

Приведенная схема представляет собой максимально упрощенную модель генератора Хаббарда. В схеме одна генераторная катушка, а у Хаббарда их — 8. Но и в том и другом варианте передача энергии от генераторной катушки (катушек) к выходной катушке (дополнительной) происходит через магнитное поле, сформированное в генераторной катушке. Приведенная схема - первый шаг на пути понимания принципа работы генератора Хаббарда. Тому кто поймет как это работает останется один шаг до построения действующей модели низковольтного варианта генератора Хаббарда.

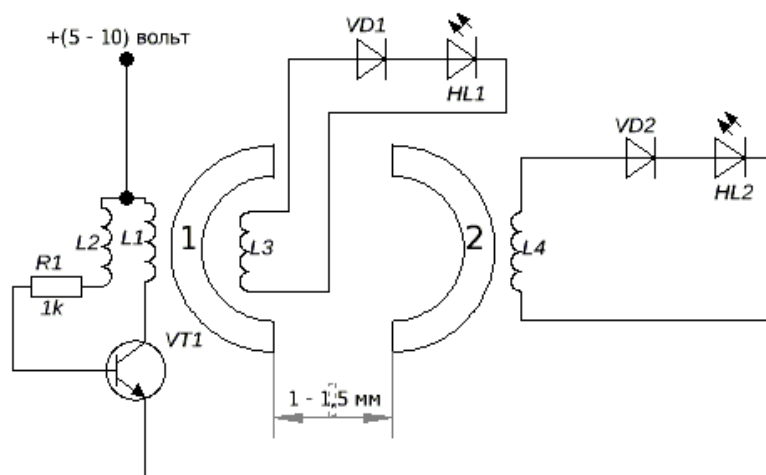


Схема состоит из двух частей. Левая часть представляет собой самый обычный блокинг генератор. Сердечник катушки выполнен на ферритовом полукольце. Правая часть — это дополнительная катушка. Дополнительная катушка намотана так же на ферритовом полукольце.

Рассмотрим подробно работу схемы.

- Появляется электрический импульс. По катушке L1 течет ток. В сердечнике «1» наводится МП, в котором накоплена энергия электрического импульса.
- Сердечник «1» намагничивается.
- МП сердечника «1» намагничивает сердечник «2».

Пример из жизни. Постоянным магнитом намагничиваем отвертку. У отвертки, после удаления магнита, остается намагниченность. Постоянный магнит при этом без изменений. По крайней мере изменение МП постоянного магнита приборами не фиксируется.

- По окончании импульса МП сердечника «1» пропадает, наводя ЭДС в катушке L3.
- МП сердечника «2» также пропадает, наводя ЭДС в катушке L4.
- ЭДС катушки L3 поступает в нагрузку HL1.
- ЭДС катушки L4 поступает в нагрузку HL2.

Некоторые замечания по схеме.

•При малом зазоре между сердечниками практически все МП 1-го сердечника замыкается через сердечник «2». То есть они намагничиваются примерно одинаково. Поскольку намагниченность сердечников была примерно одинакова, то и обратные импульсы примерно равны. Для компенсации неизбежных потерь напряжения (не мощности) количество витков на сердечнике «2» больше на 10-15%, чем количество витков на выходной обмотке сердечника «1». При этом суммарная выходная мощность на 2-х нагрузках заметно превышает входную от блока питания.

•Диоды VD1 и VD2 отсекают импульсы намагничивания от нагрузки. Намагничивание сердечников происходит на «холостом ходу», без появления противо ЭДС. Обратные импульсы поступают каждый в свою нагрузку.

•Обратные импульсы могут быть использованы на любой нагрузке. Светодиоды приведены просто как пример.

В схеме могут быть использованы и стержневые ферриты. Однако магнитная связь у них не превышает 50%, что резко снижает мощность, снимаемую со второго стержня.

Важное замечание. Соединение полу колец в одно кольцо превращает систему в обычный трансформатор с двумя параллельными выходными обмотками. Снимаемая с обмоток мощность меньше, чем «закаченная» от блока питания.

Немного теории. Для анализа работы генератора Хаббарда воспользуемся аналогиями. Вспомним где работал изобретатель. Он работал в авто мастерской и хорошо разбирался в работе двигателей ДВС. Цилиндр, поршень, кривошип, коленчатый вал. Цилиндр - генераторная катушка. Поршень и кривошип — магнитное поле. Коленчатый вал — выходная (дополнительная) катушка. Цилиндры работают по очереди. На генераторные катушки поочередно подаются импульсы с трамблера (распределитель). Магнитное поле с каждой катушки передает энергию на выходную катушку.

Схема, которую я приводил выше, это максимально упрощенная модель генератора. Если следовать аналогиям, то это одноцилиндровый двигатель ДВС. Здесь все составные части генератора: генераторная катушка, магнитное поле и выходная катушка. Если понять как работает эта модель, то останется только увеличить число генераторных катушек и организовать их поочередную работу.

