

Определено, что у светодиодных источников присутствует пусковой ток. Пусковой ток осветительного прибора со светодиодными источниками света – это токовый импульс или импульсы фиксированной длительности с амплитудными значениями, многократно превышающими величину рабочего тока, возникающие при включении ограничителей перенапряжений в сеть электропитания.

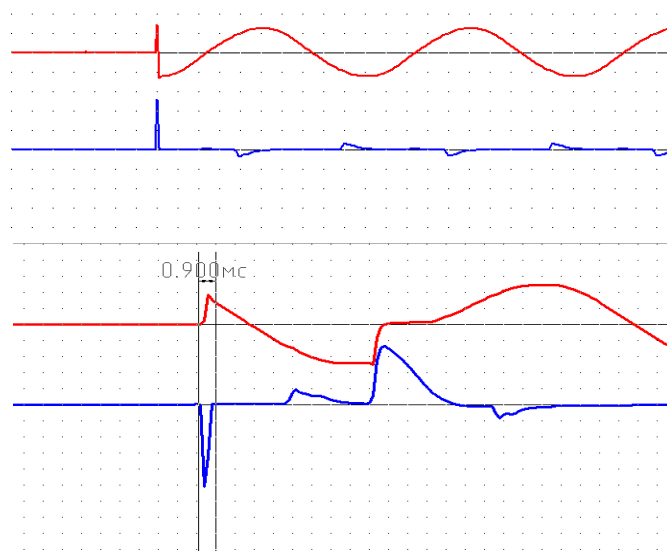


Рис. 3. Пусковые характеристики светодиодных источников света

На практике даже маломощные светодиодные лампы могут создавать значительные пусковые токи кратностью до 300 раз [2]. На величину пускового тока влияет момент включения осветительного прибора, соответствующий фазе изменения напряжения сети питания. Пусковой ток будет максимален в случае включения на максимуме напряжения и минимален – при включении в зоне перехода через нулевое значение (рис. 3).

#### Литература

1. Озолин, М. Имитатор сетевых импульсных помех / М. Озолин // Радио. – 2006. – № 4. – С. 22.
2. Электрические характеристики ОП со светодиодными источниками света. – Режим доступа: <https://led-e.ru/led-supply/elektricheskie-harakteristiki/>.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КАПИТАЛЬНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ЗАТРАТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

А. В. Байдилов

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

Научный руководитель Т. Н. Никулина

Задача экономически эффективного нагрева воды, которая используется в качестве теплоносителя в системах водяного отопления и горячего водоснабжения, была и остается актуальной независимо от способа осуществления этих процессов, конструкции системы отопления и источников получения тепла.

Огромное разнообразие современных новинок в этой сфере – котлов, радиаторов, насосов, генераторов – любого из нас заставят задуматься над тем, посредством каких критериев выбрать оптимальный для себя вариант и чему именно отдать предпочтение.

Сейчас доступны различные источники тепловой энергии: нефть, уголь, газ, дерево и электричество. У всех имеются свои преимущества, но, взвесив все критерии, такие как низкая стоимость капитальных вложений, хорошая управляемость, практически абсолютная чистота, большой комфорт и довольно скромные эксплуатационные расходы, легко прийти к выводу, что отопление с использованием теплового насоса – это выбор сегодняшнего и завтрашнего дня.

Для сравнительного анализа принято помещение с параметрами:

- город Минск;
- площадь помещения – 200–250 м<sup>2</sup>;
- тепловые потери – 12 кВт;
- месячный расход горячей воды – 16–20 м<sup>3</sup>, т. е. за год каждый тепловой насос должен будет вырабатывать 28100 кВт · ч тепловой энергии на нагрев горячего водоснабжения (ГВС);
- минимальная температура холодного периода года –26 °С;
- продолжительность отопительного периода – 7188 ч.

Для проведения сравнительного анализа эксплуатационных затрат приняты системы отопления на основе воздушного теплового насоса ZUBADAN, грунтового теплового насоса «Дроид» и системы отопления на основе электрического котла. Результаты расчета сведены в табл. 1.

Таблица 1

### Эксплуатационные затраты

Показатель	Система отопления на основе теплового насоса ZUBADAN	Система отопления на основе теплового насоса «Дроид»	Система отопления на основе электрического котла
Годовые затраты электроэнергии, кВт · ч	12676	8172	28141

*Примечание.* Собственная разработка.

Исходя из приведенных расчетов, видно, что годовые затраты электроэнергии системы отопления на основе тепловых насосов в несколько раз ниже затрат системы отопления на основе электрического котла.

Капитальные затраты также являются немаловажным аспектом при выборе теплового насоса. Необходимо учитывать стоимость не только основного и дополнительного оборудования, но и стоимость монтажа теплового насоса и котельной. Капитальные затраты приведены в табл. 2.

Таблица 2

### Капитальные затраты, условные единицы

Оборудование и ремонтные услуги	Тепловой насос ZUBADAN	Тепловой насос «Дроид»
Воздушный тепловой насос	12600	–
Грунтовой тепловой насос	–	18522

Окончание табл. 2

	Тепловой насос ZUBADAN	Тепловой насос «Дроид»
Бойлер косвенного нагрева	2520	–
Фундамент, ветроснегозащита, конденсатоотвод	2520	–
Грунтовый контур	–	8820
Монтаж теплового насоса	1260	–
Монтаж котельной	2520	3150
<i>Итого</i>	21420	30492

*Примечание.* Собственная разработка.

