



Методы преобразования и получения электрической энергии из физического вакуума на основе эффекта Казимира

Ю.К. Евдокимов
д.т.н., профессор

**Казанский национальный технический университет
им А.Н. Туполева**

Семинар Климова-Зателепина

17 сентября 2025 г.

Содержание

1. Физический вакуум. Эффект Казимира.
2. Энергия физического вакуума.
3. Образование полости (резонатора) Казимира при разъединении двух электродов.
4. Формы проявления квантовых эффектов Казимира.
5. Динатронный эффект в электронных лампах. Объемный заряд.
6. Как заставить эффект Казимира совершать полезную работу или извлечь энергию физического вакуума?
7. Количественная оценка сверхединичного КПД преобразования энергии на основе вакуумного давления.
8. Методы преобразования энергии физического вакуума в патенте Росси и Нельсона.
9. Устройство и принцип работы генератора Росси

1. Физический вакуум

- **Физический вакуум. Математический (идеальный) вакуум.**
- **Физический вакуум** - содержит внутреннюю энергию самого пространства. Имеет материальную основу. *Синоним – «**Ложный вакуум**»*
- **Энергия физического вакуума** обусловлена квантовыми флуктуациями – возникновением и исчезновением виртуальных частиц и полей
- **Математический вакуум** – пространство без внутренней энергии. Абстрактная идеализация вакуума (пустоты), начиная с древнегреческих натурфилософов, для построения математических моделей и философских категорий

1. Физический вакуум

Соотношение неопределенности Гейзенберга утверждает- энергия вакуума не может никогда равна нулю:

$$\Delta E \Delta t \geq \hbar/2. \quad (1)$$

Для малых интервалов времени энергия квантовых флуктуаций

$$\Delta E \geq \hbar/2\Delta t. \quad (2)$$

Время релаксации квантовых флуктуаций

$$\Delta t = 10^{-22} - 10^{-40} \text{ с.}$$

1. Физический вакуум. Плотность энергии вакуума

Энергия вакуума – суммарная энергия низших энергетических состояний квантованных полей в вакууме.

Два подхода:

а) Согласно **общей теории относительности (ОТО)** и астрономическим данным о величине космологической постоянной плотность энергии вакуума составляет 10^{-28} г/см³ или 10^{-15} Дж/см³.

б) Согласно квантовой физике (квантовой электродинамике) в соответствии принципом Лоренца и величиной постоянной Планка плотность энергии вакуума составляет $2 * 10^{15}$ г/см³.

Расхождение на 43 порядка! Одна из проблем калибровочной иерархии! Сравниваются различные процессы с различными масштабами. Данные процессов в малых локальных масштабах сравниваются с глобальными.

Поясняющие примеры. Измерение синусоидального напряжения с приборами с малой и большой инерционностью. Прибор с большим усреднением дает показание $U=0$ В. Следовательно, мощность и энергия, пропорциональные квадрату U^2 , будут равны нулю.

Если измерять прибором с малой инерционностью, то показания прибора будут меняться в диапазоне от нуля до положительных и отрицательных значений амплитуды. Мощность и энергия, пропорциональные квадрату U^2 , не равны нулю.

Тот же эффект, если измерять расстояние от Казани до Москвы двумя линейками. Одна длиной 1 м. Другая - длиной 1 мкм. В первом случае получим около 850 км. Вторая линейка даст расстояние, огибая все микронеровности. Получим расстояние на 6 порядков больше. Сотни миллионов км!

1. Физический вакуум. Планковские масштабы длины, времени, массы

$$a_{\text{Pl}} = 2^{3/4} \sqrt{\frac{G\hbar}{c^3}} = 2^{1/2} \frac{\hbar}{m_{\text{Pl}}c} \approx 2.64 \times 10^{-33} \text{ см};$$

$$t_{\text{Pl}} = \frac{a_{\text{Pl}}}{c} = 2^{3/4} \sqrt{\frac{G\hbar}{c^5}} \approx 0.88 \times 10^{-43} \text{ с},$$

$$m_{\text{Pl}} = 2^{-1/4} \sqrt{\frac{\hbar c}{G}} \approx 1.78 \times 10^{-5} \text{ г}$$

1. Физический вакуум. Плотность энергии вакуума

Плотность энергии вакуума

$$\rho(h\nu) = \frac{8\pi\nu^2}{c^2} \left(\frac{h\nu}{\exp\left(\frac{h\nu}{kT}\right) - 1} + \frac{h\nu}{2} \right) \quad (3)$$

[Extraction of Zero-Point Energy from the Vacuum: Assessment of Stochastic Electrodynamics-Based Approach as Compared to Other Methods//Garret Moddel and all]

Первая составляющая - Планковское излучение абсолютного черного тела при температуре T .

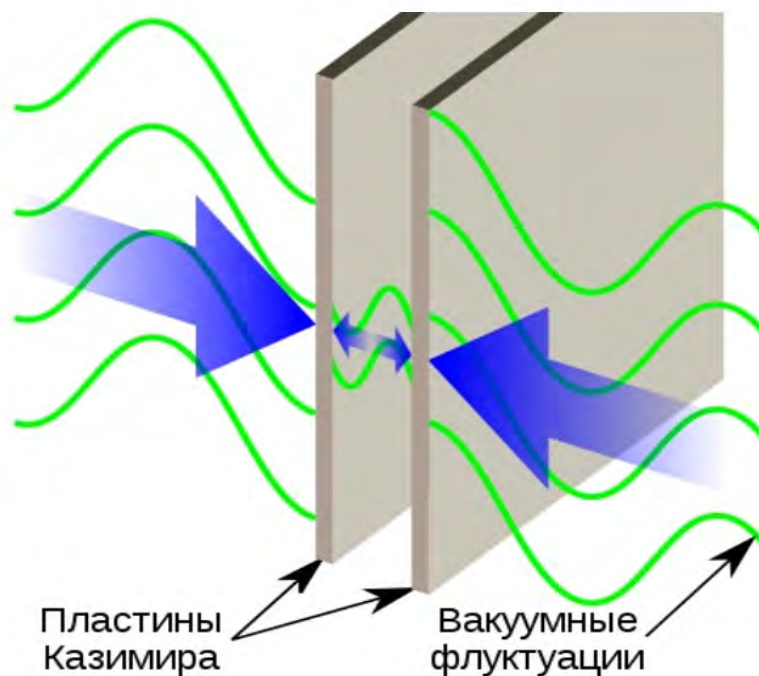
Вторая составляющая – не зависит от температуры

Ширина спектра частот ν - до 10^{40} Гц

2. Формы проявления квантовых флуктуаций вакуума в физических явлениях и эффектах в внешнем микромире

1. Лембовский сдвиг энергетических уровней атома водорода
2. Эффект Казимира
3. Гелий остается в жидкой форме, как бы его не охлаждали
4. Темные катодные пятна при дуговом разряде
5. Объемные заряды (кластеры электронов) в электронных лампах и вакуумных приборах.
Динатронный эффект
6. Гравитация. Темная материя. Темная энергия
7. Устойчивость орбит электронов за счет поглощения энергии вакуумных флуктуаций

3. Эффект Казимира



Сила Казимира между двумя параллельными пластинами в вакууме.

$$\frac{F_c}{A} = \frac{\hbar c \pi^2}{240 d^4},$$

где

$\hbar$ — приведённая **постоянная Планка**,

c — **скорость света** в вакууме,

d — расстояние между поверхностями.

