

УДК 621.086.9

ПРИНЦИП РАБОТЫ ТЕПЛОВЫХ КВАНТОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Здорников Е.О., студент гр. МАБ-161, IV курс
Кузбасский государственный технический
университет им. Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Бурное развитие квантовой физики, нанотехнологий и программной инженерии в 20 веке, подтолкнуло развитие новых технологий. Понимание квантовой механики помогло сделать более совершенные компьютеры, а также разработку квантовых компьютеров. Нанопокртия применяются в создание новых материалов, отличающихся качеством, прочностью, новыми свойствами, которые были получены впервые. Эти технологии появляются в нашей жизни в самых разных формах: от смартфонов и нано роботов, заканчивая космическими кораблями.

Существующие типы тепловых двигателей имеют относительно низкий КПД. Двигатель Отто достиг максимального значения в 42%, что гораздо меньше паровых двигателей. Сейчас развиваются гибридные и электромобили, которые в близком будущем будут наращивать темпы производство и продажи. Так обычный тепловой двигатель имеет холодильник и нагреватель. Рабочее тело нагреваясь, в дальнейшем отдает тепло холодильнику, тем самым выполняя работу. КПД двигателя зависит от разницы температур нагревателя и холодильника:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}; \quad (1)$$

Q_1 - температура полученная от нагревателя;

Q_2 - температура отданная холодильнику;

Все эти двигатели основаны на принципах, изученные более 200 лет назад. Все процессы ясны из классической физики. В данный момент идет только частичная модернизация или реконструкция нынешних моделей двигателя, но не изобретение новых. Кардинально новое можно увидеть, если углубиться в атом, где начинают работать законы квантовой механики. Можно пойти дальше и изучать различные области физики учитывая квантовые эффекты. На этом базируется тепловой квантовый двигатель (ТКВД). На данный момент опубликовано менее 500 статей на тему работ по данному типу двигателей. Все из-за того, что квантовые процессы сложны в наблюдение и приходится тратить на это гораздо больше времени.

Уже экспериментально продемонстрированные ТКВД можно разделить по принципу действия: с использованием свободного атома и с использованием легированного вещества.

В случае использования одного атома углерода (рабочее тело) с полуцелым спином прибегают к ядерному магнитному резонансу. По подобию обычного теплового двигателя в ТКвД имеется нагреватель и холодильник. В роле нагревателя выступает мазер вблизи Ларморской частоты, а холодильник представлен низкочастотными модами радиоволн.

Испробован другой подход с использованием NV-центров (замещение в алмазе атома углерода атомом азота). Два нижних энергетических уровня выступают как рабочее тело, а возбужденные имитируют резервуары с разностью температур. В этом случае удалось реализовать сразу несколько конфигураций:

1. Непрерывный двигатель. Связь резервуаров и извлечение работы происходит одновременно.
2. Двухфазный двигатель. Извлечение работы отдельно от передачи тепла, но связь между резервуарами с разностью температур происходит одновременно.
3. Четырехфазный двигатель. Все процессы происходят в строгой последовательности.

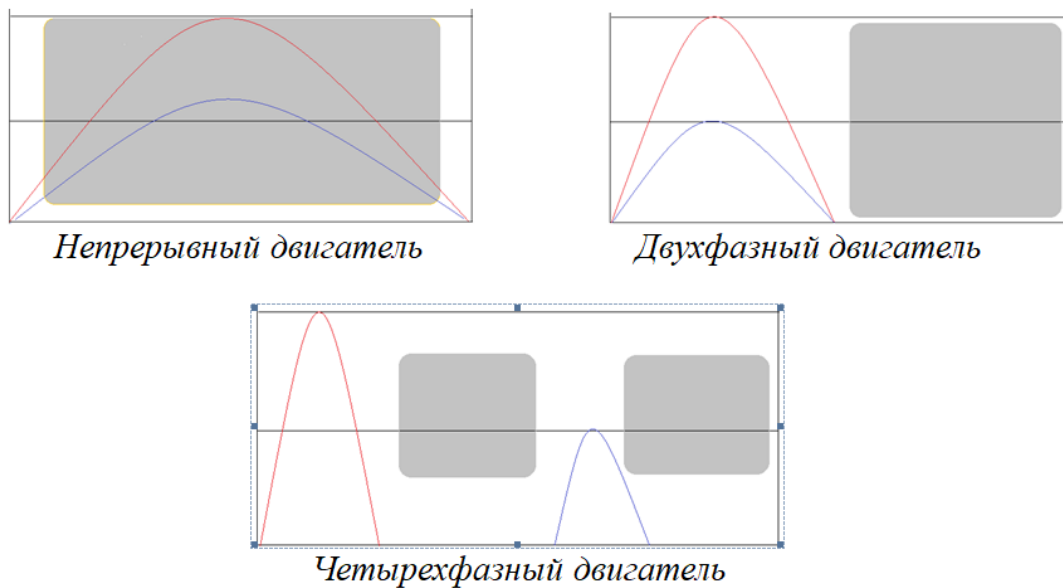


Рис. 1 Конфигурации двигателей. Серым цветом изображена работа, красным-связь с теплым резервуаром, синим-связь с холодным резервуаром

Общий порядок квантового цикла Отто с двухуровневой системой E_1 (основной уровень) и E_2 (возбужденный уровень) ТКвД можно представить в следующем виде:

1. Увеличения расстояния между энергетическими уровнями E_1 и E_2 , что приводит к $\Delta_1 = E_1 - E_2$;
2. За время T_1 происходит нагревание системы от нагревателя, в следствие чего изменяется заселенность верхнего энергетического уровня и изменение энтропии рабочего тела;

3. Сокращение расстояния между E_1 и E_2 (работа над системой), а расстояние будет $\Delta_2 = E_1 - E_2$;

4. Происходит контакт с холодильником за время T_2 , из-за чего происходит релаксация с верхнего энергетического уровня. Нижний уровень оказывается полностью заселен [1].

Работа такого в данном случае будет равна:

$$dW = (p_0(T_1) - p_1(T_2)) (\Delta_1 - \Delta_2), \quad (2)$$

где p_0 - вероятность, что рабочее тело находилось в возбужденном состоянии.

КПД квантового четырехтактного двигателя:

$$\eta = 1 - \frac{\Delta_1}{\Delta_2}. \quad (3)$$

КвД очень сильно преобразят конструкционные и эксплуатационные особенности нынешних автомобилей и пока что можно только полагать как именно, потому что сам КвД еще находится в начальной стадии развития. Например, можно предположить следующее:

1. Изменится динамика и кинематика автомобиля. Перераспределятся силы на оси автомобиля.
2. Исключение опрокидывающих моментов.
3. Увеличение проходимости.
4. Исключение таких агрегатов автомобиля: коробка передач, карданный вал, редукторов и шарниров.
5. Отличная приёмистость даже на крутых подъемах.
6. Экологически чистый двигатель.
7. Не требует постоянной заправки [2].

Еще есть множество возможных изменений, но все просто невозможно предугадать. Некоторые предполагают квантовые двигатели, которые будут приводится в движения с помощью квантовых флуктуаций (измерение системы) и из этого будет извлекаться энергия. Только развитие квантовой механики и тысячи исследований помогут решить задачи наших дней.

Список литературы:

1. <https://nplus1.ru/material/2020/01/29/quantum-engine>
2. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_35121305_55443246.pdf