

А. С. БОГОМОЛОВ

ЛИНЕЙНОЕ УСКОРЕНИЕ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ НА ОБРАТНОЙ ВОЛНЕ

(Представлено академиком А. Н. Скрипским 8 VII 1971)

В настоящее время для линейных ускорителей протонов в области энергий меньше 100 Мэв используются преимущественно ускоряющие структуры типа резонатора с дрейфовыми трубками. Неоднократно обращалось внимание на ускоряющие структуры, нашедшие применение в линейных ускорителях электронов на бегущей волне. Однако ряд причин (¹⁻³) не позволяет перенести способ ускорения, примененный в ускорителях электронов, на ускорение тяжелых частиц. Отметим лишь основные из них.

При малых величинах фазовой скорости волны и больших амплитудах напряженности электрического поля потери мощности на единицу длины ускоряющей структуры недопустимо велики (^{1, 3}).

Потери электромагнитной энергии приводят к тому, что амплитуда ускоряющего поля носит «экспоненциально» затухающий характер (²).

Движение частиц в таком спадающем поле характеризуется продольной неустойчивостью (¹), усугубляемой зависимостью амплитуды поля от величины ускоряемого тока (²).

Чтобы осуществить ускорение частиц бегущей волной, необходимо найти условия, которые при заданных величинах фазовой скорости волны, изменяющейся вдоль направления ускорения в соответствии с требованием синхронизма движения волны и частиц, обеспечили бы нарастающую амплитуду продольной электрической компоненты ускоряющей гармоники E_z при умеренных потерях мощности электромагнитного поля.

Данная задача решается при ускорении частиц продольной электрической компонентой обратной пространственной гармоники, при котором поток электромагнитной энергии направляется навстречу частицам.

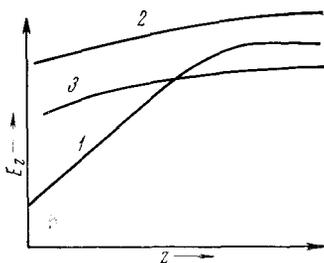


Рис. 1. Распределение амплитуды ускоряющего поля вдоль оси ускоряющей системы: 1 — соответствует начальной секции (область энергий 1—15 Мэв), 2 — средней секции (15—60 Мэв), 3 — конечной секции (60—120 Мэв)

При распространении электромагнитного поля вдоль ускоряющей структуры вследствие затухания, а также в связи с зависимостью амплитуды ускоряющей гармоники (в данном случае амплитуды обратной гармоники E_z) от величины фазовой скорости, распределение $E_z(z)$ в различных секциях выглядит, как показано на рис. 1.

Нарастающий характер $E_z(z)$ приводит к сильному затуханию фазовых колебаний частиц, образованию компактных сгустков, возможности ускорять частицы при больших значениях $E_z \cos \varphi_{\text{равн}}$, захвату в режим ускорения 90% инжектируемых непрерывным потоком частиц, а также

обеспечивает приращение энергии ускоряемых частиц свыше 10 Мэв/м. Коэффициент полезного действия, определяемый как отношение мощности пучка к мощности с.в.ч. источников, составляет 20—30% в начальной секции и 40—60% в средней и выходных секциях.

Институт химической кинетики и горения
Сибирского отделения Академии наук СССР
Новосибирск

Поступило
2 VII 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Н. П. Селиванов, Я. Б. Файнберг, Теория и расчет линейных ускорителей, М., 1962. ² G. W. Wheeler, S. Giordano, IEEE Trans. Nucl. Sci., № 5—12, 3, 110 (1965). ³ A. F. Harvey, Microwave Engineering, London — N. Y., 1963.