

## **ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ ИОННО-ПЛАЗМЕННОЙ ОЧИСТКИ ДЕТАЛЕЙ АВИАКОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ**

Детали специального назначения, которые подвергаются жестким условиям эксплуатации в различных средах, должны иметь и специфические требования к своей поверхности, особенно это относится к деталям авиакосмической техники, работающим в экстремальных условиях.

В настоящее время для модификации поверхности ответственных деталей, в том числе и для деталей газотурбинных двигателей (ГТД), применяют различные технологические процессы. Как показывает анализ, наиболее эффективной технологией обработки поверхности деталей является вакуумное ионно-плазменное напыление [1, 2], которое имеет широкий выбор наносимых покрытий с заданными характеристиками и возможностью автоматизации всех процессов.

Однако, чтобы обеспечить качественное покрытие, необходимо подготовить поверхности деталей перед напылением. Поэтому необходимо в технологический процесс нанесения покрытий включить операцию, которая бы позволила в вакуумной камере, непосредственно перед напылением, качественно очистить деталь и активировать ее поверхность.

Как правило, для этих целей используют ионно-плазменную очистку и другие специфические технологические процессы в глубоком вакууме [3].

Ионную очистку осуществляют методами с использованием специализированных высоковольтных источников питания (ВИП), которые способны работать в сложных условиях динамической нагрузки плазменных процессов. Для этих условий работы был разработан и изготовлен высоковольтный источник питания ВИП-2-15, общий вид которого представлен на рисунке 1 [4].

ВИП-2-15 изготовлен для работы в нормальных климатических условиях и может эксплуатироваться в помещениях, отвечающих требованиям эксплуатации вакуумного оборудования, при температуре окружающего воздуха +10–30 °С и влажности не более 70 %.

Питание ВИП-2-15 осуществляется от трехфазной сети 3×380В±10 % частотой 50(60) Гц. Габаритные размеры 600×1900×400 мм.

Величина выходного напряжения — регулируемая 250–2000 В при токе в нагрузке 0,5–15 А, а величина пульсаций выходного напряжения при максимальном токе нагрузки и максимальном выходном напряжении не более 3 %. Темп подъема напряжения — регулируемый и находится в пределах 5,0–10 В/с.

Амплитуда тока срабатывания защиты — регулируемая 5,1–15,1 А, а время срабатывания защиты от коротких замыканий и перегрузок по току не более 1 мкс.

Управление этим ВИП осуществляется с использованием информационных технологий [5], поскольку человеческий фактор может привести к серьезным экономическим потерям. Это связано, прежде всего, с тем, что все процессы, протекающие при ионно-плазменной очистке, в том числе, темп нарастания и сброса выходного напряжения, должны изменяться в зависимости от режима технологического процесса, качества поверхности изделий, интенсивности возникновения микродуговых процессов и прочих явлений, связанных с тестированием работоспособности основных функциональных узлов ВИП и систем защиты.

На рисунке 2 приведен типовой режим изменения выходного напряжения ВИП-2-15 от времени для технологического процесса ионной очистки деталей газотурбинных двигателей, где также отображены режимы контроля зарождения микродуговых привязок и их гашение. Кроме этого, на графике отражены режимы скорости подъема напряжения до и после гашения микродуговых привязок.



а

б

Рисунок 1 — Общий вид высоковольтного источника питания ВИП-2-15: а — общий вид функциональных узлов ВИП, при открытой двери; б — общий вид с системами ручного управления и подключенными коммуникациями

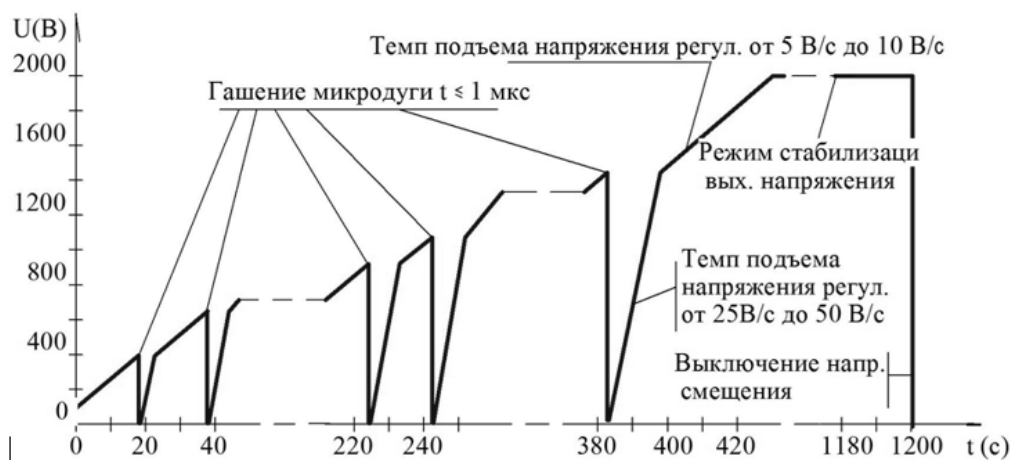


Рисунок 2 — Типовой режим выходного напряжения ВИП-2-15 от времени в процессе ионной очистки деталей газотурбинных двигателей

Для управления динамическими режимами всех функциональных узлов источника питания ВИП-2-15, предназначенного для ионно-плазменной очистки деталей авиакосмической техники, была разработана многомерная информационно-управляющая система (ИУС), работающая в режиме реального времени.

При разработке ИУС учитывались не только множество управляемых и контролируемых параметров, но и влияние возмущающих факторов, возникающих при различных режимах работы ВИПа и различного рода электромагнитных помех, которые существенно снижают вероятность достижения цели управления.

Обмен информацией между подсистемами осуществляется через подсистему сбора информации и общего управления, которая, в свою очередь, получает от технолога или оператора управляющие сигналы для проведения соответствующего технологического режима.

Технолог может задавать общий режим работы комплексом ионно-плазменного напыления, в том числе режим работы системы ионно-плазменной очистки деталей авиакосмической техники. Режим работы выбирается в зависимости от типа детали, конструктивных особенностей и материала, из которого она изготовлена.

Оператор через подсистему удаленного управления осуществляет сбор текущей информации и ее визуализацию, может корректировать информацию в базе данных для соответствующих режимов.

### Список литературы

1. Защитные и упрочняющие ионно-плазменные покрытия для лопаток и других ответственных деталей компрессора ГТД / С. А. Мубояджян, Д. А. Александров, Д. С. Горлов, Л. П. Егорова, Е. Е. Булавинцева // *Авиационные материалы и технологии*. — 2012. — № 5. — С. 71–80.
2. Ионно-плазменные защитные покрытия для лопаток газотурбинных двигателей / Е. Н. Каблов, С. А. Мубояджян, С. А. Будиновский, Я. А. Помелов // *Конверсия в машиностроении*. — 1999. — № 2. — С. 42–47.
3. Современные методы финишной очистки интенсивными потоками энергии : монография / О. В. Шипуль, Е. В. Цегельник, А. О. Гарин и др. — Х. : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2013. — 189 с.
4. Бакаев, О. В. Высоковольтный источник питания для ионной очистки лопаток газотурбинных двигателей / О. В. Бакаев // *Сборник научных работ 44 й международной научной конференции Евразийского Научного Объединения* (г. Москва, октябрь 2018). — М. : ЕНО, 2018. — С. 44–46.
5. Грибков, А. Н. Информационно-управляющие системы многомерными технологическими объектами: теория и практика : монография / А. Н. Грибков, Д. Ю. Муромцев. — Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. — 164 с.