

УЛУЧШЕННЫЙ ФАЗОИНВЕРТОР С ПЕРЕКРЕСТНЫМИ НЕПОСРЕДСТВЕННЫМИ СВЯЗЯМИ

НИКОЛАС ПРАЙОР

Перевод *Евгения Карпова*

Упрощенная версия схемы Вана Скойока 1948г.

В настоящее время значительно расширившийся частотный диапазон усилителей требует использования фазоинвертора с хорошим балансом и малыми паразитными фазовыми сдвигами в широком диапазоне частот, являющегося неотъемлемой частью любого усилителя. Практически полностью удовлетворяет этим требованиям схема фазоинвертора с перекрестными связями, разработанная в 1948г.

Минимальный паразитный фазовый сдвиг внутри фазоинвертора определяется его конструкцией. Низкое выходное сопротивление первого каскада минимизирует паразитные фазовые сдвиги в высокочастотной области, а гальваническое соединение устраняет их в области низких частот. Единственными цепями, вносящими погрешность в области низких частот, являются выходные емкости и последующие сеточные резисторы; наибольшая погрешность в области высших частот обусловлена большим выходным сопротивлением второго каскада (30,000 Ω). На рисунке 2 показана эквивалентная схема фазоинвертора по переменному току, из которой видно, что теоретически, обеспечивается точный баланс. Другие схемы или используют внутреннюю обратную связь для компенсации дисбаланса (фазоинвертор с катодной связью, плавающий парафазный) или требуют прецизионных компонентов для приблизительного баланса (фазоинвертор с разделенной нагрузкой и с анодным делителем). Другая особенность этой схемы - постоянное равновесие на всех частотах. Это связано с тем, что обе полуволны сигнала проходят через одинаковое число ламп и подобных цепей и поступают на выходные лампы с подобных каскадов* (в противоположность фазоинвертору с разделенной нагрузкой).

Однако существуют некоторые неправильные представления о балансировке фазоинвертора с перекрестными связями.

Первое, для несимметричных входов коррекция нуля между катодами первого каскада не обеспечивает динамической балансировки усилителя. А просто балансирует режим ламп по постоянному току и уравнивает чувствительность этих двух входов. Так как оба эти параметра не являются критическими, в улучшенной схеме фазоинвертора эта регулировка может быть опущена, как в оригинальной схеме Вана Скойока. Регулятор динамического баланса в новой схеме включен в другом месте.

Также, термин "собственное равновесие" несколько вводит в заблуждение. Снова обратившись к рис. 2, можно отметить, что обе полуволны сигнала равны только на входе второго каскада. Разброс параметров ламп и номиналов нагрузочных резисторов приводит к нарушению баланса. Другая проблема заключена в высоком выходном сопротивлении (30,000 Ω) второго каскада, это ограни-

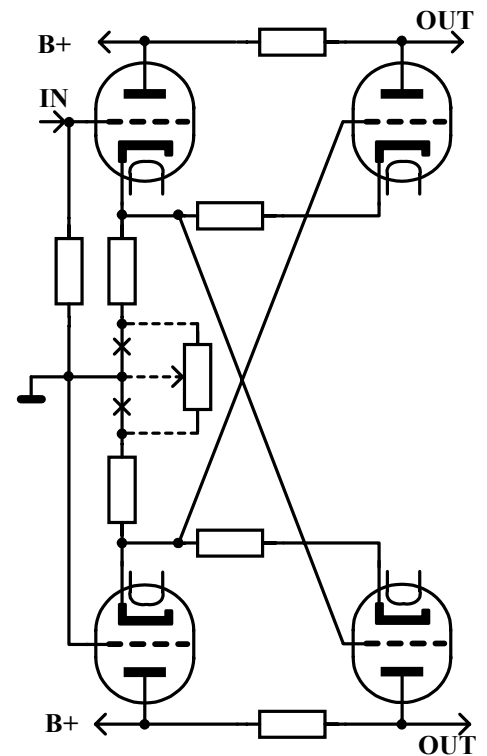


Рис. 1.

Оригинальная схема фазоинвертора с перекрестными связями, описанная Ваном Скойоком в 1948г. (введенный позже регулятор баланса показан пунктиром).

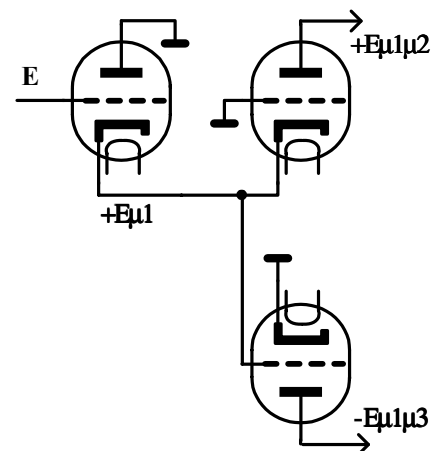


Рис. 2.

