

Программа расчета П-контура

1 Описание

Программа выполняет расчет П-контура по формулам, приведенным в [1].

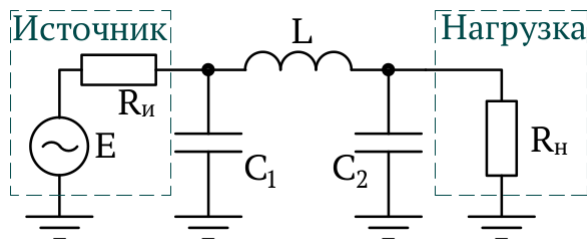


Рис. 1: Схема П-контура

Схема П-контура приведена на рисунке 1. Программа определяет значения элементов П-контура, значения токов и реактивных мощностей в его элементах, выходную мощность при заданной входной, потери в контуре и его КПД, эффективные значения напряжений на входе, выходе и катушке индуктивности, ширину полосы пропускания, уровень фильтрации 2-й гармоники выраженный в дБ. По рассчитываемому значению критической добротности выполняется проверка (с коэффициентом запаса $k = 1.1$), реализуемости П-контура, при невозможности его постройки выводится соответствующее сообщение. Большинство величин рассчитываются в комплексных числах.

Ширина полосы частот П-контура по АЧХ определяется в 2-х режимах - генератора напряжения, с выходным сопротивлением генератора равным входному сопротивлению контура на частоте 1-й гармоники, и в режиме генератора тока, с выходным сопротивлением генератора много превышающим входное сопротивление контура на рабочей частоте. Расчет выполняется с шагом 1...5 кГц в зависимости от расчетной частоты, далее выполняется сканирование на уровне -1дБ с целью поиска границ полосы по данному уровню.

Для контуров с малой добротностью полоса пропускания по уровню -1 дБ может оказаться очень широкой, практически от нулевой частоты до частоты среза.

Для определения уровня подавления 2-й гармоники выполняется расчет для 2-х частот f и $2f$ в режимах генератора напряжения и генератора тока.

Для режима генератора напряжения программа производит расчет параметров $|S_{11}|$ и $|S_{22}|$, а также полосы частот по уровню 0,1 параметра $|S_{11}|$, учитывая формулу $KCB = (1 + S_{11})/(1 - S_{11})$ это эквивалентно полосе частот по уровню $KCB \approx 1,22$.

2 Использование программы

Программу можно использовать для расчета согласующего межкаскадного П-контура или П-контура выходного каскада передатчика.

Нагруженную добротность для межкаскадного согласования обычно принимают 3...5. При этом параметры подавления 2-й гармоники и полосы АЧХ принимают исходя из вида источника сигнала, например при согласовании трансивера с усилителем мощности принимают режим генератора напряжения, параметры в выводе программы обозначены символами К-У и АЧХ-У.

Для выходного каскада передатчика нагруженную добротность принимают в пределах 11...16, на ВЧ диапазонах, при невозможности постройки контура по минимальной «горячей» емкости, значение нагруженной добротности при необходимости поднимают примерно до 17...20-ти или принимают меры для компенсации излишней емкости. Параметры подавления 2-й гармоники и полосы АЧХ принимают как для генератора тока, что свойственно тетродам и пентодам по причине их высокого выходного сопротивления. В выводе программы параметры обозначены через символы К-І и АЧХ-І.

Холостую добротность контура выбирают по качеству изготовления катушки индуктивности, обычно в пределах 150...300.

Для правильного расчета выходного каскада нужно правильно определить требуемое входное сопротивление П-контура, его расчет можно произвести по формуле:

$$R = \frac{(E - U_{min})^2}{2P}$$

где E – напряжение источника питания, В, U_{min} – минимальное мгновенное напряжение на аноде лампы в режиме генерации, определяемое по ее анодной характеристике, В, P – мощность 1-й гармоники в

контуре, Вт. Выходная мощность передатчика определяется с учетом КПД, она составит $P_{out} = P \cdot \eta$, где η – рассчитанный программой КПД П-контра.

Вторая формула для расчета входного сопротивления контура передатчика, если удобнее использовать импульс тока лампы, фактически представляет собой закон Ома и выглядит следующим образом:

$$R = \frac{E - U_{min}}{a_1 \cdot I_{max}}$$

где I_{max} – амплитуда импульса тока лампы, a_1 – коэффициент Берга для первой гармоники анодного тока. Коэффициенты Берга можно определить по графикам на рисунках 2 и 3. Импульс тока лампы можно определить по ее анодной характеристике.

