

УСКОРИТЕЛИ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ ДЛЯ ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

УДК 621.384.6

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ ДЛЯ СВЕРХПРОВОДЯЩЕГО ПОЛУВОЛНОВОГО РЕЗОНАТОРА

© 2020 г. Р. Е. Немченко^а, *, М. А. Гусарова^а

^аНациональный исследовательский ядерный университет “МИФИ”, Каширское ш. 31, Москва, 115409 Россия

*E-mail: nemchenko.r.e@gmail.com

Поступила в редакцию 04.06.2020 г.

После доработки 10.07.2020 г.

Принята к публикации 13.07.2020 г.

Представлены результаты механических и электродинамических расчетов устройства подстройки частоты для полуволнового сверхпроводящего резонатора на 325 МГц и относительную скорость 0.21 для инжекционного комплекса мегасайенс проекта Нуклотрон-NICA. Устройство подстройки обеспечивает компенсацию ухода резонансной частоты, обусловленную внешними факторами. Рассмотрены методы подстройки частоты полуволновых резонаторов, выбран наиболее подходящий под условия проекта метод и разработана конструкция устройства подстройки частоты.

Ключевые слова: подстройка частоты, полуволновый резонатор

DOI: 10.1134/S207956292001008X

ВВЕДЕНИЕ

Можно выделить несколько типов систем подстройки частоты полуволновых сверхпроводящих резонаторов: механические — в них подстройка частоты осуществляется за счет изменения длины ускоряющих зазоров и других деформаций резонатора при помощи шаговых моторов [1, 2]; пневматические [3, 4]; ферритовые; тепловые. Для данного проекта был выбран механический способ подстройки частоты, так как этот способ способен обеспечить требуемый диапазон подстройки частоты 100 кГц, а также наиболее популярен и проработан.

РАЗРАБОТКА МЕХАНИЗМА ПОДСТРОЙКИ

На первом этапе были проведены расчеты зависимости частоты резонатора от изменения длины ускоряющего зазора резонатора. Изменение частоты обеспечивается за счет изменения емкости при изменении длины ускоряющего зазора. При моделировании, сжатие в области ускоряющего зазора обеспечивало давление на фланцы резонатора, которое создавало деформацию стенок резонатора и изменение длины ускоряющего зазора.

Таким образом была получена зависимость смещения частоты от изменения длины пролетного канала (рис. 1) и значения максимального механического напряжения на резонаторе при

разных силах сжатия. Максимальное механическое напряжение на стенках резонатора не должно превышать предела текучести материала, который в свою очередь зависит от температуры. При комнатной температуре предел текучести для ниобия, из которого изготавливают сверхпроводящие резонаторы, составляет 70–90 МПа в зависимости от качества материала. При криогенных температурах это значение увеличивается на порядок и составляет более 400 МПа.

Из полученных данных было установлено, что максимальное смещение для резонатора при комнатной температуре не может превышать 1.6 мм, что соответствует смещению частоты примерно 70 кГц. Для резонатора при рабочей температуре 4.2 К такого ограничения нет и можно достичь необходимых 100 кГц.

На основе этих данных была разработана модель устройства подстройки частоты (рис. 2). Это устройство использует в своей конструкции ножничный механизм, который позволяет передавать усилие от шагового мотора на фланцы резонатора.

В настоящее время совместно с конструкторами ФТИ (Беларусь, Минск) проводится детализация устройства и подбор моторов способных обеспечить требуемые усилия для обеспечения сжатия резонатора.