A — площадь пластины

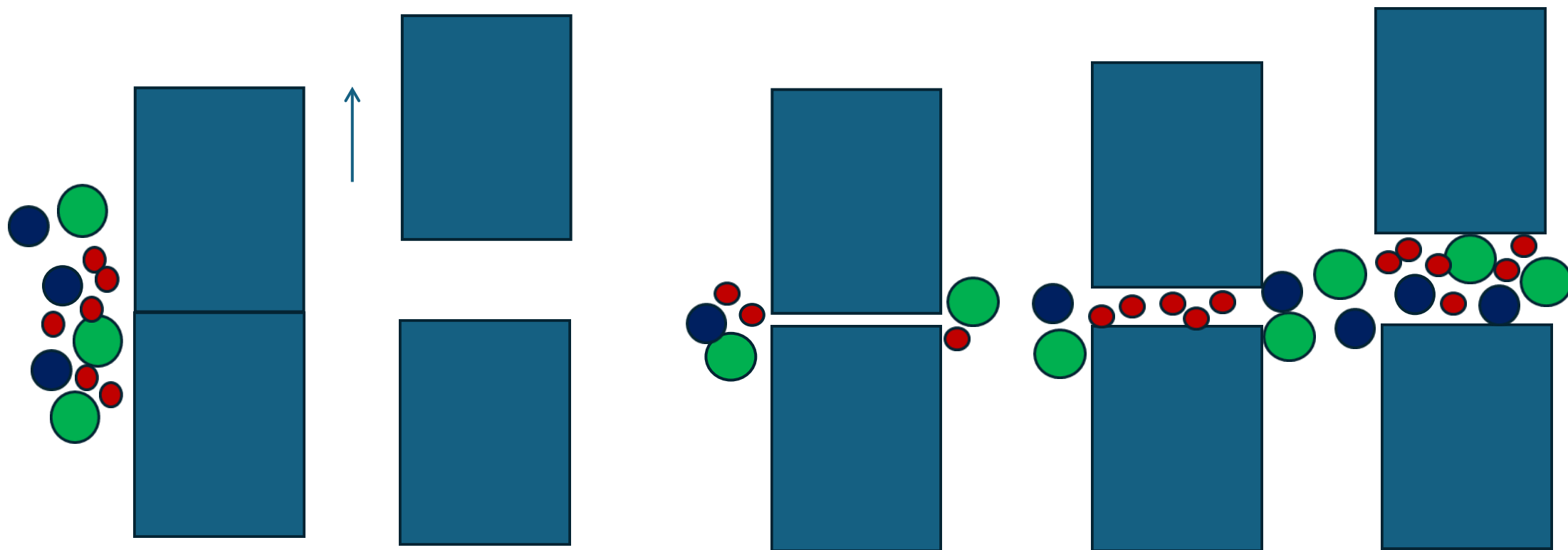
F_c — сила Казимира

Действие сил Казимира начинает проявляться на расстоянии единиц микронов.

На расстоянии $d=10$ нм и $A=1$ см² давление вакуума составляет 1 атм.

С повышением проводимости (плотности электронов в пластине) F_c растёт.

3. Образование полости (резонатора) Казимира при разъединении двух электродов в динамическом режиме



Водород



Гелий



Неон



1. Любой объект произвольной формы (геометрии) характеризуется набором собственных частот (резонансных частот, собственных чисел).

2. В динамике, при раздвигении электродов для малых времен, межэлектродная щель недоступна для проникновения извне частиц и атомов. Пространство щели в этом случае можно считать физическим вакуумным пространством.

3. По мере увеличения щели сначала проникают частицы, легкие атомы (начиная с водорода), молекулы, молекулы воды и т.д. по порядку увеличения их размеров.

3. Образование полости (резонатора) Казимира при разъединении двух электродов в динамическом режиме

- 1. Любой объект произвольной формы (геометрии) характеризуется набором собственных частот (резонансных частот или собственных чисел).*
- 2. В динамике, при раздвигании электродов для малых времен, межэлектродная щель недоступна для проникновения извне частиц и атомов. Пространство щели в этом случае можно считать физическим вакуумным пространством.*
- 3. По мере увеличения щели, сначала в нее проникают частицы, легкие атомы (начиная с водорода), молекулы, молекулы воды и т.д. по порядку увеличения их размеров.*
- 4. Металлические порошковые системы (нано- и микропорошки) образуют набор ансамблей полостей с физическим вакуумом даже при нахождении их в атмосфере воздуха.*
- 5. Возникает также вопрос об эквивалентности физических процессов при разъединении электродов механическим образом и разъединении за счет электровзрыва электрода (проволочки).*

3. Динатронный эффект в электронных лампах

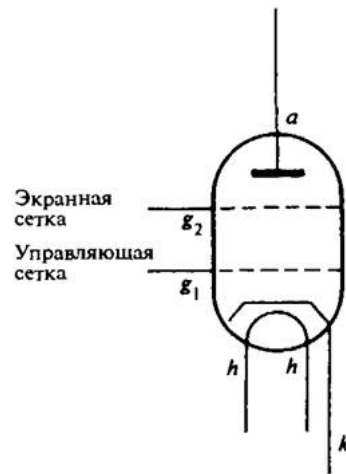
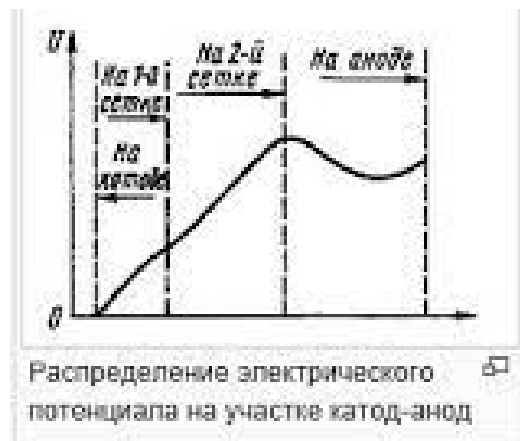
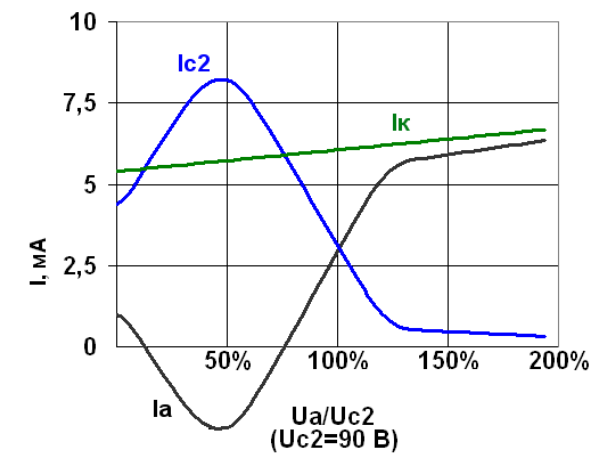
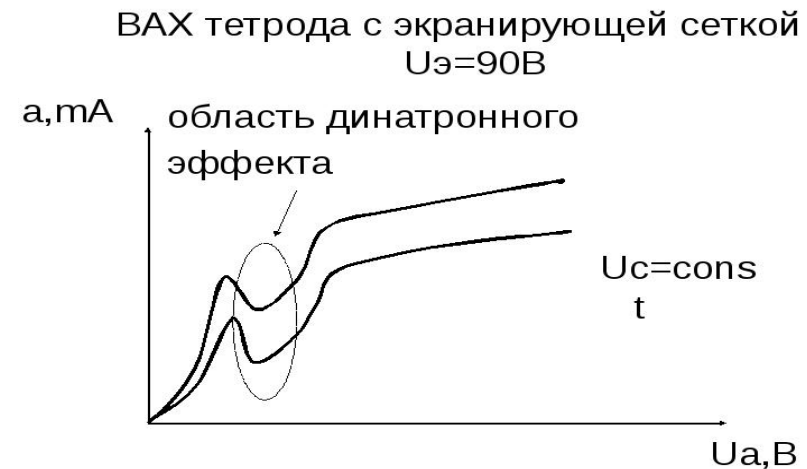


