

И.Ю. НИКОЛАЙЧУК, Г.С. СЕДЫХ, В.Л. СМИРНОВ, М.М. ШАНДОВ

Объединённый институт ядерных исследований, Дубна, Россия

ОСОБЕННОСТИ СОЗДАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОРРЕКЦИИ ОРБИТЫ В СИНХРОТРОНЕ

Представлены ключевые особенности разработки программного обеспечения коррекции замкнутой орбиты пучка в ускорительных комплексах синхротронного типа на примере бустерного синхротрона комплекса NICA. При создании программного комплекса применены методы, позволяющие универсализировать программный продукт для широкого применения в системах коррекции орбиты.

I.Yu. NIKOLAICHUK, G.S. SEDYKH, V.L. SMIRNOV, M.M. SHANDOV

Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia

FEATURES OF SYNCHROTRON BEAM ORBIT CORRECTION SOFTWARE

The paper describes basic features of software development for beam orbit correction in synchrotron-type acceleration complexes using the example of the NICA complex booster synchrotron. Multi-purpose methods were used for general application in beam orbit correction systems.

Коррекция замкнутой орбиты пучка в синхротроне является одной из основополагающих задач для достижения проектных параметров установки. Система коррекции состоит из корректирующих магнитов (корректоров) и мониторов положения пучка (МПП). Задача коррекции орбиты состоит в создании связи между корректорами и МПП с целью минимизации отклонений орбиты от требуемых значений. Расчёт необходимых сил корректоров производится специализированными алгоритмами с параметрами, рассчитываемыми индивидуально для каждой установки.

Система управления комплекса NICA реализована на базе объектно-ориентированной системы Tango Controls [1], что позволяет создавать программные устройства, имеющие одинаковый функционал. Главным преимуществом данного подхода, в случае системы коррекции орбиты, является идентичность Tango-устройств корректоров и МПП, вне зависимости от их аппаратной реализации. Такое построение системы управления позволяет универсализировать способы взаимодействия с устройствами.

Выбор установки в ПО коррекции орбиты происходит путём загрузки соответствующего конфигурационного файла в формате JSON [2]. Конфигурационный файл содержит в себе описание структуры системы коррекции и адреса устройств в системе управления для взаимодействия с ними. Данный подход позволяет использовать одно ПО для управления различными ускорителями синхротронного типа.

Автоматическая коррекция орбиты основана на алгоритме расчёта токов питания корректоров при помощи матрицы отклика орбиты. Матрица отклика орбиты представляет собой набор величин отклонения пучка в местах расположения МПП в зависимости от воздействия соответствующего корректора. Используя методы обращения матриц, можно рассчитать требуемые величины токов корректоров для минимизации возмущений орбиты.

Для реализации динамической (во всём цикле ускорения) коррекции орбиты был создан алгоритм задания тока в корректорах пропорционально ведущему магнитному полю. С целью минимизации переходных процессов источников тока в паузе между циклами ускорения устанавливается статическое значение тока, соответствующее величине тока на энергии инжекции. Коэффициент пропорциональности определяется, исходя из значений тока корректора на энергии инжекции, рассчитываемых при помощи вышеописанного алгоритма.

При коррекции орбиты во всём диапазоне энергий метод динамической пропорциональной коррекции может быть недостаточно точен если присутствует рассогласование частоты ускоряющей ВЧ системы и ведущего магнитного поля. Для этого показания МПП усредняются за установленный временной промежуток в течение цикла ускорения. Затем рассчитываются токи корректоров для каждого интервала. После чего линейной интерполяцией полученных значений формируется импульс тока. При этом во избежание возникновения переходных процессов участки резкого изменения тока заменяются параболой.

Первая версия ПО коррекции орбиты разработана и успешно протестирована в ходе сеансов пусконаладочных работ с пучком на инжекционном комплексе коллайдера NICA. Впервые на комплексе была произведена динамическая коррекция орбиты.

Список литературы

1. Andreev V. et al. NICA Booster control and diagnostics system. Phys. Part. Nuclei Lett. 17, 574–577 (2020).
2. Введение в JSON. <https://www.json.org/json-ru.html>