

ELLIPSOID SPACE CHARGE MODEL FOR ELECTRON BEAM DYNAMICS SIMULATIONS

Yu. Eidelman^a, S. V. Kutsaev^{b,}, D. Bruhwiler^a*

^a RadiaSoft LLC, Boulder, CO, USA

^b RadiaBeam Technologies LLC, Santa Monica, CA, USA

The pulsed beam current in linear accelerators can approach significant values up to tens of amperes. Such high currents cause many specific adverse effects in the accelerators. One of such effects is the repelling forces of the space charge as they become comparable to the forces of the electromagnetic accelerating fields, and can influence the stability of phase and radial particle motion. In the numerical analysis of the beam dynamics in linear accelerators, it is necessary to choose one of the different space charge models depending on the desired accuracy, complexity, speed and computer resources availability. The most accurate results are achieved by the numerical solution of the Poisson equation. However, this method may require significant resources and time and may not be suitable when fast analysis is required in the linac design stages. Analytical methods, on the other hand, are based on the analytical solution of Poisson equations for the pre-defined shape of the particles distribution inside the beam. One of the most popular analytical space charge models is the ellipsoidal beam approximations. Despite being a well-developed model, many published approaches lack some important features as fully three-dimensional ellipsoid asymmetry and multi-bunch model. In this paper, we will derive the equations of the space charge field for the full-3D non-relativistic ellipsoid bunch step by step, starting from the Poisson equation, and compare this model with the other known models.

Импульсные токи пучка в линейных ускорителях могут достигать значений до десятков ампер. Столь высокие токи вызывают много неблагоприятных эффектов в ускорителях. Одним из таких эффектов является возникновение расталкивающих сил пространственного заряда, поскольку их величина становится сопоставимой с силами электромагнитных ускоряющих полей. Силы объемного заряда могут влиять на стабильность фазового и радиального движения частиц. При численном анализе динамики пучка в линейных ускорителях необходимо выбрать одну из моделей пространственного заряда в зависимости от желаемой точности, сложности, скорости расчета и доступности компьютерных ресурсов. Наиболее точные результаты достигаются при численном решении уравнения Пуассона. Однако этот метод может потребовать значительных вычислительных ресурсов и времени, что является нежелательным на

*E-mail: s_kutsaev@mail.ru

этапах проектирования линейного ускорителя, когда требуется быстрый анализ большого числа вариантов дизайна ускоряющей структуры. В этом случае имеет смысл использовать методы, основанные на аналитическом решении уравнений Пуассона для заранее заданной формы распределения частиц внутри пучка. Одной из самых популярных аналитических моделей пространственного заряда является приближение эллипсоидального пучка. Несмотря на то, что это хорошо разработанная модель, многим опубликованным подходам не хватает некоторых важных функций, таких как полностью трехмерная асимметрия эллипсоида и модель, подходящая для нескольких сгустков. В этой статье шаг за шагом выводятся уравнения поля пространственного заряда для полноразмерного нерелятивистского сгустка эллипсоидов, начиная с уравнения Пуассона, и эта модель сравнивается с другими известными моделями.

PACS: 29.27.-a; 02.60.Nm