Рис. 3.11. Ламповый тетрод.

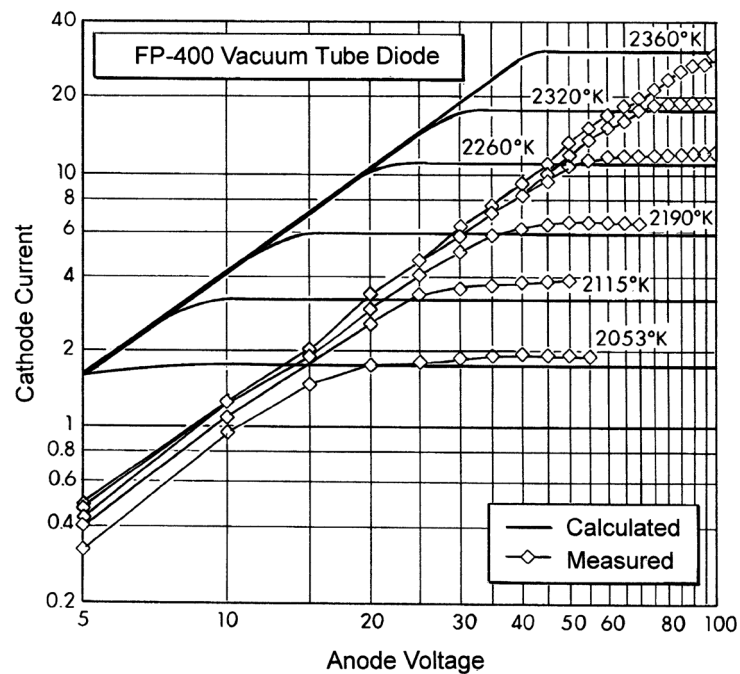


Динатронный (экранирующий) эффект (ДЭ) – накопление объемного заряда электронов около анода – выбитых из анода электронами высокой энергии (вторичная эмиссия электронов из анода).

ДЭ вызывает появление **отрицательного дифференциального сопротивления** - при увеличении анодного напряжения анодный ток уменьшается.



3. Динатронный эффект в электронных лампах. Расчет вольт-амперных характеристики лампового диода



Patent USA US6465965B2

L. Nelson

Метод и система преобразования энергии с
использованием источника
экранированных свободных электронов

Как заставить эффект Казимира совершать полезную работу или извлечь энергию физического вакуума?

1. Для выкачивания энергии вакуума необходимо обеспечить отбор энергии вакуума и преобразование ее в удобную форму (в тепло или электричество). И далее, осуществить отдачу преобразованной энергии в нагрузку. Желательно это повторять в циклическом режиме. Из термодинамических соображений следует, что для осуществления переноса энергии нужно **рабочее тело**. Таким **рабочим телом могут служить электроны**. Кластер электронов, проходя через вакуум на пути движения от катода к аноду, отбирает энергию вакуумного давления, изменяя свою структуру (становится более плотным, упорядоченным или когерентным) и отдает полученную энергию при разряде в нагрузку. При этом количество электронов в замкнутой электрической цепи с внешней нагрузкой остается постоянным. Электроны не расходуются в процессе работы.

2. В циклическом режиме заряд-разряд рабочее тело (кластер электронов) накачивается энергией вакуумного давления, переносит и отдает ее в нагрузку. И этот цикл непрерывно повторяется. Таким образом, преобразователь энергии вакуума можно представить как **энтропийный насос**, преобразующий локальный хаос физического вакуума в локальную упорядоченность. И направляющий энергию локальной упорядоченности на полезную работу.

