частности рассмотрим ток, модулированный в виде коротких импульсов с высокой частотой следования. Количество дугов, ускоренных в течение одного импульса в импульсном режиме ускорителя, зависит от длительности импульса и частоты следования дугов.

В случае использования линейного ускорителя в качестве инжектора синхротрона, частота следования дугов равна частоте высокочастотной системы синхротрона [1].

В работе [2] рассматриваются различные режимы работы линейного ускорителя. В частности, при ускорении единичного импульса конечного дуга для прироста энергии получено следующее соотношение:

$$w_n = \frac{1 - e^{-\lambda}}{\lambda} - \gamma \frac{m}{n_{\infty}},$$

где $n_{\infty} = \frac{1}{\alpha_1 \Lambda}$ — эффективное число сгустков в бесконечном дуге;

$\lambda = \alpha l$ — безразмерная длина ускоряющей секции;

α_1 — коэффициент затухания для черенковского поля;

α — коэффициент затухания обычной волноводной волны;

m — число сгустков в дуге;

$\gamma = \frac{E_{\infty}}{E_n}$ — коэффициент нагрузки;

$E_{\infty} = Ir$ — стационарное значение черенковского поля в бесконечном волноводе;

I — средний ток в дуге;

r — шунтовое сопротивление в волноводе;

l — длина секции;

E_n — значение поля, создаваемого внешним генератором в начале секции;

Λ — длина волны в ускоряющей секции.

При высокой частоте следования дугов к этой формуле нужно добавить третье слагаемое, обусловленное действием черенковского поля предыдущих дугов.

Легко показать, что продольная координата Z_n , где сгусток входит в черенковское поле n -ого предыдущего дуга, будет

$$Z_n = n \frac{\Lambda_c}{\alpha \Lambda n_\infty}. \quad (2)$$

Здесь Λ_c — длина волны частоты следования дугов.

Номер дуга, в поле которого рассматриваемый сгусток входит в конец секции, будет

$$n = \lambda \frac{\Lambda}{\Lambda_c} n_\infty. \quad (3)$$

Дуги будут энергетически развязаны, если

$$l < \frac{\Lambda_c}{\alpha \Lambda n_\infty}.$$

В этом случае для прироста энергии можно применять соотношение (1).

Обозначим через Δw третье слагаемое, обусловленное действием поля предыдущих дугов. Очевидно, что

$$\Delta w = \frac{1}{l} \sum_{i=1}^{n = \lambda \frac{\Lambda}{\Lambda_c} n_\infty} \int_{\frac{\Lambda}{\alpha \Lambda n_\infty}}^l \varepsilon_q(z, t) dz,$$

где $\varepsilon_q(z, t)$ — поле черенковского излучения, приведенное в [2].

$$\varepsilon_q(z, t) = -\gamma [e^{-\alpha(V_g t - l_1)} - e^{-\alpha z}], \quad (5)$$

где l_1 — длина дуга,

V_g — групповая скорость в волноводе.

Границы применимости формул (1) и (5) указаны в работе [2]. Подставим вместо t и l_1

$$t = \frac{n\Lambda + z}{v}; \quad l_2 = \Lambda m.$$

При $l_1 \ll l$ после интегрирования и вычисления суммы получим

$$\Delta w = -\gamma \alpha m \Lambda e^{\alpha v_g \frac{\Lambda_c}{v} (n-1)} \left[\frac{\Lambda_c}{\lambda \Lambda n_\infty} (n-1) + 1 \right]. \quad (6)$$

Значение Δw для стационарного режима получаем, подставляя n из (3) в (6):

$$\Delta w = -\gamma \alpha m \Lambda e^{\lambda - \frac{V_g}{v} (\lambda - \alpha \Lambda_c)} \left[2 + \frac{\Lambda_c}{\Lambda \lambda n_\infty} \right].$$

Можно сделать следующий вывод: если длина импульса дуга определяет энергетический разброс на выходе секции, то частота сле-

дования дугов в стационарном режиме уменьшает общий энергетический уровень.

При коротких импульсах инжекции количество дугов, ускоренных при переходном режиме, может оказаться значительным в сравнении с общим числом дугов во всем импульсе. Это обстоятельство нужно учесть, если на выходе ускорителя требуется высокомонокроматический пучок.

Очевидно, что от стационарного значения будут отличаться энергии первых n дугов, для которых Δw можно вычислить, если в (6) менять n от единицы до n .

Ереванский физический институт

Поступила 7.I.1969

ЛИТЕРАТУРА

1. С. К. Есин, М. Л. Петросян, Изв. АН АрмССР, Физика, 3, 3 (1968).
2. Э. А. Бурштейн, Г. В. Воскресенский, Научные труды Радиотехнического института АН СССР, 3, выпуск 3, 1961.

ԳԾԱՅԻՆ ԱՐԱԳԱՏՈՒՑԻՉՈՒՄ ՀՈՍԱՆՔԱՅԻՆ ԲԵՌՆՎԱԾՈՒԹՅԱՆ ՀԱՐՑԻ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ

Մ. Լ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ

Քննարկված է դժային արագացուցիչի աշխատանքը իմպուլսային մոդուլացված հոսանքով, իմպուլսների կրկնման բարձր հաճախականության դեպքում: Դուրս է բերված էներգիայի աճի արտահայտությունը, որտեղ մտնում են նաև իմպուլսների երկարությունը և նրանց կրկնման հաճախականությունը:

ON THE BEAM LOADING OF LINAC

M. L. PETROSSIAN

The linac operation with a pulse modulated high repetition frequency current is considered. The formula is derived for an energy increase taking into account the duration and repetition frequency of pulses.