

УДК 53.08

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ЦИФРОВОЙ СХЕМЫ ФИЛЬТРА ГАРМОНИК ДЛЯ СИСТЕМЫ СТОХАСТИЧЕСКОГО ОХЛАЖДЕНИЯ УСКОРИТЕЛЯ ЧАСТИЦ

Гончаров Д.Б. (ИТМО), Волковский С.А. (ИТМО) Дейнека И.Г. (ИТМО)

Научный руководитель – кандидат технических наук Алейник А.С.

(ИТМО)

Аннотация.

В рамках работы была проведена разработка концепции проекта фильтра гармоник дробового шума пучка для системы стохастического охлаждения ускорительного комплекса НИКА в рамках создания одного из звеньев системы стохастического охлаждения коллайдера НИКА. Техническое решение содержит структурную и функциональную схемы устройства. Произведен сравнительный анализ цифровой и оптической реализации фильтра гармоник. Осуществлен поиск комплектующих для формирования требуемой амплитудно-частотной характеристики тракта передачи, получения заданной задержки (диапазона задержек) для синхронизации работы системы стохастического охлаждения с перемещением пучка частиц и обеспечения параметров абсолютной задержки фильтра.

Введение.

Охлаждение пучка направлено на уменьшение размера и разброса энергии пучка частиц, циркулирующего в накопительном кольце тракта коллайдера. Уменьшение размера пучка частиц необходимо для увеличения плотности частиц. Поскольку размер пучка меняется в зависимости от фокусирующих характеристик накопительного кольца, вводятся нормализованные меры размера и плотности. Такими величинами являются - горизонтальная, вертикальная и продольная плотность излучения и плотность фазового пространства. Плотность фазового пространства является общей характеристикой частицы, и охлаждение улучшает эту характеристику.

Понятия температуры пучка и его охлаждения были взяты из кинетической теории газов. Чем больше среднеквадратичная скорость колебаний в пучке, тем больше размер пучка. Среднеквадратичный разброс скоростей используется для определения базовой температуры по аналогии с температурой газа, которая определяется кинетической энергией молекул $(mV^2)/2$.

Необходимость охлаждения пучка частиц обусловлена тремя основными причинами: увеличение плотности частиц, сохранение качества пучка для компенсации явлений, приводящих к увеличению размера, получение прецизионно-коллимированных и высокоэнергичных пучков для повышения точности экспериментов со сталкивающимися пучками, взаимодействующими с неподвижными мишенями.

Охлаждение электронных пучков может происходить в автономном режиме из-за испускания излучения при искривлении орбиты. Однако излучаемая энергия очень сильно уменьшается с увеличением массы покоя частиц. Для (анти-) протонов и более тяжелых частиц затухание излучения пренебрежимо мало при энергиях, доступных в настоящее время в ускорителях. Таким образом разрабатывают искусственные демпферы охлаждения [1]. В качестве одной из таких систем с обратной связью в коллайдере НИКА выступает система стохастического охлаждения (ССО).

Основная часть.

Система стохастического охлаждения (ССО) представляет собой систему широкополосной обратной связи, работающую в тракте коллайдера. В свою очередь ССО состоит из трёх подсистем – одной продольной и двух поперечных (вертикальной и горизонтальной). Сигнал снимается с пучка с помощью чувствительного элемента – пикапа. Полученный сигнал после соответствующей обработки поступает на устройство – кикер,

осуществляющее воздействие сигнала на пучок. Общая ширина полосы сигнала определяется шириной полосы пикапа (системы). Пикап имеет различную чувствительность к продольной и поперечной составляющим дробового шума. В зависимости от типа сигнала и задач охлаждения различают продольную и поперечную ССО и соответствующие продольный и поперечный пикапы. Продольный сигнал является паразитным (мешающим) для поперечной системы. Поперечный сигнал – паразитным для продольной системы [2].

Реализация блока обработки сигнала ССО основывается на гребенчатом фильтре гармоник. Идея фильтра гармоник состоит в том, чтобы получить 2 копии сигнала, задержанные друг относительно друга на время, равное периоду обращения пучка, после чего высчитывается разность между полученными сигналами – дифференциальный сигнал.

В качестве вводных данных гребенчатый фильтр имеет следующие характеристики:

- диапазон частот гребёнки фильтра – 571,429-588,235 кГц;
- глубина подавления – не менее 30 дБ;
- собственная задержка разработанного фильтра не более 100 нс;
- шаг подстройки системной задержки не менее 100 пс.

Выводы.

В ходе решения задачи разработана концепция проекта фильтра гармоник дробового шума пучка для системы стохастического охлаждения ускорительного комплекса НИКА, произведен сравнительный анализ оптического и цифрового метода фильтра. На основании выбранных комплектующих составлена действующая структурная и функциональная схемы, необходимые для следующего этапа проектирования стенда стохастического охлаждения. При помощи стенда предполагается экспериментальная проверка расчетных значений временных задержек и частотных характеристик фильтра.

Список использованных источников:

1. In essay 46. D. Mohl, “Stochastic cooling for beginners,” Conf. Proc. C 831011, 97–161 (1983). С. 142–143.
2. D. Möhl, Stochastic Cooling of Particle Beams, Lecture Notes in Physics 866, DOI 10.1007/978-3-642-34979-9_1, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013. С. 59–65.

Гончаров Д.Б. (автор) _____

Дейнека И.Г. (автор) _____

Волковский С.А. (автор) _____

Алейник А.С. (научный руководитель) _____