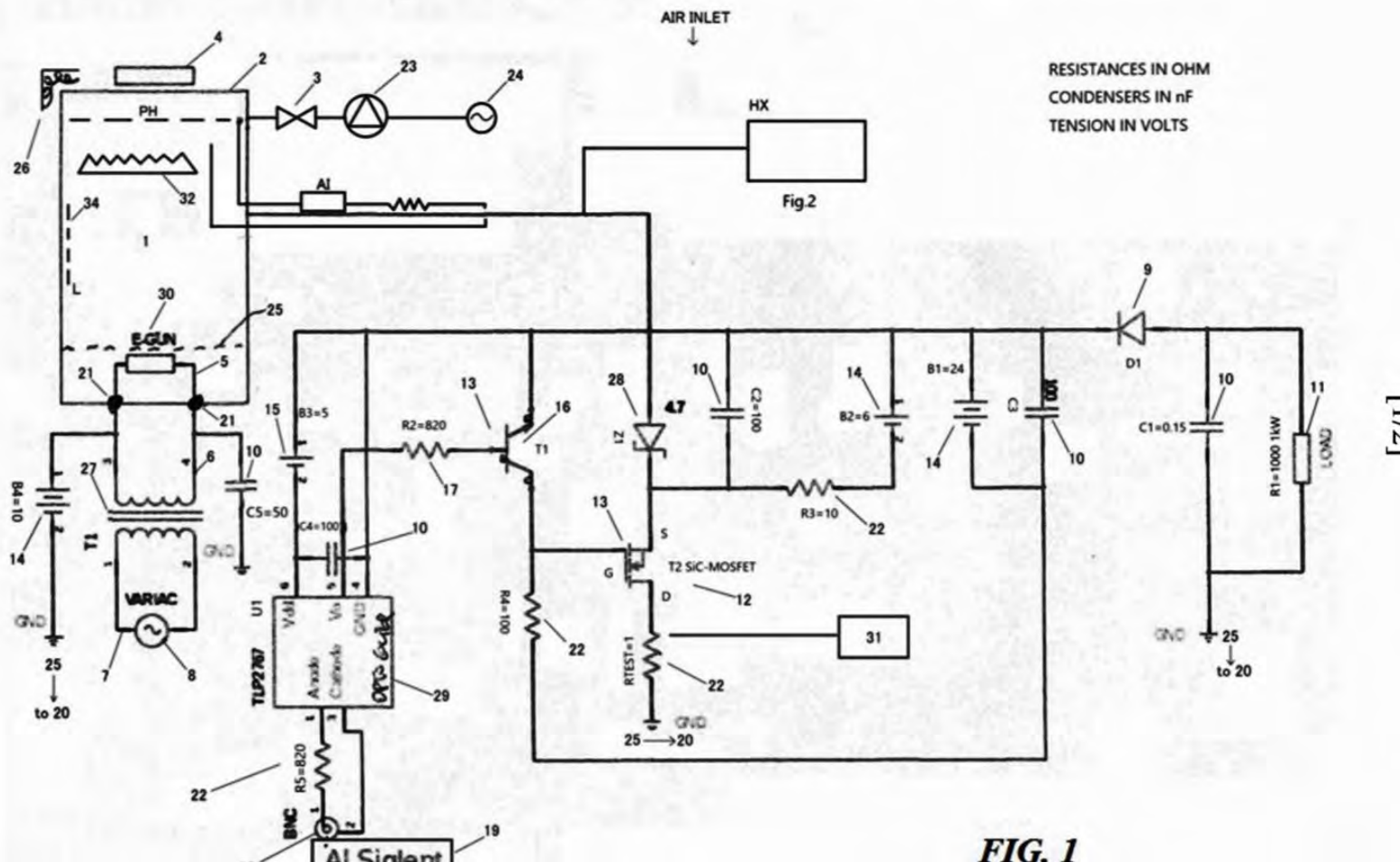
3. **Необходимое количество рабочего тела** - концентрация электронов в ЕСат задается начальным иницирующим зарядом и концентрацией металлов щелочной группы в реакторе. А в случае подогретого катода, как источника электронов – электрической мощностью нагрева катода.

4. Аналогично в паровой машине **пар является переносчиком энергии** в цикле Карно. **Пар является рабочим телом**. Пар не расходуется, а циклически забирает энергию от горящего угля и вращает турбину. Пар, остужаясь, превращается в воду. Вода нагревается, превращаясь снова в пар, вращает турбину. Таким образом, пар постоянно циркулирует в замкнутом контуре тепловой машины. Необходимое количество пара (воды) определяется энергией, вырабатываемой в единицу времени.

Как заставить эффект Казимира совершать полезную работу или извлечь энергию физического вакуума?

1. Обычно мы рассматриваем процессы в ECat в статическом или, в лучшем случае, в квазистатическом режимах. При этом мы забываем, что процесс очень быстрый и динамичный. Поэтому надо пытаться развивать динамические модели этих процессов.
2. Вакуумные флуктуации и силы вакуумного давления («силы Казимира») весьма быстрые процессы с масштабом времени **10^{-22} с**. Самые быстрые процессы, которые можно реализовать на инженерном уровне на современной элементной базе составляет 1 фемтосекунду. То есть самый быстрый управляемый электроникой и фотоникой процесс не превысит **10^{-15} с**. Максимальное значение роста фронта импульса **dV/dt** ограничено этой величиной. То есть "быстродействие вакуумных сил" быстрее в **10^7 раз (!)** скорости процессов роста и формирования структуры кластера. Таким образом, вакуумные силы являются весьма быстрыми и точными "скульпторами", лепящими форму и структуру кластера по мере его движения на пути от катода к аноду со скоростью приблизительно 10% скорости света.
3. Рассмотрим теперь в динамике процесс рождения кластера из стекающего с катодного электродного острия электронов при большом **dV/dt** . В начальный период роста кластера можно представить в виде раздувающейся сферы ее радиуса **r** . Раздувание сферы продолжается до радиуса **r_0** - до уравнивания отталкивающих сил Кулона силами вакуумного давления. Это равновесие неустойчиво. По мере движения от катода к аноду силы вакуумного давления (Казимира), зависящие от радиуса как **$1/r^4$** , превышают кулоновские силы отталкивания, зависящие от радиуса как **$1/r^2$** . Кластер при этом начинает сжиматься. При этом формируется очень плотное ядро кластера. Плотность ядра по радиусу возрастает к центру как $1/r^4$.
4. Таким образом, **кластер можно представить в виде шара с внутренним маленьким ядром большой плотности, окруженным рыхлой оболочкой.**

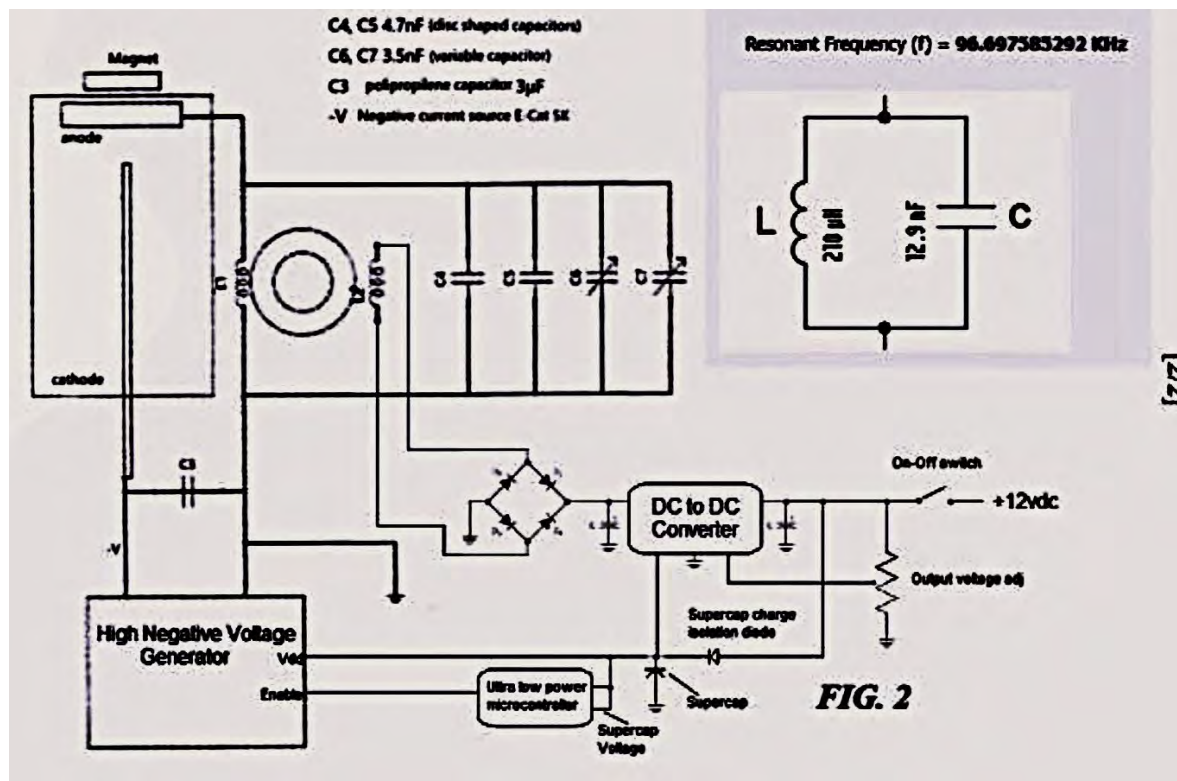
Метод преобразования энергии вакуума в электрическую А. Росси