При расчете П-контра выходного каскада лампового передатчика нужно учесть, что программой производится расчет уровня фильтрации 2-й гармоники только самим П-контуром, т.е. без учета «уже» меньшего уровня 2-й гармоники на его входе, но учитывать данный показатель необходимо. Например, при широко используемом значении угла отсечки 90° для ламп с линейной характеристикой на выходе усилительного каскада (в цепи анода) уровень тока второй гармоники будет меньше уровня первой на

$$k = 20 \log \left(\frac{a_1}{a_2} \right) \approx 20 \log \left(\frac{0.5}{0.212} \right) \approx 7.45 \text{ дБ}$$

значит для правильной оценки уровня 2-й гармоники на выходе каскада в целом к рассчитанному программой значению нужно прибавить 7,45 дБ. Однако с целью обеспечения некоторого запаса на неучтенные факторы, согласно [1], принимают запас по фильтрации в 2-3 дБ. Например, в рассмотренном выше случае вместо 7,45 дБ будет правильно прибавить 5-5,5 дБ. При расчете каскадов на триодах, в связи с их существенно меньшим выходным сопротивлением, запас лучше увеличить до 3-4 дБ, либо ориентироваться на параметр подавления 2-й гармоники KF-U. Для другого угла отсечки и другой характеристики лампы нужно применить другие коэффициенты разложения токового импульса, которые можно определить по графикам изображенным на рисунке 2 для линейной характеристики и на рисунке 3 для квадратичной характеристики лампы.

3 Права и запуск

Программа распространяется на условиях freeware. Установка программы не требуется. Для работы необходима 64 битная ОС windows

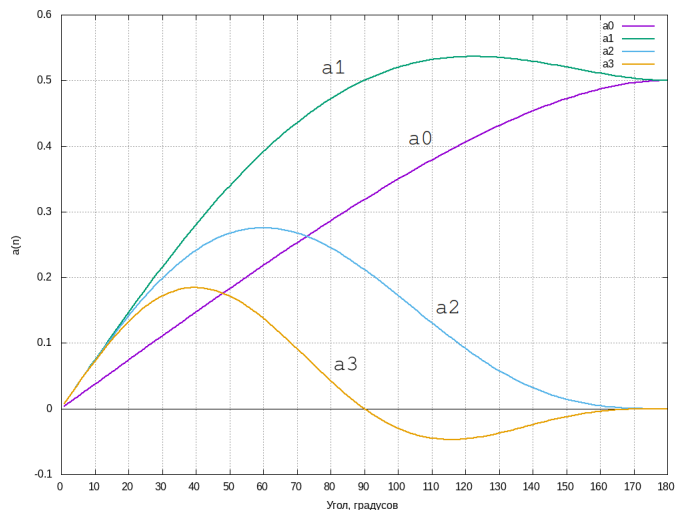


Рис. 2: для линейной характеристики

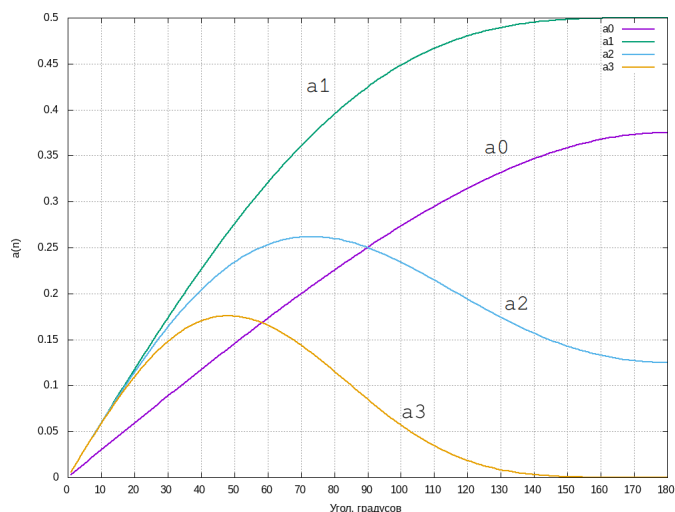


Рис. 3: для квадратичной характеристики

или linux. Запуск программы в ОС windows осуществляется файлом с именем соответствующим кодовой странице терминала вашего компьютера. Если символы отображаются неправильно с любым из файлов примените в терминале шрифт Lucida Console.

Запуск программы в ОС linux осуществляется командой `./p-kontur-lin`. Если файл не запустится по причине отсутствия прав на запуск, то нужно их предоставить с помощью файлового менеджера через контекстное меню «свойства — права — разрешить выполнение файла как программы».

Литература:

1. Журнал «Радио» № 5, 7, 1985 г. Методика расчета П-контра передатчика, К.А. Шульгин.