

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО- ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

УДК 621.373:692.233.2

DOI: 10.25206/1813-8225-2019-167-77-81

В. А. ЗАХАРЕНКО
В. В. ЗАХАРЕНКО
М. Ю. НИКОЛАЕВ
А. Г. ШКАЕВ

Омский государственный
технический университет,
г. Омск

ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНАЯ ОЧИСТКА КАРНИЗОВ

Представлены результаты разработки автоматических устройств для удаления льда и наледей с карнизов зданий и сооружений, в которых реализована технология электроимпульсных преобразований электрической энергии в импульсную механическую силу. В одном из вариантов предложено в качестве источника электрической энергии использовать солнечную батарею, при этом представленные схмотехнические решения обеспечивают автономность ее работы в автоматическом режиме. Приведены результаты натурных испытаний устройства, подтвердившие эффективность его работы.

Ключевые слова: электроимпульсный преобразователь, электромагнитное взаимодействие, импульсная механическая сила, солнечная батарея, удаление льда.

Введение. Задачей данной работы является разработка автономного, эффективного, экономичного и низкзатратного средства удаления опасного для жизни граждан льда и наледи с карнизов зданий и сооружений. Электроимпульсные технологии очистки поверхностей от налипания различных веществ находят широкое применение в строительстве, машиностроении, железнодорожном транспорте, теплоэнергетике и других сферах производственной деятельности [1–10]. Это связано с необходимостью удаления со стенок и конструктивных элементов оборудования различных материалов, в том числе сосулек и наледей с карнизов и кровель домов. Впервые идея электроимпульсной противообледенительной системы была предложена известным автором и популяризатором таких технологий И. А. Левиным в середине 60-х годов [1–3, 7].

Скапливающийся на крышах лед представляет большую опасность как для проживающих в домах, так и для тех, кто находится в зоне падения сосулек. Падение сосулек с большой высоты может стать причиной серьезных травм. Настоящая работа посвящена разработке автоматических электроимпульсных установок для удаления льда с карнизов зданий. В одном из вариантов технической реализации предлагается автономная электроимпульсная установка с электропитанием от солнечных батарей.

Постановка задачи. На сегодня в сфере ЖКХ применяют 3 вида методов борьбы с накоплением на крыше наледей и сосулек:

— химические. Этот метод борьбы с наледью заключается в обработке поверхности кровельного материала специальными гидрофобными соста-

вами, которые облегчают соскальзывание ледяной корки со ската;

— механические. Механические способы уборки заключаются в расчистке карнизов вручную с помощью специального инструмента;

— профилактические. К профилактическим мерам относится установка антиобледенительной системы, которая состоит из нагревательных кабелей и модуля управления их нагрева. К профилактическим мерам следует отнести и предлагаемую электроимпульсную технологию очистки карнизов от сосулек и наледей.

Стоимость гидрофобных препаратов при применении химических методов достаточно велика и составляет 600–900 руб. за литр. Инструкции предписывают наносить гидрофобные композиции с помощью валика или кисти на поверхность ската в теплое время года. Механические способы предполагают использование ручного труда на высоте. Согласно текущим расценкам, стоимость ручной уборки одного погонного метра крыши от сосулек составляет 20–50 руб. в зависимости от высоты здания. Применение антиобледенительных систем на основе нагревательных кабелей стоимостью 400–900 руб. за метр и с потреблением 30–60 ватт на погонный метр дорого и энергозатратно. Такие системы в десятки тысяч раз потребляют больше электроэнергии, чем альтернативные электроимпульсные системы с потребляемой мощностью в единицы ватт. Например, для борьбы с обледенением при помощи джоулева тепла, выделяемого нагревательными кабелями на 1,0 кв. м очищенной поверхности требуется около 25 кВт электрической энергии, а импульсный метод требует (4–5) Вт. Очевидно, что в рамках задач по энергосбережению применение систем на основе нагревательных кабелей в сравнении с электроимпульсными системами менее предпочтительно. Таким образом, разработка электроимпульсных систем для очистки карнизов от сосулек и обледенения представляется актуальной.

Теория. В основу работы электроимпульсных устройств положено вихревое бесконтактное взаимодействие электромагнитного поля индуктора с электропроводными поверхностями. Возникающая при этом интенсивная и высокоскоростная деформация создает мгновенные ($10^{-4}–10^{-5}$ с) механические перегрузки, разрушающие связи веществ с поверхностями, не нарушая механической прочности самих поверхностей. Функциональная схема, иллюстрирующая принцип работы устройства, приведена на рис. 1.