Patent A. Rossi AU2021282556
ELECTRIC ENERGY GENERATOR
AND ELECTRIC ENERGY
GENERATION METHOD

[711]

Метод преобразования энергии вакуума в электрическую (А. Rossi)

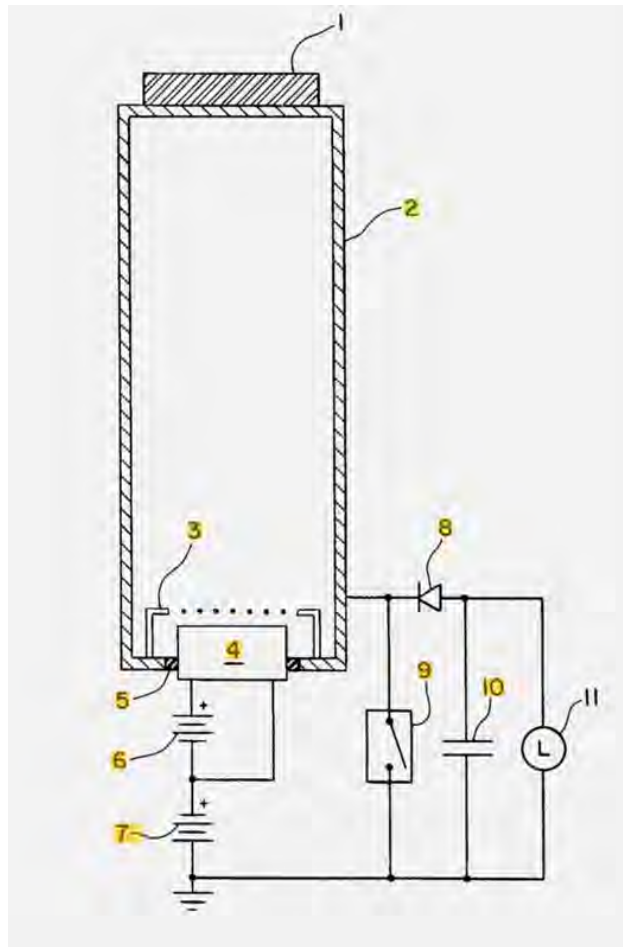


Patent A. Rossi AU2021282556
ELECTRIC ENERGY GENERATOR
AND ELECTRIC ENERGY
GENERATION METHOD

Работа схемы2

- **Схема рисунка 2** проста и остроумна для извлечения избыточной энергии вакуума. Схема работает следующим образом. После включения, источник тока заряжает конденсатор СЗ до напряжения пробоя U_0 промежутка катод-анод. Конденсатор разряжается по цепи СЗ-катод-анод- катушка - L3-СЗ. От протекания тока пробоя i в катушке L3=L накапливается электромагнитная энергия $E=L \cdot i^2/2$.
- Процесс релаксации повторяется. Емкость СЗ снова заряжается от источника тока до напряжения U . Но напряжение между катодом и анодом будет больше на величину напряжения dU на катушке. При достижении напряжения $U+dU=U_0$ произойдет второй пробой.
- Процесс релаксации будет повторяться еще несколько десятков раз (зависит от добротности Q колебательного контура), пока напряжение dU не нарастет до уровня напряжения пробоя U_0 .
- В идеальном случае (без учета потерь) источник тока можно отключить. Система будет автономно генерировать автоколебания с частотой резонанса колебательного контура.
- В реальной схеме, конечно, этого не может быть. При отключении источника тока система совершит примерно Q периодов затухающего колебания. Но, если в реакторе ECat есть дополнительный источник вакуумной энергии, то колебания не затухнут. ECat будет генерировать непрерывно незатухающие колебания, выдавая избыточную энергию.
- В этом случае к току пробоя i следует добавить дополнительный ток di от вакуумной энергии. Тогда энергия катушки будет больше на величину вакуумной энергии $E_z=E+dE= L \cdot (i+di)^2/2$. Выходная, накопленная колебательным контуром, энергия будет в Q раз больше - $E_{out} \sim Q \cdot E_z$.
- Преимущество схемы 2 в сравнении со схемой 1 состоит в удобной гальванической развязке и отсутствии проблемы общей "земли" схемы.
- Очевидно, внешний источник тока нужен для запуска и инициирования реактора, также повышения устойчивости режима работы. При понижении мощности внешний источник должен вывести в рабочую точку извлечения энергии. Похоже, что эта оптимальная рабочая точка постоянно дрейфует. Видимо, ИИ прежде всего предназначен для отслеживания рабочей точки (при изменении нагрузки, температуры и тп). Необходимо обратить внимание на ключевой фактор dV/dt . А этот фактор является ключевым в объяснении отбора энергии вакуума. Степень поляризации вакуума и кластеризации определяет, именно, показатель dV/dt . Например, для схемы 2 важна скорость заряда конденсатора до пробоя (следовательно, и скорость роста потенциала катода). Масштаб времени релаксации вакуумных флуктуаций составляет $10^{(-22)}$ секунд. При пикосекундных масштабах ($10^{(-12)}$ времени роста dV/dt есть вероятность того, что $10^{(-10)}$ часть от общего количества N виртуальных частиц будет поляризована. И они могут дать соответствующую часть энергии в нагрузку в момент искрового пробоя.