Теперь поговорим немного об электрических процессах. Известно, что при подаче напряжения на катушку ток в ней нарастает постепенно, пропорционально индуктивности. Чем больше индуктивность катушки, тем медленнее нарастает в ней ток. В момент наибольшего тока в катушке (ограниченного активным сопротивлением обмотки) магнитное поле максимально. В этот момент импульс должен быть прерван. При этом магнитное поле «схлопывается», а в обмотке катушки наводится максимальная ЭДС. Чем быстрее будет прерван импульс (крутой задний фронт), тем больше будет амплитуда выброса. Эту ЭДС называют по разному: обратная ЭДС, обратный выброс и так далее. Дело не в названии, а в том, что этот выброс содержит в себе почти всю энергию, затраченную от источника питания на создание магнитного поля. И почти вся эта энергия (высокого напряжения и малого тока) обычно используется для питания различной нагрузки.

Обратный выброс имеет форму колокола. То есть напряжение нарастает до максимума и спадает до нуля. Если направить такой импульс на индуктивность, то мы получим в сердечнике такое же по форме (как и напряжение) нарастание и спад магнитного поля. Никакого выброса не будет. Для получения выброса нам надо прервать ток в катушке в момент максимального тока (напряжения).

Хаббард первым догадался формировать этот импульс с помощью того, что было под рукой. А именно свеча зажигания. Искра в свече формирует импульс с крутыми фронтами и передает практически всю энергию со входа на выход.

Для низковольтного варианта генератора необходимо искать другие варианты формирователей импульсов. Современная база электронных элементов предоставляет нам большой набор транзисторов и пассивных элементов, работающих в диапазоне до нескольких сотен (больше нас не интересует) вольт.

Правильно спроектированный формирователь обеспечит прерывание импульса в момент максимального тока в катушке индуктивности и, соответственно, получение максимально возможного обратного выброса уже на второй катушке.

Продолжая описанный процесс мы можем получить возбуждение целой цепочки последовательно соединенных катушек.

Теперь можно перейти к проектированию схемы. Определим основные параметры, которым должна удовлетворять схема.

1. Схема питается от стационарного блока питания. Закольцовывание схемы по питанию на данном этапе не планируется.

2. Запуск схемы осуществляется нажатием кнопки «Пуск». Далее схема работает в автоматическом режиме.

3. Генераторные катушки в количестве 8 штук соединяются последовательно через электронные формирователи импульсов, обеспечивающие крутой задний фронт.

4. Схема обеспечивает последовательную передачу импульсов от 1-й катушки ко 2-ой, от 2-ой к 3-ей и так далее до 8-ой. После чего цикл повторяется.

5. Конструктивно генераторные катушки выполнены на ферритовых полукольцах и имеют по 2 обмотки каждая. Причем вторичная обмотка имеет на 10-15 процентов витков больше чем первичная. Это необходимо для компенсации падения напряжения (не мощности) на активном сопротивлении обмоток.

6. Обмотки выполняются, по возможности, толстым проводом для снижения омических потерь

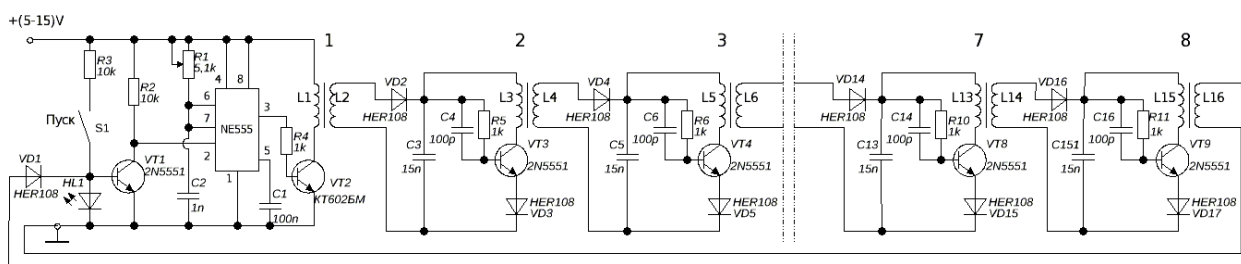
7. Проверка работы схемы производится пробником, выполненном на стержневом сердечнике с обмоткой, нагруженной на светодиод. При нормальной работе схемы светодиод должен светиться при поднесении пробника к любой генераторной катушке.

8. Обмотки на полукольцах выполняются аккуратно в два ряда. Сначала мотается вторичная обмотка занимая не менее 2/3 длины полукольца. Поверх нее, через изоляцию, мотается первичная обмотка примерно по середине вторичной.

9. Никаких требований к обмотке пробника не предъявляется. Это чисто временный прибор.

