

## Программа расчета П-контура

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

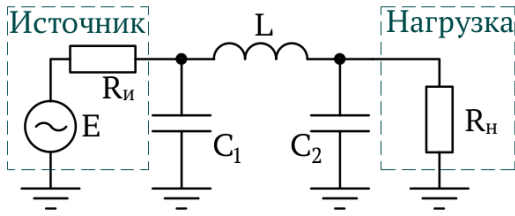


Рис. 1: Схема П-контура

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 определяется через расчет АЧХ в 2-х режимах - равенства выходного сопротивления генератора и входного сопротивления контура на частоте 1-й гармоники (обозначено АЧХ-У) и в режиме генератора тока (АЧХ-І). 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, что соответствует величине мощности с краю диапазона примерно 79,4% от уровня мощности в середине диапазона и уровню напряжения 89,1%, как указано в таблице.

дБ	K(p)	K(u,i)
0.0	1.000	1.000
-0.5	0.891	0.944
-1.0	0.794	0.891
-1.5	0.708	0.841
-2.0	0.631	0.794

Для контуров с малой добротностью полоса пропускания по уровню -1 дБ может оказаться очень широкой, практически от нулевой частоты до частоты среза. При наличии 2-х участков с уровнем менее -1дБ, как изображено на рисунке 2, учитывается один участок, расположенный около основной гармоники (по рисунку 2-й участок).

Для определения уровня подавления 2-й гармоники выполняется расчет для 2-х частот  $f$  и  $2f$  в 2-х

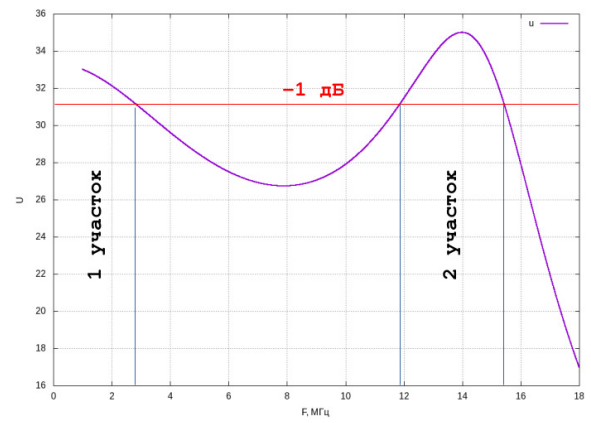


Рис. 2: АЧХ

режимах: равенства выходного сопротивления генератора и входного сопротивления контура на частоте 1-й гармоники (обозначено КУ), а так же в режиме генератора тока (КИ).

Дополнительно программа рассчитывает параметры  $|S_{11}|$  и  $|S_{22}|$  (для режима равенства внутреннего сопротивления генератора и входного сопротивления контура) по входному и выходному портам на расчетной частоте, а так же полосу частот по уровню 0,1 (эквивалентно КСВ  $\approx 1,22$ ) параметра  $|S_{11}|$  как изображено на рисунке 3. При наличии 2-х участков с уровнем  $|S_{11}|$  ниже 0,1 учитывается один участок, расположенный у основной гармоники.

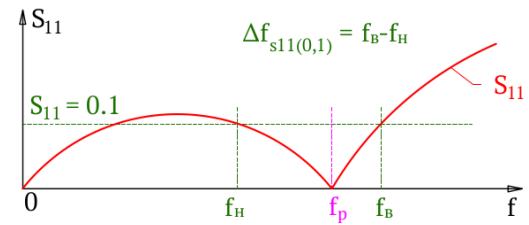


Рис. 3: S11

Расчет входного сопротивления П-контура передатчика 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  $\eta$  - рассчитанный программой КПД П-контура.

## Использование

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 равенства входного сопротивления контура и внутреннего сопротивления генератора (выходного сопротивления усилителя мощности трансивера), 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 К-И и АЧХ-И, что свойственно тетродам и пентодам по причине их высокого выходного сопротивления.

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

При расчете П-контура 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  $90^\circ$  для ламп с линейной характеристикой на выходе усилительного каскада 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, дополнительный запас лучше увеличить до 3-4 дБ, либо ориентироваться на параметр подавления 2-й гармоники КФ-У. Для другого угла отсечки и другой характеристики лампы нужно применить другие коэффициенты разложения токового импульса, которые

можно определить по графикам изображенным на рисунке 4 для линейной характеристики и на рисунке 5 для квадратичной характеристики лампы.

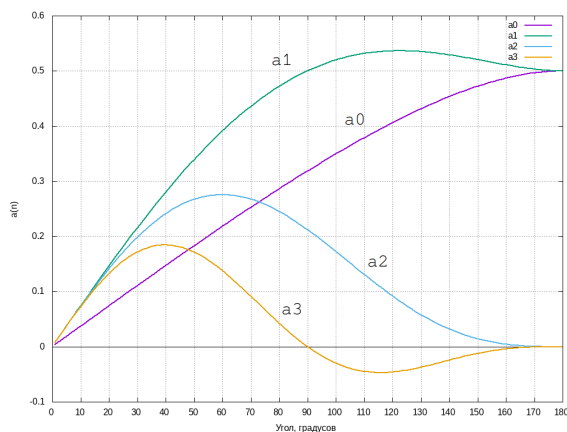


Рис. 4: для линейной характеристики

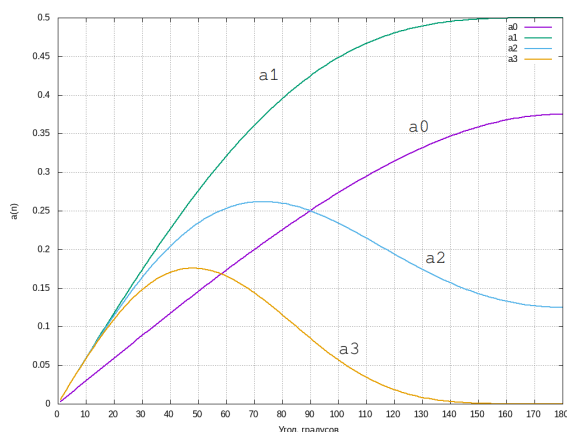


Рис. 5: для квадратичной характеристики

## Права и запуск

Программа распространяется на условиях freeware. Установка программы не требуется. Для работы необходима 64 битная ОС windows 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-контура передатчика, К.А. Шульгин.