Метод преобразования энергии вакуума в электрическую (L.Nelson)



Метод и система преобразования энергии с использованием экранированного источника свободных электронов (L.Nelson. Патент US6465965B2)

Сравнение методов преобразования энергии Росси и Нельсона

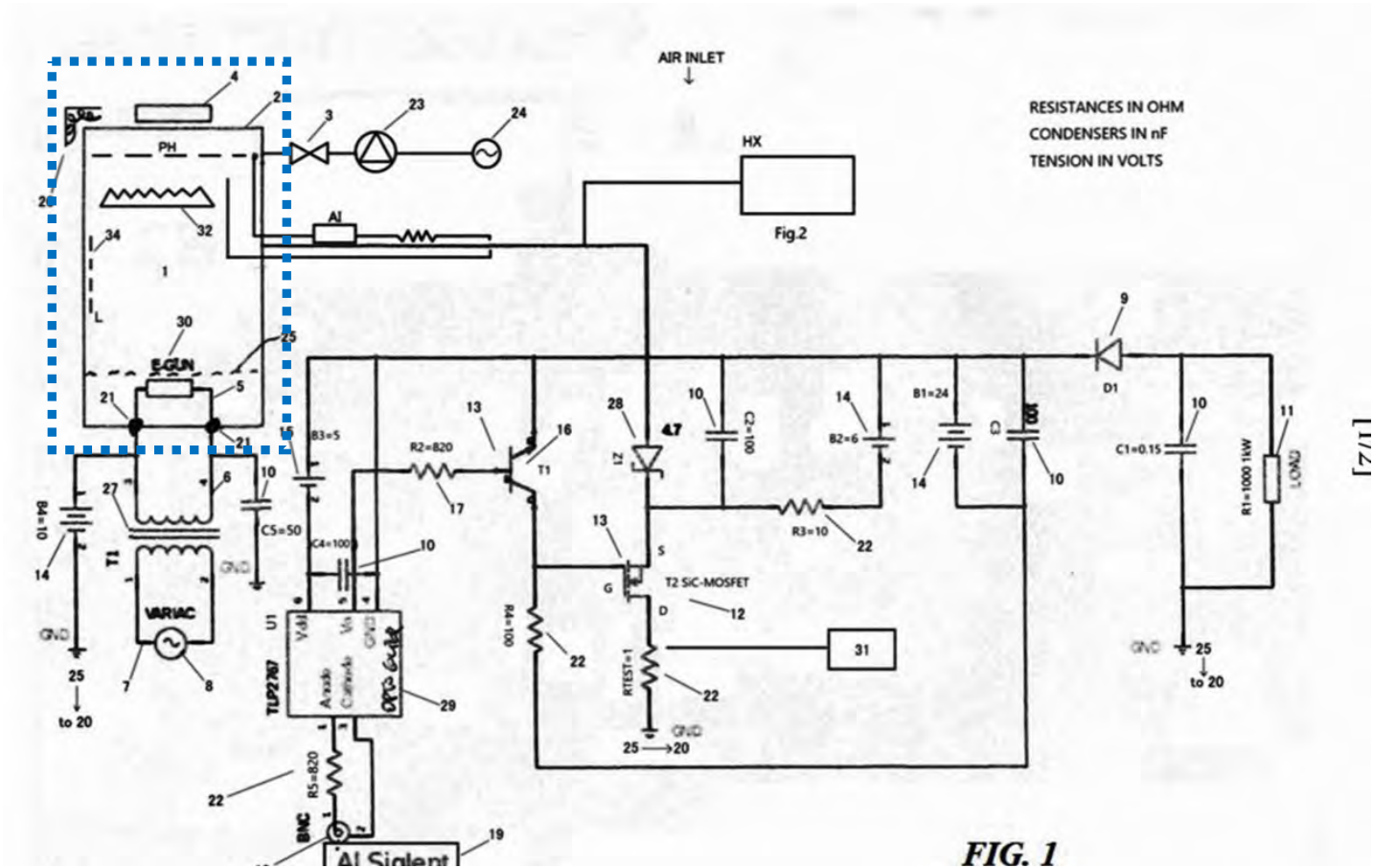
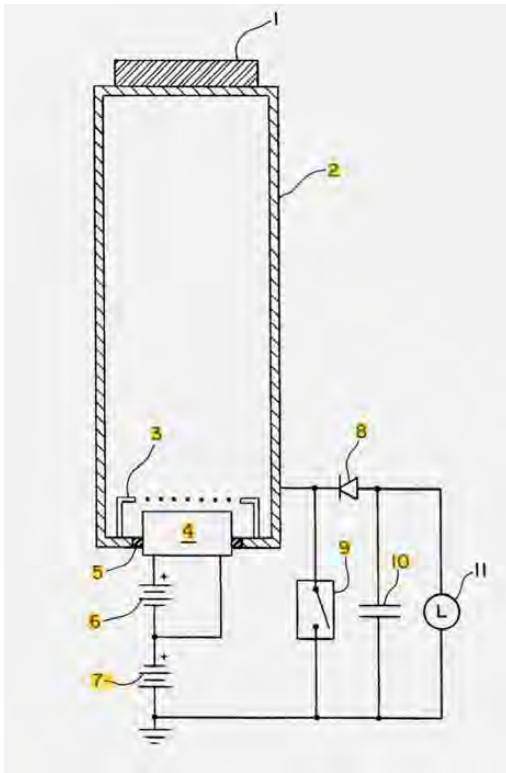
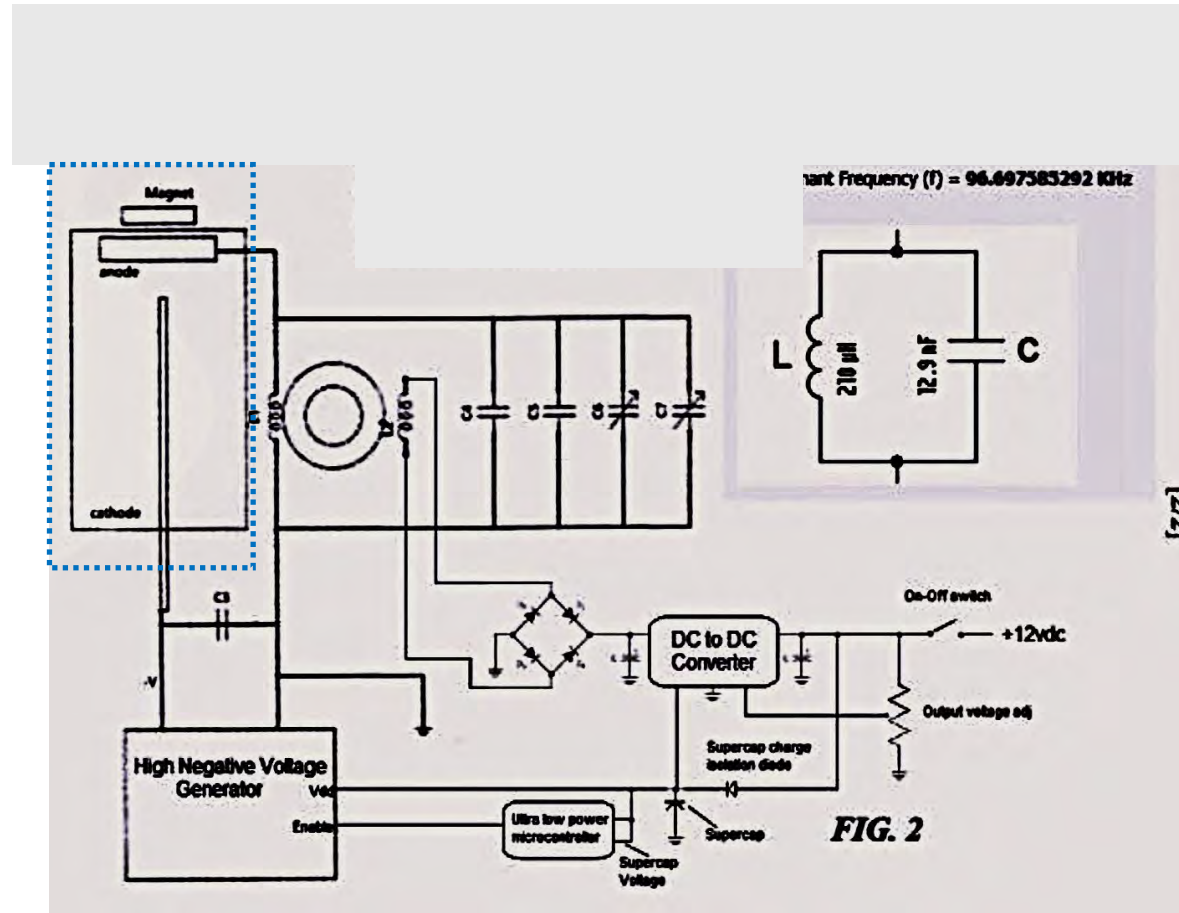
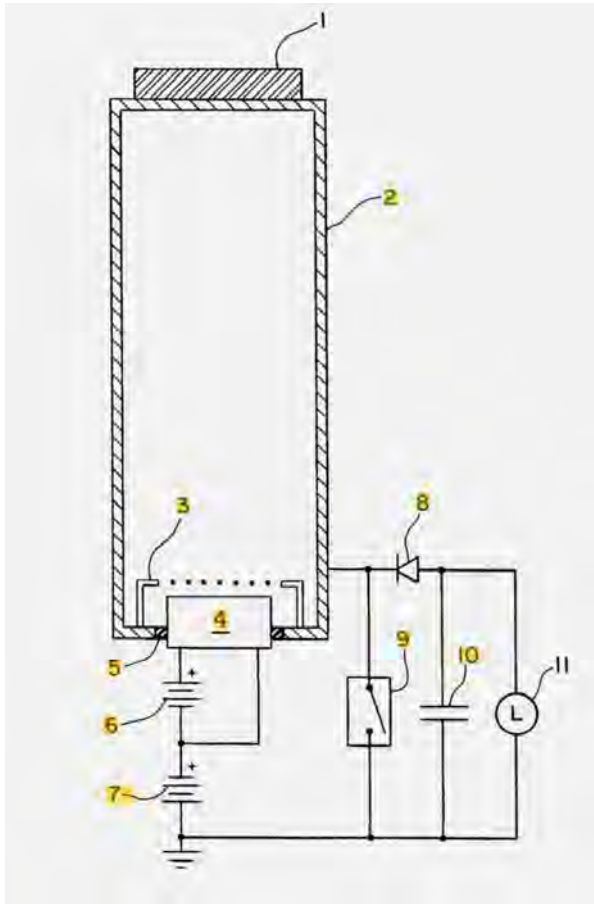