Схема работает следующим образом: емкостный накопитель от источника питания заряжается до высокого напряжения (киловольты), после чего по команде блока управления за 10^{-6} с открывается тиристор, и импульс тока протекает через индуктор, создавая в электропроводной поверхности вихревые токи. Взаимодействие вихревых токов с током в катушке индуктора создает импульсное механическое взаимодействие между индуктором и электропроводной поверхностью, которая вызывает упругую деформацию очищаемой поверхности [4]. Энергетический выигрыш в этом устройстве получается за счет того, что энергия в ёмкости накапливается минуты, а тратится за ($10^{-4}–10^{-6}$ с), при этом выигрыш по мощности составляет 10^6 и более (аналог взрыва).

Разработка электрических схем. На основе функциональной схемы, приведённой на рис. 1,

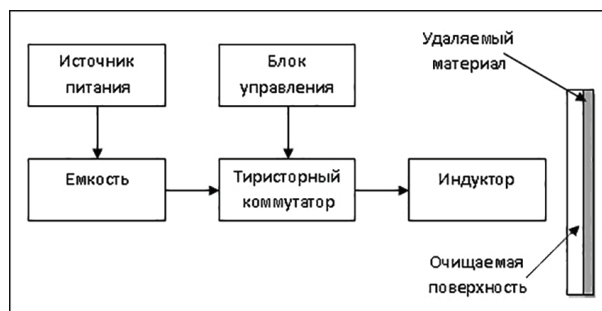


Рис. 1. Функциональная схема устройства импульсной очистки

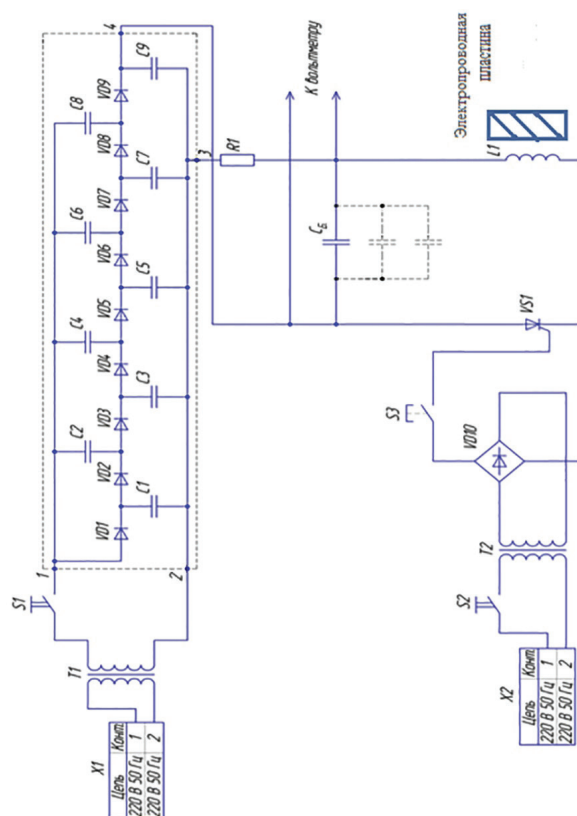


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная

и технических решений, предложенных в [4], разработана схема электрическая принципиальная силовой электроимпульсной установки для очистки карнизов от сосулек и наледей (рис. 2). Работа электрической схемы: напряжение питающей сети ~220 В поступает на трансформатор T1 с коэффициентом трансформации $K=1$, обеспечивая гальваническую развязку с сетью. На диодах VD1–VD9 и конденсаторах C1–C9 собран множитель напряжения по схеме Шенкеля–Вилларда [4, 5]. Умножитель напряжения заряжает блок высоковольтных конденсаторов C_B . Сопротивление R1 является токоограничивающим при заряде конденсаторов. Напряжение заряда конденсатора контролируется выносным вольтметром. С помощью высоковольтного тиристора VS1 осуществляется разряд накопленной в блоке конденсаторов энергии через индуктор L1. Кнопкой S3 осуществляется открытие тиристора VS1. Через трансформатор T2 и кнопку S2 от сети ~220 В через диодный мост VD10 к управляющему

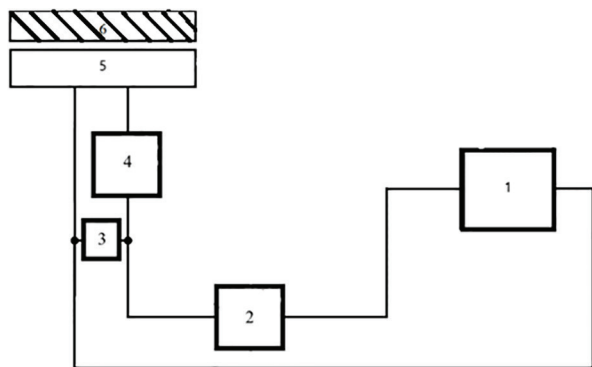


Рис. 3. Функциональная схема автономного устройства для удаления льда с карниза здания:
1 — солнечная батарея; 2 — полупроводниковый диод;
3 — конденсатор; 4 — триггерный неуправляемый диод (динистор); 5 — электромагнитный индуктор вихревых токов; 6 — ударная пластина

