

Д. т. н. Л. Ф. ВИКУЛИНА, П. Ю. МАРКОЛЕНКО

Украина, г. Одесса, Украинская гос. академия связи
им. А. С. Попова

Дата поступления в редакцию
27.07 2000 г.
Оппонент д. т. н. В. И. БОРЩ

МАГНИТОУПРАВЛЯЕМЫЙ ВЫПРЯМИТЕЛЬ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА ОСНОВЕ ТИРИСТОРОВ

Разработана электрическая схема выпрямителя переменного тока, управляемая внешним магнитным полем, и полупроводниковая микросхема для реализации этого выпрямителя.

Одним из основных применений тиристоров являются управляемые выпрямители переменного тока. Управление силовым выпрямленным током осуществляется переменным резистором путем изменения слабого тока через управляющий электрод. Недостатком такой схемы является наличие скользящего контакта резистора, что ухудшает надежность работы устройства.

Цель данной работы состоит в разработке бесконтактной схемы управления тиристором внешним магнитным полем и, как следствие, в повышении надежности работы, срока службы, взрывобезопасности (отсутствие искрения) и т. д.

Наиболее эффективная схема управления выпрямленным током с использованием однопереходного транзистора (ОПТ) показана на **рис. 1** [1, с. 185]. Она работает следующим образом. При отрицательном полупериоде напряжения питания E ток через тиристор не протекает, и через нагрузку R_H протекает лишь малый ток I_H в цепь управления. Конденсатор C при этом заряжается через резистор R_2 ($R_2 < R$) и эмиттерный $p-n$ -переход ОПТ до напряжения $-U_{66}$. Так как сопротивление $p-n$ -перехода в прямом направлении мало, то напряжение на конденсаторе практически повторяет ход напряжения U_{66} , которое меняется в соответствии с напря-

жением E . При положительном полупериоде напряжения на аноде эмиттерный $p-n$ -переход ОПТ включен в обратном направлении (за счет напряжения на C), и конденсатор перезаряжается через сопротивление R . Так как $R_2 < R$, то напряжение на C сильно запаздывает относительно U_{66} . Как только U_a на ОПТ увеличится до значения U_{cp} , ОПТ включается, и на резисторе R_1 появится положительный импульс тока, который включит тиристор, и ток через нагрузку резко увеличится, а напряжение на тиристоре и U_{66} уменьшится. Изменением переменным резистором R времени включения ОПТ осуществляется управление величиной выпрямленного тока через нагрузку.

При помещении тиристора и ОПТ в поперечное магнитное поле их напряжения включения изменяются, причем изменение каждого из них приводит к изменению выпрямленного тока через R_H . Максимальное изменение тока будет при согласованном изменении U_{cp} . Например, и увеличение U_{cp} тиристора, и увеличение U_{cp} ОПТ приводит к более позднему времени включения тиристора и уменьшению выпрямленного тока. Следовательно, необходимо выбрать такие структуры обоих приборов, чтобы U_{cp} под действием магнитного поля изменялось в одну сторону. На **рис. 2** показана такая структура планарного прибора, объединяющая в себе тиристор и ОПТ. При указанной полярности индукции магнитного поля (B) инжектированные дырки из эмиттера (Ξ) ОПТ и из анода тиристора отклоняются магнитным полем в глубину n -полупроводника, что при высокой скорости рекомбинации дырок на поверхности приводит к увеличению их времени жизни и,

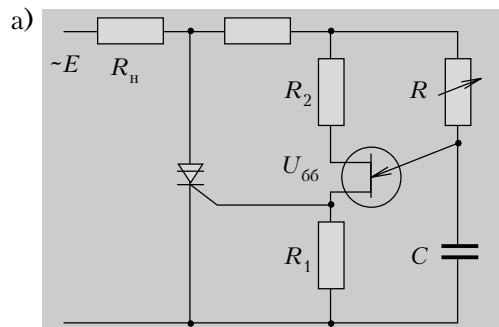
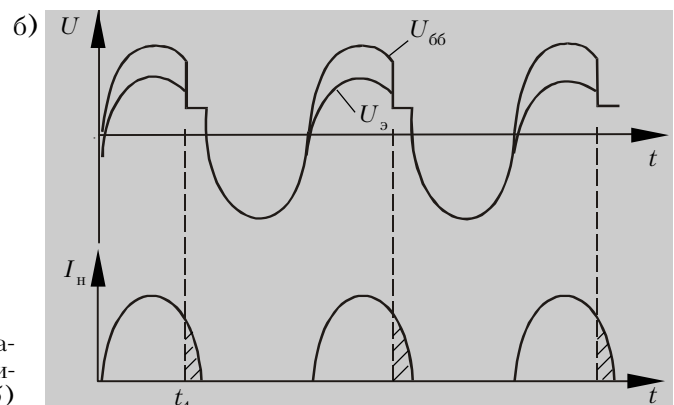


Рис. 1. Схема управления током с применением генератора на однопереходном транзисторе для включения тиристора (а) и осциллограмма тока в нагрузке (б)



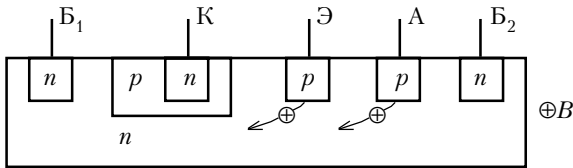


Рис. 2. Магнитоуправляемый выпрямитель, объединяющий в себе планарные структуры тиристора и ОПТ

как следствие, к уменьшению U_{cp} . Соответственно выпрямленный ток с увеличением магнитного поля растет, а при обратной полярности B — уменьшается.