FIG. 1

Методы преобразования энергии вакуума



Метод преобразования энергии А.Росси

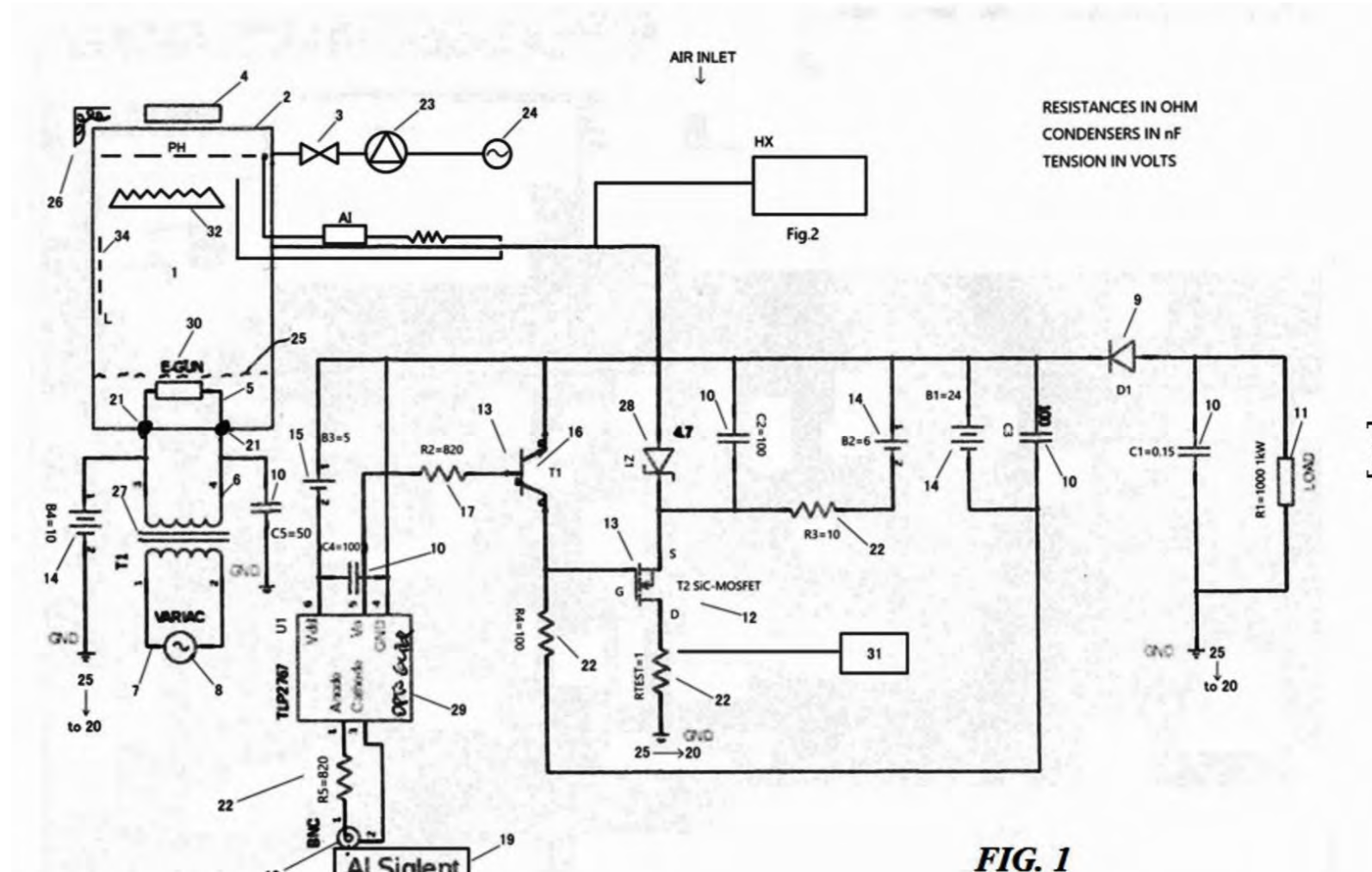


FIG. 1

[7/1]