Целью экономических расчетов является экономическое обоснование целесообразности и эффективности выбранного оборудования с учетом действующих тарифов на электрическую энергию. Действующие тарифы сведены в табл. 3.

Таблица 3

### Тарифы на электроэнергию

Тариф	Рублей за 1 кВт · ч
Одноставочный тариф на электрическую энергию, обеспечивающий полное возмещение экономически обоснованных затрат	0,2552
Одноставочный тариф на электрическую энергию в жилых домах (квартирах)	0,1973

*Примечание.* Собственная разработка.

Исходя из приведенных тарифов, был произведен сравнительный расчет экономической эффективности геотермального и воздушного насоса. Таким образом, приведенные годовые затраты грунтового теплового насоса для первого тарифа составили 7023,28 рублей, для воздушного – 7303,73 рублей. Для второго тарифа приведенные годовые затраты грунтового теплового насоса составили 7496,77 рублей, для воздушного – 8045,88 рублей. Приведенные затраты сведены на рис. 1.

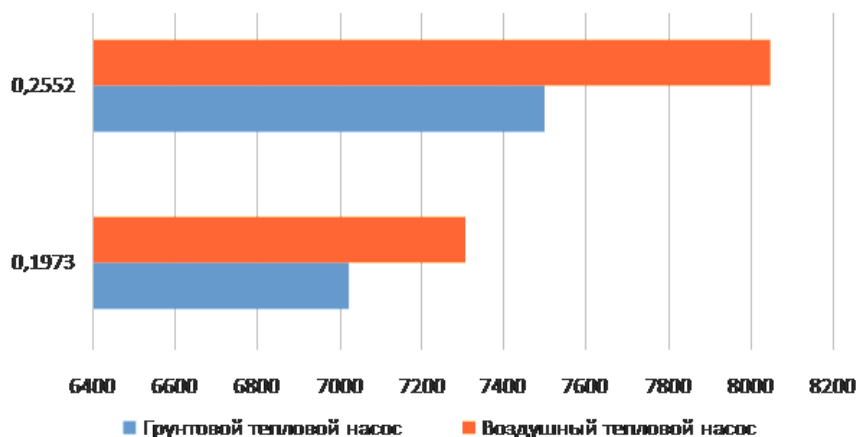


Рис. 1. Приведенные затраты

Исходя из приведенных данных, можем сделать вывод об эффективности использования систем отопления на основе грунтовых тепловых насосов, по сравнению с системами отопления на основе воздушных тепловых насосов и электрических котлов.

#### Литература

1. Воздушные тепловые насосы. – 2022. – Режим доступа: [https://aqua-therm.ru/articles/articles\\_218.html](https://aqua-therm.ru/articles/articles_218.html). – Дата доступа: 01.02.2022.
2. РУП «Минскэнерго» Филиал «Энергосбыт». – 2022. – Режим доступа: <https://www.energo-sbyt.by/ru/info-potrebitelyam/fiz-l/tarify>. – Дата доступа: 01.02.2022.
3. Тепловые насосы. – 2022. – Режим доступа: <https://mastehkom.by/therm.ru/info/vozdushnyj-ili-geotermalnyj-teplovoj-nasos-dlya-minska-chast-1-stoimost-ili-effektivnost>. – Дата доступа: 01.02.2022.

### **ЧАСТОТНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА ОДНОФАЗНОГО КОНДЕНСАТОРНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ**

**М. А. Вегера, И. Д. Костюченко, К. Е. Коршунов**

*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого» Республика Беларусь*

Научные руководители: А. В. Козлов, М. П. Тиличенко

Автономные инверторы (АИ) находят все более широкое применение в таких областях как питание потребителей переменного тока в устройствах, где единственным источником энергии является аккумуляторная батарея (например, бортовые вторичные источники питания), а также резервное питание ответственных потребителей при возможном отключении сети переменного тока (электросвязь, вычислительная техника); электропривод с асинхронными и синхронными двигателями, где инвертор служит источником регулируемых напряжения и частоты; резервные и аварийные системы электроснабжения для домов, офисов, производственных помещений и медицинских учреждений при отклонении электроэнергии; возможность аварийного запуска автомобилей, тяжелых грузовиков, прогулочных катеров; системы автономного электроснабжения на основе альтернативного источника электроэнергии такого рода как солнечные панели, ветровой генератор, гидрогенератор, а также во многих других областях

Достоинства АИ в том, что эта установка проста и надежна – она имеет малую потребляемую мощность – не более 16 Вт (1Вт в режиме ожидания), бесшумна, имеет КПД до 96 %, малогабаритна. Работает практически с любым электрооборудованием, включая электромоторы, холодильники, телевизоры, компьютеры, лазерные принтеры, кассовые аппараты и другое.

Разработанный и спроектированный АИ работает в соответствии с блок-схемой (рис. 1), был собран на отечественных комплектующих, что значительно дешевле в сравнении с известными аналогами на импортных компонентах.

Автономный инвертор позволяет регулировать частоту вращения ротора однофазного асинхронного двигателя (АД) в зависимости от частоты управляющих импульсов и при этом наблюдать на двухканальном осциллографе форму импульсов управления, форму импульсов на силовых ключах и на выходе инвертора, а также регулировать частоту вращения в зависимости от частоты управляющих импульсов однофазных АД и трехфазных АД (ТАД) с пусковым конденсатором.