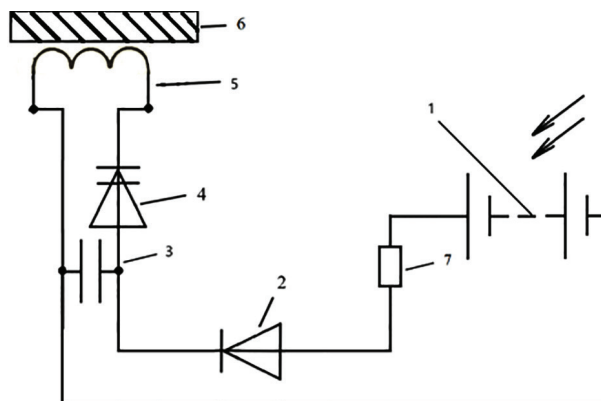


Рис. 4. Электрическая схема реализации автономного устройства для удаления льда и наледей



Рис. 5. Основные элементы установки

электроду тиристора VS1 подводится управляющее напряжение для его открытия. Открытие тиристора приводит к протеканию через тиристор VS1 и индуктор L1 силового импульса тока, создающего в электропроводной поверхности вихревые токи, магнитное поле которых, взаимодействуя с магнитным полем, создаваемым силовым током в индукторе, приводит к генерации импульса механических сил [5, 6], воздействующих на шток крепления рейки, сбивающей сосульки и наледь. Для работы схемы в автоматическом режиме вместо кнопки S3 подключается микропроцессорный программируемый коммутатор, с помощью которого задаётся время паузы между импульсами токов через индуктор.

Следует отметить, что представленная электрическая схема требует обеспечения электроснабжения устройства и ее подключения к домовым электрическим сетям, что может представлять определённые трудности.

Авторами предложен вариант полностью автономного устройства с питанием от солнечной батареи. Следует отметить целесообразность использования питания устройства от солнечных батарей не только в связи с решаемыми при этом задачами автономности и энергосбережения, но и в связи с предполагаемым размещением самого устройства на крышах зданий, что сокращает расходы на монтаж систем электроснабжения, связанные

с его подключением к силовой электропитающей сети и на их эксплуатацию.

На рис. 3 изображена функциональная схема автономного устройства для удаления льда и наледей с карнизов зданий.

На рис. 4 приведена электрическая схема реализации, в соответствии с рис. 3, автономного устройства для удаления льда и наледей с карнизов зданий.

Работа устройства. Устройство по схеме, приведённой на рис. 4, работает следующим образом. Солнечная батарея 1 заряжает через диод 2 и резистор 7 ёмкостный накопитель энергии 3. По достижении на ёмкости 3 напряжения включения триггерного неуправляемого диода 4, достаточного для перехода его в открытое состояние, автоматически подключается электромагнитный индуктор 5, который создает электромагнитное поле, наводящее вихревые токи в электропроводной пластине 6, что приводит к созданию механической силы, разрушающей структуры гололедных отложений.

Таким образом, благодаря использованию триггерного неуправляемого диода и исключению программируемого коммутатора, обеспечивается автоматический режим работы устройства, а применение в качестве источника питания солнечной батареи обеспечивает автономность работы всего устройства. Согласно физике работы триггерного неуправляемого диода (динистора) [10], суть его



а)



б)

Рис. 6. Карниз до применения электроимпульсной установки (а), после применения электроимпульсной установки (б)



Рис. 7. Передвижной вариант опытной установки

работы заключается в том, что при прямом включении он не пропускает ток до тех пор, пока напряжение на его выводах не достигнет пороговой величины включения, которое задаётся в соответствии с типом динистора. Это связано с тем, что у триггерного неуправляемого диода нет управляющего вывода. Таким образом, отпадает необходимость в использовании программного коммутатора, а электромагнитный индуктор генерирует электро-

магнитное поле, создающее механический импульс, при достижении на электроразрядном источнике питания, состоящего из конденсаторного каскада, необходимого напряжения включения триггерного неуправляемого диода. Диод 2 необходим для исключения протекания тока от заряженной ёмкости к солнечной батарее в обратном направлении. Резистор 7 обеспечивает задание времени заряда ёмкости 3. При этом пауза между импульсами будет

определяться не только производением этого сопротивления на величину ёмкости, но и солнечной активностью.

