**Ламповый модулятор класса D : позволяет повысить КПД радиопередатчика в режиме АМ до 85-90 % .**

В качестве ключевого элемента используется **тетрод.** **Тетрод** требует для возбуждения меньших затрат мощности в цепи управляющей сетки, чем **триод.**

При работе: значительная часть периода частоты коммутации **тетрод** находится в насыщении, при этом величина остаточного напряжения на аноде мала, следовательно, резко возрастает ток экранирующей сетки. Для устранения недостатка, выбирается режим**:** чтобы мощность потерь на экранирующей сетке не превосходила допустимый уровень.
К аноду **Л1,** через Диод(**D2**) подключен **Uдоп**. источник постоянного напряжения. Он фиксирует остаточное U аноде в открытом состоянии, и уменьшает i ток экранирующёй сетки, снижает статические потери на экранирующей сетке **Л1**(не связанных с процессами переключения)**.** Мощность потерь на экранирующей сетке оказывается ограниченной и не будет превосходить допустимый уровень, т. к. i ток экранирующей сетки не может возрасти более величины, определяемой напряжением **Uдоп.**, а мощность потерь на аноде будет в несколько раз меньше допустимого.

Величину напряжения **U**доп следует выбирать исходя из допустимого уровня потерь в цепи экранной сетки при сохранении достаточно высокого **КПД**. Расчет показывает, что хорошие результаты можно получить при выборе **Uдоп ≈0,1 Еа**. В данном случае, повышается выходная мощность радиопередатчика с модулятором класса **D** почти вдвое, при снижении КПД модулятора: на-10%.

**Рис.1**
Модулирующий сигнал **Uвх** поступает на вход формирователя ШИМ сигнал, который формирует на управляющей сетке импульсы напряжения, длительность которых пропорциональна величине модулирующего сигнала. Соответственно напряжение на аноде **Л1** также имеет форму ШИМ-импульсов. Изменяющаяся в соответствии с модулирующим сигналом, составляющая этого напряжения выделяется фильтром низкой частоты, состоящим из(**Др** **и** **С). рис.1**

Расчет показывает, номинальную выходную мощность радиопередатчика в однотактном модуляторе класса D на тетроде ГУ-81м с 200вт. до 600вт при некотором снижении КПД модулятора (с 95 до 85 %). При этом мощность, рассеиваемая на экранирующей сетке, не будет превосходить допустимый уровень (0,4 кВт), а возрастающая мощность потерь на аноде будет в несколько раз меньше допустимого значения(600Вт).

**С целью повышения КПД в двухтактных анодных модуляторах, вместо усилителя класса В - может быть использован модулятор класса D.**

В отличие от одноактного усилителя, двухтактный работает при скважности импульсов, равной двум (периодам начальных колебаний), напряжение на выходе модулятора отсутствует, поскольку суммарное среднее значение этих импульсов равно нулю. Напряжение, звуковой частоты **Uзв.ч** (рис.3) с блока **ШИМ (рис.2)**преобразуется в две последовательности, широтно-модулированных импульсов G**1 и G2** противоположной полярности при скважности импульсов, равной двум начальным переродам колебаний (рис.3),поступают на лампы Л1 и Л2 работающих в ключевом режиме.

**Рис.2**

Кодированные аудио-импульсы с модулятора ШИМ поступает на вход оптроновой-развязки 6N137. На выходе 6N137: сигнал инвертирован. Поэтому используются два дополнительных буферных инвертирующих элементов D1.1 и D1.3. - ( D1-74HC14 ) инвертирующие триггеры Шмитта.(рис.4)Инвертирование сигнала для нижнего ключа производится инвертором D1.2. Управляющие сигналы верхнего и нижнего ключа поступают на узлы формирования dead-time. Они выполнены на логических элементах «И» D2.1 и D2.2. - (D2-74HC08) . В результате происходит задержка только передних фронтов поступающих импульсов. Величина задержек и, следовательно, dead-time определяется произведениями R3\*C3 и R4\*C4 и может быть подстроена под параметры силового модуля.Дальнейшая обработка сигналов управления верхнего и нижнего ключа происходит по-разному:

Сигнал нижнего ключа - усиливается на микросхеме MAX4420 и поступает на выход драйвера.

Сигнал верхнего ключа - усиливается на микросхеме MAX4420 и имет «плавающий» потенциал общего провода. Поэтому необходима гальваническая развязка. В данном случае использована трансформаторная развязка с коррекцией постоянной составляющей.

Для частотного диапазона 100-300 кГц и коэффициент заполнения от 0 до 0.5 такое решение работы - вполне удовлетворительно.

Параметры трансформатора : Т1( сердечник М 2500 НМС 16\*10\*8 ) обмотка 2\*13 вит. Эти значение ориентированы на частотный диапазон 100-300 кГц. Если необходимо работать при более низких частотах, количество витков нужно увеличить.а наболее высоких частотах количество витков нужно уменьшить. Монтаж драйвера полумоста на рис.5

 **Рис. 5** **вариант компоновки и конструкция**  **драйвера.**

рис.3

На рис.3 представлена схема: к нагрузке подводится переменная составляющая (напряжение звуковой частоты) через разделительный **Cp** а постоянная составляющая - через модуляционный дроссель **Lg**.С целью предотвращения обрывов тока через индуктивность **Lф** при переключении ламп Л1и Л2 используются диод D1 и D2 ,шунтирующие лампы Л1и Л2 и пропускающие токи **ivD1 и** **ivD2** в требуемые интервалы времени В соответствии с направление тока в нагрузке и в дросселе положительный полупериод усиленного напряжения работает только Л1 и D2.,а в отрицательныйЛ2 и D1.

Напряжение на выходе модулятора отсутствует, поскольку суммарное среднее значение этих импульсов равно нулю. Зависимости изменения величин средних токов через лампы и диоды, отнесенные к пиковому значению. Зависимость мощности, отдаваемой двухтактным модулятором на выходной каскад передатчика от коэффициента АМ зависимость и получения КПД.

Покатому принципу построены анодные модуляторы для радиовещательных передатчиков до 500квт. Разработанные фирмой Маркони.

Повышение эффективности мощных радиопередающих устройств / Под ред. А. Д. Артыма:Связь1987.
Зарубежные радиопередающие устройства / Под ред. Г. А. Зейтленка, А. Е. Рыжкова - М. : Радио и связь, 1989.
**Патент США N 4272737, кл. H 03 F 3/217, 1981.**