Эквивалентная схема фазоинвертора по переменному току.

чивает высокочастотные свойства и вызывает подрезку импульсов, поскольку в выходном каскаде сеточное смещение достигает нуля.

Обе эти проблемы могут быть решены простым добавлением второго катодного повторителя к схеме. Низкое постоянное напряжение на выходе катодного повторителя позволяет реализовать непосредственную связь с выходным каскадом и избавиться от многих проблем получения смещения и поддержания статического равновесия, характерных для схем с гальванической связью. Также, гальваническая связь устраняет сдвиг фаз в низкочастотной области, что способствует увеличению стабильности усилителя. Низкое выходное сопротивление катодных повторителей уменьшает паразитные фазовые сдвиги в высокочастотной области и обеспечивает мощный выход для раскачки выходных ламп. Из уравнений, описывающих катодный повторитель, следует, что его коэффициент передачи можно изменять изменением величины катодного резистора. Это позволяет реализовать очень удобный метод динамической балансировки схемы, показанный на рис. 3. Динамическая балансировка вызывает лишь незначительное изменение статического режима выходного каскада. Этими изменениями режима можно пренебречь, но пурист может их компенсировать соответствующей подстройкой режима выходного каскада для достижения полного равновесия.

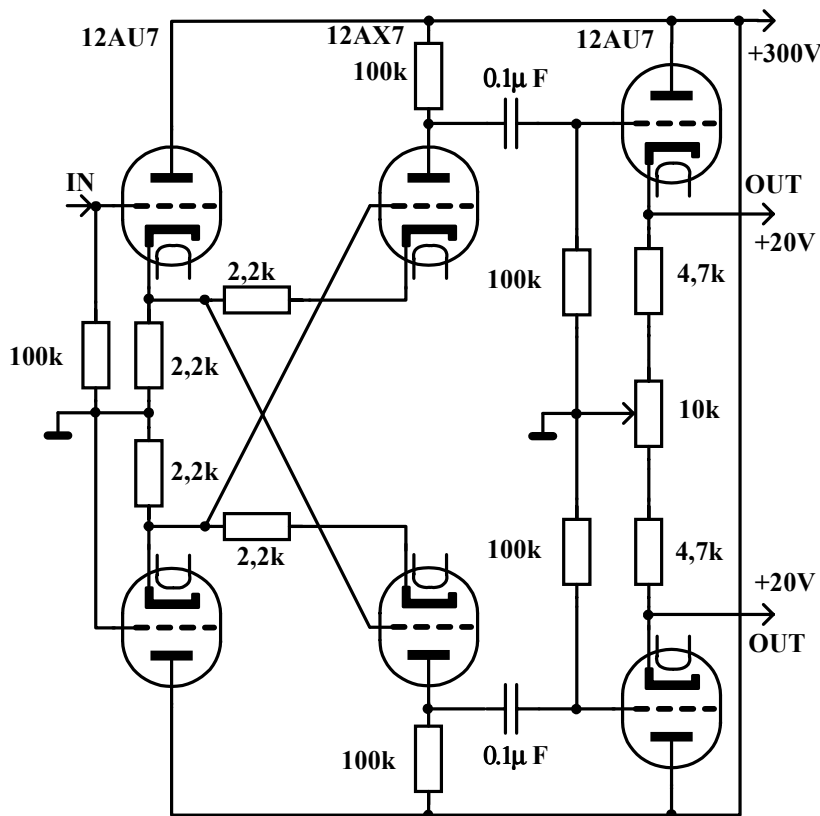


Рис. 3.

Фазоинвертор с перекрестными связями и с выходными катодными повторителями. Выходы фазоинвертора должны быть непосредственно связаны с управляющими сетками выходных ламп. Для этого напряжение на катодных выходных ламп необходимо увеличить на 20V. Показанный регулятор баланса обеспечивает компенсацию 6% разбаланса

Главным недостатком этой схемы фазоинвертора является его низкий коэффициент передачи из-за наличия двух катодных повторителей. Но большинство современных тюнеров и предварительных усилителей обеспечивают на выходе напряжение, достаточное для получения полного размаха напряжения на выходе фазоинвертора. В общем, эта схема должна удовлетворить практически всем требованиям, предъявляемым к фазоинвертору в усилителе, где требуемое напряжение возбуждения ламп выходного каскада менее 15V.

* В соответствии с эквивалентной схемой (рис.2), верхняя лампа включена по схеме с общей сеткой, а нижняя по схеме с общим катодом. Каскад с общей сеткой имеет большее выходное сопротивление и лучшие частотные свойства по сравнению с каскадом с общим катодом.