Самым сложным при проектировании схемы было выполнение требования по обеспечению крутого заднего фронта импульса. Имеющиеся в наличии пороговые элементы, такие как диоды, стабилитроны, динисторы и тиристоры формируют крутой передний фронт, оставляя задний фронт без изменения. В нашем случае главным требованием было обеспечение максимально крутого ИМЕННО заднего фронта. После долгого поиска в сети была найдена схема формирователя. Схема была проверена на макете из 4-х катушек. Пробник, подключенный к осциллографу (без светодиода) показал, что импульсы со всех катушек имеют примерно одинаковую амплитуду и длительность. То есть можно сказать, что затухание импульсов при передаче по цепочке из катушек незначительно.

В результате получилась вот такая схема многофазного (8-фазного) мультивибратора.



Работа схемы. После кратковременного нажатия на кнопку «Пуск» одновибратор на микросхеме NE555 выдает импульс на катушку «1». В катушке «1» энергия импульса запасается в виде магнитного поля. После окончания импульса энергия запасенного магнитного поля выделяется в обмотке L2 в виде ЭДС и, через диод VD2, поступает на формирователь импульсов, собранный на транзисторе VT3 и далее на катушку «2». Энергия этого импульса запасается в катушке «2». После окончания импульса энергия, запасенная в катушке «2», поступает через диод VD4 и формирователь импульсов на следующую катушку. Таким образом импульсы поочередно возбуждают магнитное поле во всех катушках.

Последний импульс с катушки «8» поступает на вход одновибратора и запускает его. Цикл повторяется.

От блока питания (аккумулятора) питается только часть схемы, а именно одновибратор.

Все остальные импульсы в схеме это производные от первого импульса и не потребляют энергию от блока питания.

Таким образом мы повторили ту часть описания генератора Хаббарда, где он говорит, что после запуска импульс «бежит» по цепочке катушек.

Работы продолжаются.

Некоторые соображения по поводу конструкции.

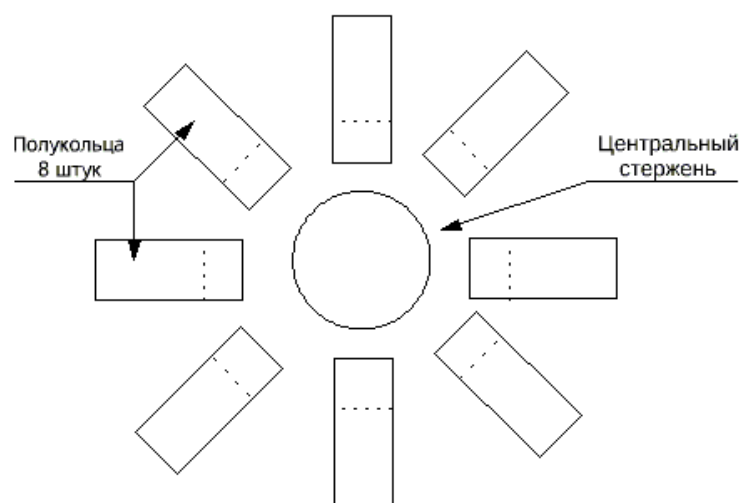
Хаббард, в своем генераторе использовал стержневые магнитопроводы. Материал магнитопроводов, в данном случае, не имеет значения. Пара стержней (катушек) имеет магнитную связь на уровне около 30%. То есть около 30% магнитного потока от генераторной катушки попадет в приемную. Остальной магнитный поток замыкается через воздух и не участвует в процессе генерации.

В рассматриваемом варианте генератора используются полукольца. Здесь магнитная связь между генераторной и приемной катушками может составить 80 и более процентов. Однако 8 генераторных и 8 приемных катушек на полукольцах это достаточно габаритное и неуклюжее сооружение. Кроме того общая обмотка на 8 полукольцах увеличивает длину провода, что приводит к увеличению потерь на активное сопротивление.

В связи с вышеизложенным предполагаю использовать комбинацию магнитопроводов. Для генераторных катушек используются, как и раньше полукольца. Для приемных катушек — стержни, длина которых несколько превышает диаметр полукольца, а диаметр стержня должен быть больше толщины кольца. Магнитная связь при этом не уменьшается, а конструкция становится более компактной.

На этом оптимизация конструкции не заканчивается. Поскольку в каждый момент времени возбуждена (генерирует магнитное поле) только одна катушка, то можно иметь только одну приемную, которая будет находиться в магнитном контакте со всеми генераторными катушками. Оптимальным будет изготовление стержня в виде 8-угольника. Где сторона 8-угольника равна или больше ширины полукольца. Но в данный момент заказать такой стержень нереально. Поэтому ограничимся тем, что выпускается серийно.

Конструкция будет выглядеть примерно так.



Следует помнить, что между поверхностью стержня и полукольцами должен быть зазор от 1 до 1,5 мм. Непосредственный контакт между стержнем и полукольцами исключается. Если условие будет нарушено, то, как я уже говорил в предыдущих текстах,

получим трансформатор с включенными параллельно первичными обмотками и совершенно непредсказуемым распределением магнитных потоков.