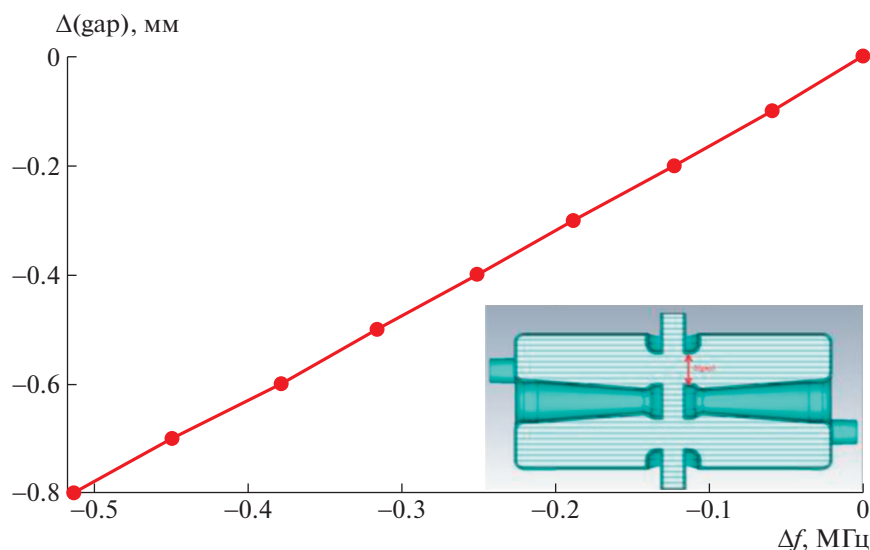


Рис. 1. График зависимости смещения частоты от изменения длины ускоряющего зазора.

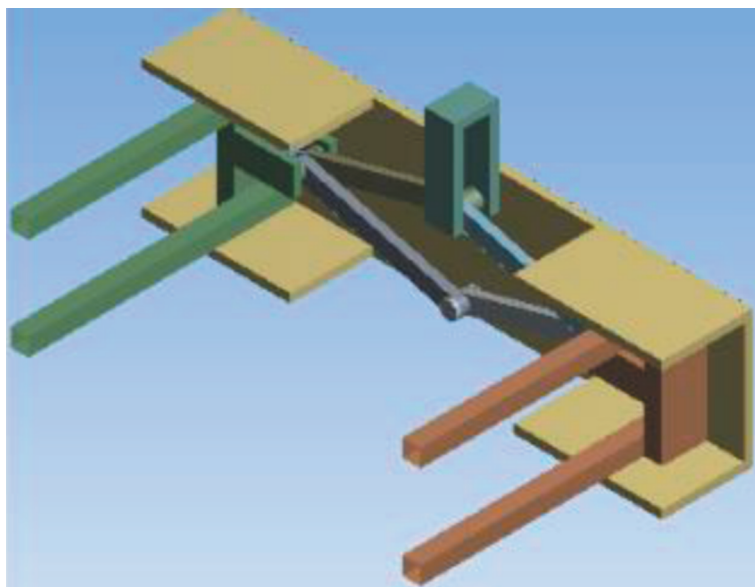


Рис. 2. Модель устройства подстройки частоты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлены результаты исследования смещения частоты при сдавливании полуволнового 325 МГц сверхпроводящего резонатора вдоль оси пролетного канала и на основе полученных данных разработана модель устройства для подстройки частоты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ/REFERENCES

1. *Devanz G.* // Proc. TTC Meeting at KEK, December 2-5, 2014. Tuner Development at CEA-Saclay.
2. *Ferrand G. et al.* // Proc. Linear Accelerator Conf. (LINAC'2016). MOPRC025. P. 123.
3. *Zinkann G.P., Sharamentov S., Cliffi B.* // Proc. Particle Accelerator Conf. 2005. P. 4090.
4. *Saito K. et al.* // Proc. SRF2013 Conf. Paris, France, 2013. MOP013. P. 106.

Development of a Frequency Control Device for a Superconducting Half-Wave Resonator

R. E. Nemchenko^{1, *} and M. A. Gusarova¹

¹*National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow, 115409 Russia*

**e-mail: nemchenko.r.e@gmail.com*

Received June 4, 2020; revised July 10, 2020; accepted July 13, 2020

Abstract—The results of mechanical and electrodynamic calculations of a frequency tuner for the half-wave superconducting resonator operating at 325 MHz and a relative speed of 0.21 for the Nuclotron-NICA megascience injection facility are presented. The tuner compensates for the resonance frequency drift caused by external factors. Methods for tuning the frequency of half-wave resonators are considered, the method most suitable for the conditions of the project is selected, and the design of a frequency tuner is developed.

Keywords: frequency adjustment, half-wave resonator