отопление и вентиляцию здания за отопительный период. Поэтому российский энергоэффективный дом, сравнительно с европейским, экономит меньшее количество энергоресурсов.

В связи с этим, в РФ вводятся новые нормы. Положение новых СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» позволяет повысить энергоэффективность строящихся домов. Однако, многие компании продолжают инвестировать средства в строительство зданий с низким уровнем энергосбережения, экономя на затратах на энергоэффективное строительство.

В качестве вывода заметим, что концепция формирования энергоэффективного многоквартирного дома не доработана, требуется поиск технических решений и анализ эффективности в климатических условиях РФ. Также стоит отметить, что не существует одного средства, которое смогло бы самостоятельно повысить энергоэффективность и комфорт в многоквартирном жилом здании. Здесь необходимо учитывать два основных принципа: хорошо использовать все технологии «понамного» и рассматривать их целесообразность, которая, прежде всего, связана с окупаемостью. Так вполне реально уменьшить в четыре раза затраты на энергообеспечение всего здания, а также затраты всех жильцов дома.

1. Васильев Г. П. Повышение энергоэффективности многоквартирных домов / Васильев Г. П. // Журн АВОК «Энергосбережение». – 2016. – №5. – 8 с.
2. Попова М. В. Методы повышения энергоэффективности зданий: учебное пособие / М. В. Попова, Т. Н. Яшкова. – Владимир: ВГУ, 2014. – 111 с

Салынов И. А.

Восстановление окислившегося импрегнированного вольфрамо-бариевого катода путём его активировки

*ООО «Импульсные технологии»
(Россия, Рязань)*

doi: 10.18411/lj-30-09-2017-26
idsp: 000001:lj-30-09-2017-26

Аннотация

В данной работе исследуется возможность восстановления эмиссионной способности импрегнированного вольфрамо-бариевого катода, отравленного (окислившегося) во вредных для него условиях, путём его термической обработки в вакууме – активировке.

Ключевые слова: термоэлектронная эмиссия, импрегнированные катоды косвенного накала, вольфрамо-бариевые катоды, термическая активировка катодов, вольт-амперная характеристика импрегнированного катода.

Для эксперимента был выбран импрегнированный вольфрамо-бариевый катод косвенного накала, несколько лет находившийся во вредных для него условиях (на воздухе с повышенной влажностью). Для проверки работоспособности катода, он был смонтирован на ножке в экспериментальном макете, который представляет собой стеклянный баллон, его фотография представлена на рис.1. Стеклянный баллон непрерывно откачивался магниторазрядным насосом до уровня вакуума не ниже 10^{-7} мм. рт. ст. Температура электродов в макете измерялась с использованием пирометра.

В начале эксперимента при подаче номинального значения напряжения накала подогревателя катода $U_{\text{накала катода}} = 6,3$ В, $P_{\text{накала катода}} = 5,3$ Вт и ускоряющего напряжения

$U_{\text{анода}} = 4 \text{ кВ}$, термоэмиссия с катода не была обнаружена. Был сделан вывод, что катод окислился в результате долгого времени нахождения в условиях повышенной влажности.

Рис.1. Экспериментальный макет с испытуемым катодом внутри;

А – анод, молибденовый диск диаметром 20 мм и толщиной 0,5 мм; К – катод, площадь эмиттирующей поверхности 7,07 мм².

Для проверки возможности восстановления эмиссионной способности катода была произведена его активировка. Физические основы и последовательность процесса активировки термоэмиссионных катодов подробно изложены в научной литературе [1]. Процесс активировки проводился в режиме постоянного тока.

В начале производилось обезгаживание катода путём его нагрева подогревателем катода до рабочей температуры 950 °С ($U_{\text{накала катода}} = 6,3 \text{ В}$, $P_{\text{накала катода}} = 5,3 \text{ Вт}$) при вакууме не ниже 10^{-5} мм.рт.ст. Эта стадия длилась 60 минут. Далее проводилась термическая активировка катода, которая происходила за счёт нагрева катода подогревателем до температуры 1200 °С в течение 15 минут при вакууме не ниже 10^{-7} мм.рт.ст. В результате термической активировки при установке на катод рабочей температуры 950 °С и подаче анодного напряжения 500 В на аноде появился нестабильный ток, принимавший значения до 0,3 мА.

Далее проводилось обезгаживание анода анодным током при температуре катода 950 °С, между катодом и анодом плавно поднималось напряжение до 1,5 кВ. При этом анодный ток постепенно поднимался до 1 мА при вакууме не ниже 10^{-7} мм.рт.ст., а температура анода достигала 600 °С. Эта стадия продолжалась 40 минут. Когда анодный ток стабилизировался на значении 1 мА при анодном напряжении 1,5 кВ, процесс активировки был закончен.

Для проверки работоспособности катода после его полного остывания его нагрели до рабочей температуры 950 °С и подали ускоряющее напряжение между катодом и анодом 700 В. На аноде появился ток 0,94 мА. Чтобы убедиться, что наблюдаемый ток

является током термоэлектронной эмиссии с катода, а не каким-либо другим током, накал катода был выключен. Когда катод остыл, снова было подано ускоряющее напряжение 4 кВ, но без включения накала катода. Тока на аноде не появилось. Таким образом, наблюдаемый ток на аноде появлялся только при нагревании катода, что позволяет сделать вывод, что это ток термоэлектронной эмиссии с катода.