Опытные образцы таких приборов изготавливались на основе n -кремния с удельным сопротивлением 150 Ом·см. Размеры электродов (мкм): B_1 — 100×100, B_2 — 500×500, Э — 75×500, К — 680×1000, А — 320×1000. Расстояния между Э и К — 50 мкм, Э и А — 50 мкм, B_1 и К — 100 мкм, B_2 и А — 100 мкм. Рассмотренная структура выпрямителя, управляемого магнитным полем, отличается меньшими размерами и большей надежностью, т. к. связь между тиристором и ОПТ осуществляется непосредственно по общей n -базе, что уменьшает количество соединений между элементами схемы.

На рис. 3 показаны два управляемых выпрямителя того же типа, что и на рис. 2, перераспределяющих ток между двумя нагрузочными резисторами R_1 и R_2 [2]. Между ними включен двухколлекторный магнитотранзистор (ДМТ), через коллекторы которого заряжаются конденсаторы двух генераторов на ОПТ. Время зарядки конденсатора емкостью C определяется как

$$T = C \frac{U_{cp} - U_0}{I}, \quad (1)$$

где U_0 — остаточное напряжение ОПТ, а I — ток зарядки, равный току соответствующего коллектора магнитотранзистора. При отсутствии магнитного поля ток эмиттера ДМТ распределяется поровну между коллекторами, а токи коллекторов равны. Оба тиристора T_1 и T_2 включаются одновременно, и выпрямленные токи через них также равны. Соответственно равны и значения падения напряжения на сопротивлениях нагрузок.

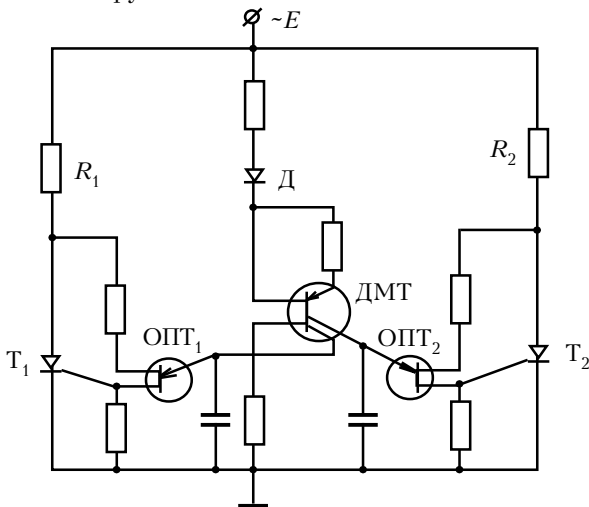


Рис. 3. Магнитоуправляемый двухканальный выпрямитель с использованием двухколлекторного магнитотранзистора

При включении внешнего магнитного поля (которое может быть локализовано на площади ДМТ) инжектированные из эмиттера ДМТ носители отклоняются в сторону одного из коллекторов, например, соединенного с ОПТ-1, его ток увеличивается, а ток второго коллектора — уменьшается. Согласно выражению (1), происходит уменьшение времени включения ОПТ-1. Тиристор T_1 включается раньше, и ток через него увеличивается. Соответственно ток через тиристор T_2 уменьшается. При смене полярности магнитного поля на противоположную — наоборот, ток через тиристор T_1 уменьшается, а ток через тиристор T_2 увеличивается. Диод Д служит для отключения ДМТ при отрицательном полупериоде напряжения E .

В зависимости от режимов работы однопереходных транзисторов преобразователь может применяться в следующих устройствах.

1. *Выпрямитель переменного тока с противофазным управлением током в двух цепях внешним магнитным полем.* Этот режим и был описан. Он может быть применен в бесколлекторных электродвигателях постоянного тока, в стабилизированных электромагнитах (по магнитному полю) и т. д.

2. *Датчик магнитного поля с мощным выходом.* В этом случае между анодами двух тиристоров включается регистрирующий элемент. При отсутствии магнитного поля потенциалы анодов равны, и ток через элемент равен нулю. При включении магнитного поля потенциал одного тиристора увеличивается, а второго — уменьшается, и через элемент течет ток, направление которого зависит от полярности магнитного поля. При этом ток через элемент в 10^4 – 10^5 раз выше, чем при его включении между коллекторами отдельно взятого ДМТ [3, с. 189; 4].

3. *Переключатель, управляемый магнитным полем.* Токи коллекторов ДМТ можно выбрать такими, что время зарядки конденсатора станет больше длительности положительного полупериода переменного напряжения, и при отсутствии магнитного поля оба тиристора будут выключены весь период. Включение магнитного поля приведет к увеличению тока одного коллектора, и связанный с ним тиристор включится. При противоположной полярности магнитного поля будет включаться лишь второй тиристор. Таким образом, в зависимости от полярности магнитного поля включается лишь одна из двух цепей, т. е. выпрямленный ток протекает либо через нагрузку R_1 , либо через нагрузку R_2 . В таком варианте схемы верхние концы резисторов целесообразно переключить на катод диода Д.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Викулин И. М., Стафеев В. И. Физика полупроводниковых приборов. — М.: Радио и связь, 1990.
2. А. с. 1072745 СССР. Преобразователь переменного тока в постоянный / И. М. Викулин, Л. Ф. Викулина, В. Н. Мишанов. — 10.11.82. Оpubл. в Б. И., 1982, №35.
3. Викулина Л. Ф., Глауберман М. А. Физика сенсоров температуры и магнитного поля. — Одесса: Маяк, 2000.
4. Викулина Л. Ф. Магниточувствительные транзисторы // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 1998. — № 1. — С. 25 — 26.