Источники питания магнитов ускорителей и имплантеров

Источники питания поворотных магнитов ускорителей и имплантеров

Траекторией и фокусировкой пучков заряженных частиц управляют поворотные магниты, квадрупольные линзы, масс-сепараторы и корректирующие катушки. Их используют в линейных ускорителях, циклотронах, синхротронах и промышленных ионных имплантерах. Точность работы этих магнитов определяется источником тока, который их питает.

Почему важна стабильность тока

Радиус траектории частицы в магнитном поле обратно пропорционален индукции: r = p / (qB). Индукция, в свою очередь, пропорциональна току в обмотке. Поэтому любые колебания и дрейф тока сразу сдвигают пучок.

- **В ускорителе** это размывает пучок, снижает интенсивность и смещает фокус на мишени.
- **В имплантере** нарушается масс-сепарация, и легирование пластин становится неоднородным.

ГРАНИТ-ИТТ (Томск) проектирует и производит прецизионные источники тока для электромагнитов на инверторной платформе. Они заменяют изношенные электромашинные, тиристорные и аналоговые стабилизаторы тока.

Особенности источников тока для электромагнитов

Обмотка магнита — это большая индуктивность при малом сопротивлении, к тому же она нагревается при работе. Источники ГРАНИТ-ИТТ рассчитаны на такую нагрузку.

Долговременная стабильность тока

Выходной ток держится с точностью до ±[0,005]% от номинала. При многочасовой работе обмотки нагреваются и их сопротивление растёт, но источник компенсирует это, и поле не дрейфует.

Низкие пульсации

Высокая частота преобразования и многоступенчатый фильтр снижают пульсации тока до 0,01% и ниже. Пучок не колеблется в зазоре магнита, квадруполя или масс-сепаратора.

Программируемая рампа тока

Резкое изменение тока в большой индуктивности даёт выброс напряжения самоиндукции и бросок пучка. Контроллер задаёт форму, скорость и время нарастания и спада тока — от долей ампера до сотен ампер в секунду. Магнит выходит на режим плавно, без бросков тока в цеховой сети и смещений пучка.

Защита при обрыве и аварийном отключении

Энергия, накопленная в индуктивности магнита, при обрыве цепи даёт мощный импульс самоиндукции. Встроенная защита (диоды обратного тока и варисторы / активный демпфирующий контур) гасит эту энергию внутри блока и защищает силовые транзисторы.

Ток от нуля до 800 А и реверс

Ток плавно регулируется от нуля до 800 А. Опция смены полярности позволяет работать с частицами разного знака заряда. Поддерживается размагничивание и циклирование по петле гистерезиса для воспроизводимости поля.

Технические характеристики

Параметр	Значение	На что влияет
Режим	Стабилизация тока (CC)	Компенсация нагрева обмоток
Долговременная стабильность	±0,005…±0,01% за 8–24 ч условия: прогрев 30 мин, температура 25-30 °C	Положение пучка на мишени или в канале сепарации
Пульсации тока (СКЗ)	0,01–0,05%	Положение и фокусировка пучка
Выходной ток	10–800 А, по Т3	Сила поля магнита
Выходное напряжение	100 В	Скорость рампы при большой индуктивности
Рампа тока	Программируемая	Безопасный пуск и останов, отсутствие бросков пучка
Защита от самоиндукции	диоды обратного тока и варисторы / активный демпфирующий контур	Защита электроники при обрыве цепи
Реверс полярности	Опция	Работа с частицами разного знака заряда
Интерфейсы	(RS-485, Ethernet) Modbus RTU / ASCII/ мод. ASCII, SCPI, импульсный по требованию	Управление из системы управления ускорителем

Области применения

1. **Ускорители.** Питание поворотных магнитов, квадрупольных линз, корректирующих магнитов, систем инжекции и вывода пучков электронов, протонов и тяжёлых ионов в линейных ускорителях и циклотронах. Для синхротронов и бетатронов.
2. **Ионные имплантеры.** Модернизация питания главных поворотных магнитов и масс-сепараторов установок «Везувий» (модели 1, 3, 3М, 5, 8, 9, 11, 12, 13, 15, 16), «Лада-20/30», «Днепр».
3. **Замена импортных источников тока.** Например, Spellman, Danfysik, Advanced Energy в научном и промышленном оборудовании.

Частые вопросы

Какая стабильность тока нужна для поворотного магнита?

Зависит от требований к положению пучка. Для большинства ускорителей и имплантеров достаточно ±0,01% и лучше; источники ГРАНИТ-ИТТ обеспечивают до ±0,005%.

Можно ли заменить старый источник питания имплантера «Везувий»?

Да — источник подбирается под ток, напряжение и индуктивность обмоток магнита. Обычно вносятся изменения в систему управления установкой (автоматизация).

Какие данные нужны для подбора источника?

Максимальный ток, сопротивление и индуктивность обмотки, требуемые стабильность и скорость изменения тока.

Подобрать источник тока для вашего магнита

Нужна замена стабилизатора тока, модернизация питания магнитов ускорителя или имплантера? Укажите параметры нагрузки — инженеры ГРАНИТ-ИТТ подберут источник для НИИ, радиационного центра или микроэлектронного производства.

Spellman, Danfysik, Advanced Energy — товарные знаки их владельцев. Названия приведены только для указания на заменяемое оборудование; ГРАНИТ-ИТТ не связан с этими компаниями.