Была снята вольт-амперная характеристика катода при номинальной величине напряжения и мощности накала $U_{\text{накала катода}} = 6,3 \text{ В}$, $P_{\text{накала катода}} = 5,3 \text{ Вт}$. Графическое изображение полученной вольт-амперной характеристики показано на рис.2.

На графике видно, что ток термоэмиссии катода не перешёл в состояние насыщения. Согласно [1], максимально возможная плотность тока термоэлектронной эмиссии импрегнированного вольфрамо-бариевого катода в режиме постоянного тока составляет $j_s \approx 0,04 - 0,1 \text{ А/мм}^2$. Площадь рабочей поверхности используемого катода $S = 7,07 \text{ мм}^2$, максимально отбираемый ток в эксперименте $I_{\text{анода}}^{\text{max}} = 3,2 \text{ мА}$. Достигнутая плотность тока составила $j_s = 0,71 \text{ мА/мм}^2$, что гораздо меньше максимально возможной плотности тока такого катода.

Рис. 2. ВАХ катода при рабочей величине накала.

В экспериментальном макете значение тока анода не поднималось выше 3,5 мА, так как конструкция анода не рассчитана на рассеивание мощности более 5 Вт.

Вывод: В данном эксперименте был взят импрегнированный вольфрамо-бариевый катод косвенного накала, не дающий термоэмиссии при номинальных значениях накала подогревателя и ускоряющего напряжения. После проведения процесса активировки данного катода в стеклянном баллоне при накале подогревателя катода до рабочей температуры 950 °С и включении ускоряющего напряжения между катодом и анодом 1,4 кВ был получен ток на аноде 3,2 мА. Была снята вольт-амперная характеристика катода в номинальном режиме работы. При выключенном накале подогревателя и подаче ускоряющего напряжения 4 кВ ток на аноде не появился. Отсюда можно сделать вывод, что наблюдаемый ток является током термоэлектронной эмиссии вольфрамо-бариевого импрегнированного катода, то есть катод поддаётся восстановлению эмиссионной способности путём термической обработки.

Таким образом, в результате эксперимента достигнута величина термоэмиссионного тока 3,2 мА, что показывает возможность восстановления

эмиссионной способности импрегнированных катодов после длительного воздействия на них атмосферных условий.

В дальнейшем планируется продолжение исследования термоэмиссии данного восстановленного импрегнированного вольфрамо-бариевого катода при плотности тока термоэлектронной эмиссии близкой к максимально возможной у импрегнированных катодов. Для этого будет изготовлен экспериментальный макет с более высокой допустимой рассеиваемой мощностью на аноде.

1. Кудинцева Г.А., Мельников А.И., Морозов А.В., Никонов Б.П. Термоэлектронные катоды // Москва - Ленинград : Энергия, 1966.

Салынов И.А.

**Исследование работы импрегнированного вольфрамо-бариевого катода в
недокаленном режиме**

*ООО «Импульсные технологии»
(Россия, Рязань)*

doi: 10.18411/lj-30-09-2017-27

idsp: 000001:lj-30-09-2017-27

Аннотация

В данной работе исследуется эмиссионная способность импрегнированного вольфрамо-бариевого катода косвенного накала на пониженной мощности накала.

Ключевые слова: термоэлектронная эмиссия, импрегнированные катоды косвенного накала, вольфрамо-бариевые катоды, режим пониженного накала импрегнированного катода, вольт-амперная характеристика импрегнированного катода.

В работе исследовался импрегнированный вольфрамо-бариевый катод косвенного накала, с площадью эмиттирующей поверхности 7,07 мм², имеющий оптимальный рабочий режим при напряжении накала $U_{\text{накала катода}} = 6,3$ В и мощности накала подогревателя катода $P_{\text{накала катода}} = 5,3$ Вт ($T_{\text{накала катода}} = 950$ °С).

Ожидается, что снижение температуры катода уменьшит распыление бария Ва с его поверхности, а уменьшение расхода запасов бария в активной части катода должно увеличить его долговечность. Кроме того, снижение напыления бария на поверхность электродов должно способствовать увеличению электрической прочности прибора, что особенно важно для высоковольтных приборов. С другой стороны, при работе импрегнированного катода на пониженной мощности накала катода увеличивается риск отравления катода остаточным газом в приборе.

Для проведения эксперимента катод был смонтирован на ножке в экспериментальном макете, который представляет собой стеклянный баллон, фотография представлена на рис.1. Стеклянный баллон непрерывно откачивался магниторазрядным насосом до уровня вакуума не ниже 10^{-7} мм. рт. ст. Температура электродов в макете измерялась с использованием пирометра.

В начале эксперимента была снята вольт-амперная характеристика катода при номинальной мощности накала катода 5,3 Вт и напряжении накала 6,3 В. Полученные значения тока анода $I_{\text{анода}}$ при заданных значениях ускоряющего напряжения $U_{\text{анода}}$ изображены в вольт-амперной характеристике на рис.2.

Далее были сняты вольт-амперные характеристики для мощностей накала подогревателя катода: $P_{\text{накала катода}} = 3,7$ Вт (на 30% меньше первоначальной), $P_{\text{накала катода}} = 3,0$ Вт (на 43% меньше первоначальной), $P_{\text{накала катода}} = 2,5$ Вт (на 53% меньше