Результаты внедрения и эксперименты. Установка в соответствии с разработанными функциональной и электрической схемами, приведёнными на рис. 1 и рис. 2, была изготовлена в лаборатории кафедры «Электроника» и испытана в марте 2019 года на карнизе входа в корпус спортзала ОмГТУ. На рис. 5 приведены фотографии основных элементов установки. На фотографиях (рис. 6) отражены результаты экспериментальных испытаний установки. На рис. 6а приведена фотография карниза с сосульками до применения электроимпульсной установки, а на рис. 6б — после её одиночного импульса. Длина, на которой удалялись сосульки, в эксперименте составила 1 метр. Оборудование опытной установки при эксперименте размещалось в багажнике легкового автомобиля (рис. 7).

Заключение.

1. Представленные схематические реализации технологии электроимпульсной очистки карнизов зданий и сооружений от наледей и льда и разработанные на её основе установки позволяют без ручного труда очищать карнизы крыш. Предлагается бороться со льдом не обогревом, а электроимпульсным воздействием.

2. Предложена электрическая схема устройства, питание которой обеспечивается от солнечной батареи. Устройство для удаления льда и наледей на основе разработанной схемы не требует дополнительного источника питания и работает автономно в автоматическом режиме.

Библиографический список

1. А. с. 213588 СССР, МПК В 64 D 15/06. Способ удаления льда с поверхности обшивки / Левин И. А. № 1002495/40-23; заявл. 19.04.65; опубл. 01.01.68, Бюл. № 5.
2. Пат. 2096269 Российская Федерация, МПК В 64 D 15/16. Способ удаления отложений, преимущественно льда, с очищаемой поверхности обшивки и устройство его осуществления / Левин И. А. № 4671256/11; заявл. 13.04.89; опубл. 20.11.97, Бюл. № 17.
3. Шильников П. Ю., Захаренко В. А. Электроимпульсная очистка поверхностей // Россия молодая: передовые технологии — в промышленность! 2013. С. 254–255.
4. Sarkar S., Ganguly S., Chakraborty S. Influence of combined electromagnetohydrodynamics on microchannel flow with electrokinetic effect and interfacial slip // MICROFLUIDICS AND NANOFUIDICS. 2017. 21 (3). DOI: 10.1007/s10404-017-1894-7.
5. Самохвалов В. Н., Самохвалова Ж. В. Магнитно-импульсная и электроимпульсная обработка деталей машин //

Современные проблемы теории машин. 2017. № 5. С. 113–115.

6. А. с. 918220 СССР, МПК В 65 G 65/30. Устройство для обрушения прилипшего к стенке бункера материала / Лиштван И. И. № 4047298; заявл. 31.03.86; опубл. 09.04.82, Бюл. № 45.

7. А. с. 1638285 СССР, МПК Е 04 D 13/076. Устройство для удаления льда с карниза здания и сооружения / Левин И. А. № 4667092; заявл. 24.02.89; опубл. 30.03.91, Бюл. № 12.

8. Adams L. J., Weisend N. A. Jr., Wohlwender T. E. Attachable electro-impulse de-icer. Patent US5129598 A; filed December 22nd, 1989; published July 14th, 1992.

9. Zhang Z. Q., Shen X. B., Lin G. P. Dynamic response analysis of multi-excitation structure of electro-impulse deicing system // IEEE International Conference on Aircraft Utility Systems (AUS). 2016. DOI: 10.1109/AUS.2016.7748192.

10. Кублановский Я. С. Тиристорные устройства. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Радио и связь, 1987. 110 с.

ЗАХАРЕНКО Владимир Андреевич, доктор технических наук, профессор (Россия), заведующий кафедрой «Электроника».

Адрес для переписки: zaha_vl@mail.ru

ЗАХАРЕНКО Владимир Владимирович, учебный мастер кафедры «Электроника».

Адрес для переписки: eltek_omsk@mail.ru

НИКОЛАЕВ Михаил Юрьевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий».

SPIN-код: 1649-8920

ORCID: 0000-0002-3046-2092

AuthorID (SCOPUS): 57193405906

ResearcherID: Y-9077-2018

Адрес для переписки: munp@yandex.ru

ШКАЕВ Александр Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Электроника».

SPIN-код: 5947-5090

AuthorID (SCOPUS): 55964305900

ResearcherID: E-5276-2014

Адрес для переписки: shkayev@mail.ru

Для цитирования

Захаренко В. А., Захаренко В. В., Николаев М. Ю., Шкаев А. Г. Электроимпульсная очистка карнизов // Омский научный вестник. 2019. № 5 (167). С. 77–81. DOI: 10.25206/1813-8225-2019-167-77-81.

Статья поступила в редакцию 27.09.2019 г.

© В. А. Захаренко, В. В. Захаренко, М. Ю. Николаев, А. Г. Шкаев