

## ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ СОГЛАСОВАНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ ЭМИТТАНСА ПУЧКА ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ

Д. Ф. Алферов, К. А. Беловинцев

Условия проведения современных физических экспериментов предъявляют все более жесткие требования к электронно-оптическим трактам транспортировки заряженных частиц.

В настоящее время качество работы электронно-оптического тракта характеризуется не только наличием фокусировки первого порядка и отсутствием потерь частиц, но и такими факторами, как ахроматичность системы и учет нелинейных эффектов второго и более высоких порядков.

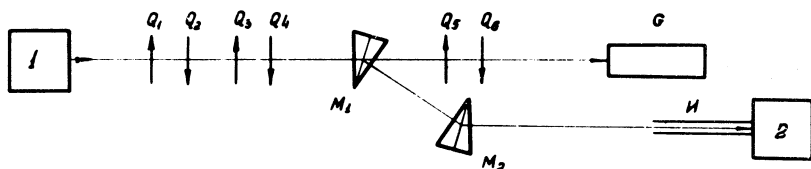
Особое внимание при конструировании трактов транспортировки частиц обращается на качество согласования эмиттанса пучка с аксептансом приемной системы. В первую очередь это относится к конструкциям трактов инжекции в ускорители, а также в отдельных случаях к трактам транспортировки выводимых из ускорителей пучков первичных и вторичных частиц<sup>1</sup>.

В настоящей работе на примере тракта инжекции частиц в синхротрон обсуждается новый способ оперативного контроля согласования эмиттанса пучка с аксептансом ускорителя. Кроме того, предлагается простой метод измерения эмиттанса инжектируемого пучка частиц.

На рис. 1 изображен рассматриваемый вариант тракта транспортировки частиц от ускорителя-инжектора к синхротрону. Квартет квадрупольных линз  $Q_1 - Q_4$

позволяет осуществить фокусировку пучка и согласование эмиттанса инжектора с акцептансом синхротрона в обеих плоскостях.

Система поворотных магнитов  $M_1$  и  $M_2$  обеспечивает бездисперсионный (линейная дисперсия равна нулю) перенос пучка в горизонтальной плоскости. Оптимизация дисперсии осуществляется при помощи краевой фокусировки пучка в поворотных магнитах. При



Р и с. 1. Схема тракта транспортировки частиц.  
 $Q_1 - Q_6$  - квадрупольные линзы;  $M_1 - M_2$  - поворотные магниты;  $G$  - система оптического контроля размеров пучка;  $И$  - инфлектор; 1 - инжектор; 2 - синхротрон.

выключении питания поворотного магнита  $M_1$  пучок направляется в дополнительный канал, который служит для контроля за качеством согласования и для измерения эмиттанса.

При фиксированных значениях токов в поворотных магнитах и линзах параметры пучка в основном канале будут однозначно связаны с параметрами пучка в дополнительном канале тракта транспортировки. Следовательно, контроль качества согласования может производиться с помощью систем наблюдения и измерения, размещенных в дополнительном канале и не влияющих на работу основного канала.

Наиболее удобным способом оперативного контроля качества настройки тракта инжекции в данном случае будет наблюдение за поперечными размерами пучка в точке кроссовера в дополнительном канале. Для получения кроссовера на заданном конечном расстоянии от

поворотного магнита  $M_1$  можно использовать квадрупольный дублет  $Q_5 - Q_6$ . Форма сечения пучка в кроссовере будет в этом случае определяться только пространственной ориентацией фазового эллипса на входе магнита  $M_1$  и матрицей дублета  $Q_5 - Q_6$ . Таким образом, наблюдая форму сечения пучка в точке кроссовера дополнительного канала, например, с помощью телевизионной системы, можно осуществлять контроль за поворотом фазового эллипса на входе в синхротрон, т.е. за качеством согласования эмиттанса с аксептансом. Настройка согласования достигается регулировкой тока возбуждения квартета квадрупольных линз  $Q_1 - Q_4$ , в то время как токи возбуждения остальных элементов тракта сохраняют строго фиксированные значения. Такой вариант тракта транспортировки был просчитан на ЭВМ по программе "Фокус". На выходе тракта стоит электростатический инфлектор И, который в первом приближении можно рассматривать как пространство дрейфа. В результате были получены значения возбуждений всех элементов тракта, требуемые для обеспечения согласования и проводки пучка без потерь.

Помимо контроля качества согласования дополнительный канал позволяет также проводить непосредственные измерения эмиттанса инжектируемого пучка. Действительно, измеряя огибающую сечения пучка в окрестностях кроссовера с помощью люминесцентного экрана, перемещающегося вдоль оси дополнительного канала, получим всю необходимую информацию для вычисления площади и пространственной ориентации фазового эллипса, занимаемого пучком в любой точке тракта.

Включение измерительного канала можно производить различными способами. В частности, если сделать поворотный магнит  $M_1$  с импульсным питанием, то для оперативного контроля согласования можно отводить в измерительный канал каждый  $n$ -ый импульс инжектируемого тока.

В заключение следует отметить, что предложенная система оперативного контроля настройки электронно-оптических трактов позволяет использовать элементы аналоговых машин для автоматизации процессов измерения и согласования.

Поступила в редакцию  
6 июля 1970 г.

#### Л и т е р а т у р а

1. F. Hornstra, M. Knott, C. Swoboda, A. Brescia.  
IEEE Trans. Nucl. Sci., 16, N3, Part I, 823-826  
(1969).