Источники питания электронных пушек до 120 кВ

Источники питания электронных пушек для сварки, плавки и нагрева

Электронно-лучевая сварка, плавка и нагрев применяются в авиадвигателестроении, ракетостроении, атомной промышленности и металлургии тугоплавких металлов. Стабильность пучка, форма зоны проплавления и отсутствие дефектов зависят от источника питания электронной пушки.

ГРАНИТ-ИТТ (Томск) проектирует и производит регулируемые высоковольтные источники питания электронно-лучевых установок (ЭЛУ) на инверторной платформе. Они работают с термокатодными пушками и пушками с плазменным катодом. (Источник ускоряющего напряжения СПНЭЛ-30 и Блок формирования луча для электронно-лучевой пушки СПУ-200М)

Типы электронных пушек

Источники питания термокатодных пушек

Электроны испускает нагретый катод. Ток пучка ограничен пространственным зарядом и растёт с ускоряющим напряжением по закону степени 3/2. Источники ГРАНИТ-ИТТ работают с катодами:

- **прямого накала** — вольфрамовые проволочные или ленточные;
- **косвенного накала** — таблетки из гексаборида лантана (LaB_6), гексаборида церия (CeB_6) или вольфрама, нагреваемые электронной бомбардировкой.

Что входит в источник:

- **Канал накала.** Высокочастотный инвертор стабилизирует ток или мощность накала с точностью до 1%, поэтому ток пучка не плавает.
- **Плавный пуск накала.** Программируемая рампа выводит катод на режим постепенно, снижая термические напряжения и продлевая ресурс катодного узла.
- **Канал электронной бомбардировки** для катодов косвенного накала.
- **Источник смещения управляющего электрода (Венельта).** Своим отрицательным полем формирует сфокусированный луч и задает его итоговый ток.

Источники питания пушек с плазменным катодом

Электроны извлекаются из плазмы вспомогательного дугового или тлеющего разряда внутри пушки. Горячего катода нет, поэтому пушки с плазменным катодом хорошо работают при ухудшенном вакууме, в реактивных газах и при интенсивном испарении металла — при плавке, напылении, сварке.

- **Канал вспомогательного разряда.** В силовой шкаф встроен отдельный низковольтный стабилизированный канал поджига и поддержания разряда.
- **Стабилизация тока пучка.** Автоматика регулирует плотность плазмы через ток вспомогательного разряда или подачу газа и держит ток пучка постоянным при изменении давления в камере.

Сравнение источников для двух типов пушек

Параметр	Термокатодные пушки	Пушки с плазменным катодом	На что влияет
Ускоряющее напряжение	до 30–150 кВ	до 30–40+ кВ	Глубина проплавления
Мощность	10–300+ кВт	5–60+ кВт	Толщина металла, объём плавки
Дополнительный канал	Накал (до 100+ А)	Вспомогательный разряд	Условия эмиссии электронов
Давление в пушке	не хуже 10^{-3} Па	до 1–10 Па	С плазменным катодом может не понадобиться дифференциальная откачка
Отключение при пробое	< [500] нс	< [500] нс	Защита деталей от прожогов и кратеров

Области применения

1. **Электронно-лучевая сварка (ЭЛС).** Глубокое кинжальное проплавление тугоплавких, химически активных и разнородных металлов с минимальной деформацией — узлы авиадвигателей, ракетная и атомная техника.
2. **Электронно-лучевая плавка и рафинирование.** Многочасовая стабильная мощность для переплава и очистки титана, тантала, ниобия, вольфрама в вакууме.
3. **Нагрев и обработка поверхности.** Импульсный и непрерывный нагрев, поверхностное упрочнение, дегазация, электронно-лучевое ассистирование при напылении.

Преимущества источников ГРАНИТ-ИТТ

- **Быстрое отключение при пробое.** Пары металла и газовыделение вызывают пробои ускоряющего промежутка. Источник ограничивает ток пробоя параметрически и останавливает пробой на начальной стадии — детали не прожигаются.
- **Автоматический перезапуск.** После пробоя источник сам восстанавливает пучок, процесс не останавливается.
- **Блокировки безопасности.** Блокировка дверей и наличие вакуума, заземление выхода при отключении и т. д.
- **Управление из АСУ ТП.** RS-485, Modbus, Ethernet — мониторинг и телеметрия.

Замена импортных источников питания ЭЛУ

Источники ГРАНИТ-ИТТ подходят для замены импортных источников питания электронно-лучевых установок, например Spellman, Advanced Energy, TRUMPF Hüttinger, а также штатных источников установок Von Ardenne и Sciaky. Модернизация стойки питания позволяет сохранить действующие

вакуумные камеры и перевести сервис на российского производителя.

Частые вопросы

Какой источник нужен для электронно-лучевой сварки?

Источник ускоряющего напряжения с накалом и управляющим электродом для термокатодной пушки или с каналом разряда — для пушки с плазменным катодом. Напряжение и мощность подбираются под толщину металла.

Чем пушка с плазменным катодом лучше термокатодной?

В ней нет горячего катода, поэтому она работает при худшем вакууме и в реактивных газах. Ограничение — ускоряющее напряжение обычно ниже, чем у термокатодных пушек.

Можно ли заменить импортный источник на существующей ЭЛУ?

Да — источник подбирается под пушку, кабели и систему управления.

Подобрать источник питания для электронной пушки

Нужна модернизация стойки питания ЭЛУ, замена импортного источника или источник под индивидуальные параметры? Заполните форму — инженеры ГРАНИТ-ИТТ подберут конфигурацию.

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