Расчет сверхединичного КПД преобразования энергии физического вакуума

1. Рассчитаем оценку сверхединичного КПД (или эффективность) извлечения энергии из вакуума. Под ним понимается отношение выходной энергии (мощности) к иницирующей энергии (мощности). При этом КПД преобразования энергии из одного вида в другой (в данном случае энергии вакуума в электрическую энергию) никогда не может превышать единицу! В основу положим энергетический расчет по схеме черного ящика «вход-выход». Преимущество энергетического подхода состоит в его системности, а также том, что расчет совершенно безотносителен к виду теоретических моделей получения энергии из вакуума.
2. С точки зрения системного подхода ЕСат представляет собой обычный электростатический генератор, который периодически с большой частотой f_0 заряжает выходной накопительной емкостью C_0 , образованной металлическим корпусом реактора, изолированного от «земли». В течение половины периода корпус заряжается, а во вторую половину периода разряжается на вход вторичной силовой электроники. Длительность полупериода выбирается равной времени пролета кластера от катода до анода, соединенного электрически корпусом реактора. Время задержки (пролета) определяется скоростью кластера, равной приблизительно 10% скорости света. В свою очередь, выходная емкость C_0 периодически разряжается с частотой f_1 ($f_1 \leq f_0$) на блок силовой электроники, преобразующий в нужную величину напряжение и мощность для нагрузки. Частота f_0 может составить десятки МГц.
3. Особенностью процесса заряда конденсатора является отсутствие джоулевых (диссипативных) потерь, так как конденсатор представляет собой реактивный элемент с мнимым импедансом $X_c = 1/j\omega C$. Это важное обстоятельство повышает эффективность извлечения энергии из вакуума.
4. Одним из примеров электростатической машины является электрофорная машина, преобразующая работу сил трения в электрические заряды. Основным элементом любого электростатического генератора является накопитель заряда (энергии) – реактивный элемент электрической цепи - конденсатор.

Расчет сверхединичного КПД преобразования энергии физического вакуума

5. Чтобы зарядить конденсатор в ECat необходимо совершить работу с помощью какой-то силы. В рамках энергетического расчета мы пока не знаем, какая эта сила. И нам не важно - какая ее природа. Но предположим, что такая **сила вакуумного давления F_k** есть и она может совершать работу. А как совершить работу с помощью силы **F_k** , если в распоряжении имеется только заряженный конденсатор? Ответ очевиден. Нужно раздвигать (или сближать) пластины конденсатора, совершая механическую работу для уменьшения емкости **C_0** или ее увеличения за счет изменения расстояния между пластинами, противодействуя кулоновским силам притяжения (или отталкивания). Пусть конденсатор с емкостью **C_1** заряжен зарядом **q** .

Энергия этого конденсатора равна **$E_1 = q^2 / 2 * C_1$** . При раздвижении пластины заряд q не изменяется, а емкость уменьшилась до значения **C_2 ($C_2 < C_1$)**, а энергия увеличилась до **$E_2 = q^2 / 2 * C_2$** . Таким образом, энергия конденсатора и его напряжение увеличились в **$k = C_1 / C_2$** раз за счет произведенной внешней работы. Прирост энергии в конденсаторе равен **$dE = E_2 - E_1 = E_1(k - 1)$** .

При этом возможны два варианта: 1. Позволить расти напряжению на конденсаторе, а потом ее разрядить; 2. Фиксировать напряжение на конденсаторе, но при этом во внешней цепи будет протекать соответствующий ток.

6. Для сферического конденсатора в виде сплошного шара собственная емкость равна **$C_1 = 4\pi * \epsilon_0 * \epsilon * r_1$** . Здесь **$r$** – радиус шара. При сжатии шара, например, внешним давлением его радиус уменьшится из начального значения **r_1 до r_2** . Энергия и электрический потенциал шара соответственно увеличатся в **$k = r_1 / r_2$** раз.

7. Общим для пунктов 2-6 является следующий вывод. Любая внешняя сила, совершающая работу по изменению геометрии распределения зарядов, неизбежно добавляет или убавляет энергию. При этом изменение энергии пропорционально отношению характерных геометрических размеров до и после совершения работы.

8. Будем считать единственной силой, действующей в ECat (кроме сил Кулона), являются силы Казимира.

Расчет сверхединичного КПД преобразования энергии физического вакуума

8. Представим кластер электронов в начальном состоянии без действия сил Казимира в виде сплошного шара радиусом r_1 . Рассчитанные параметры кластера, соответствующие ECat мощностью 10 Вт: Число электронов в кластере $N=1,7 \cdot 10^{12}$, Радиус кластера $r=33,6$ пм, Масса $m=1,5 \cdot 10^{-18}$ кг, Заряд кластера $q=0,28 \cdot 10^{-6}$ Кулона. Радиус кластера $r=33,6$ пм при предельно максимальной возможной плотной упаковке электронов с радиусом $r_e=2,8 \cdot 10^{-15}$ м. При упаковке полого шара сферами малого диаметра плотность упаковки снижается в $\pi/3 \cdot \sqrt{2}=0,7405$ раз. Тогда радиус кластера будет несколько больше и равен $r_1=37,1$ пм.

9. С уменьшением r силы вакуумного давления F_k растут как $1/(r^4)$, что намного больше роста $1/(r^2)$ сил Кулона. При балансе сил Кулона и Казимира расстояние между электронами по разным оценкам, приведенным в статье Росси, составляет от двух до четырех длин комптоновской волны $0,77-1,54$ пм. Исходя из этого, эффективный радиус электрона в состоянии баланса примем равным $r_b=1,15$ пм. Отсюда радиус, сбалансированного вакуумным сжатием кластера из $N=1,7 \cdot 10^{12}$ электронов, составит $r_2=15,2$ нм. Тогда $k=r_2/r_1=410$. Таким образом, силы вакуумного давления (Казимира) могут сжать кластер почти в 410 раз. Соответственно, электрическая емкость также может изменяться в 410 раз. Приращение энергии составит $dE=E_2-E_1=E_1(k-1)=409 \cdot E_1$. Таким образом, предельный сверхединичный коэффициент преобразования с использованием сил Казимира равен 409 единиц.

10. Таким образом, минимальная потребляемая входная мощность ECat с выходной мощностью 10 Вт равна $dP=P_{out}/P_{in}=10\text{Вт}/409=0,024\text{Вт}=24\text{ мВт}$. Эту малую входную мощность для начального запуска и самозапитки ECat достаточно легко получить. Предельный КПД преобразования энергии вакуума с использованием сил вакуумного давления (Казимира) составит около 409 единиц.

11. Заключение. Приведенные оценки показывают, что для получения энергии на уровне мощности ECat 10 Вт достаточно использования сил вакуумного давления. В то же время, надо полагать, существуют множества других методов преобразования энергии вакуума. Природа дает нам такие возможности...

Благодарю за внимание!