

Как вписать готовый трансформатор в нужную анодную нагрузку



рис. Внешний вид и заводские характеристики ТВЗ-3Ш.

Его необходимо аккуратно разобрать, пересчитать пластины для точного определения сечения сердечника, пересчитать количество витков для определения коэффициента трансформации, то, что на них написано, не совпадает с реальностью.

Как оказалось в перемычке 63 пластины по 0,35 мм, это 22 мм. Ш пластин 68, это 23,8 мм., заводской брак, пластины не доложили, сердечник $S_c = 1,6 \times 2,38 = 3,8$ кв.см., окно $S_o = 2,8 \times 1,0 = 2,8$ кв.см., зазор электрокартон 0,13 мм. Габаритная мощность $P = 3,8 * 2,8 = 10,64$ Вт, по Г.Гендину для однотактников запас должен быть 20-ти кратный, Кризе писал о десятикратном запасе, $S_c * S_o$. Смысл этого запаса в снижении максимальной магнитной индукции, чтобы на НЧ железо не насыщалось, и не было искажений.

Сопротивление первички 478 Ом (у всех разное), вторичка намотана проводом 0,48 (0,52 по изоляции), намотана поверх первички, всего одна секция, из-за чего межобмоточная емкость чемпионская, всего 116 пФ (есть даже 95 пФ), поэтому АЧХ на ВЧ в ультразвук, ее сопротивление 2,2 Ом, это много, из-за чего КПД плохой, между катушкой и сердечником имеется зазор около 2 мм, т.е. окно использовано не полностью, что ухудшает индуктивность рассеяния.

По существующему ГОСТ сопротивление вторички должно быть меньше сопротивления АС в 20~30 раз, что предполагает секционирование, но у этого трансформатора не получится.

Вторичка была смотана, измерена ее длина 10,48 м, и вычислена длина среднего витка, получается $10,48/92 = 0,1139$ м.

Трансформатор был проверен на коэффициент трансформации, для этого на первичку подавалось близкое расчетное напряжение 58,4 В, и измерялось на вторичке, получилось 1,74 В, в этом случае коэффициент трансформации $n = 58,4/1,74 = 33,563$. Смотанная вторичка имела 92 витка, тогда первичка $I = 33,563 * 92 = 3087$ витков, хотя на этикетке написано 3000 витков и 91 виток, и не доложили в перемычку 5 пластин по 0,35, это 1,75 мм, в общем халтура. Все 4 обмеренные трансформаторы имели разные характеристики, но одинаковую цену 1 руб. 30 коп., ставили их в ламповые телевизоры с динамиком на 4 Ом (см. график импеданса <https://ldsound.info> > 5-gdsh-5-4-4-gd-53 5 ГДШ-5-4 (4 ГД-53))

Что он из себя представлял, сейчас покажу. Сопротивление первички 478 Ом, пишут провод 0,125 мм, вторичка 0,5 мм и сопротивление 2,2 Ом, приведенное вторички:

$$r_{p2} = r_2 * n^2 = 2,2 * 33,563^2 = 2478 \text{ Ом}$$

$$\eta = 1 - \frac{r1 + rp2}{Rn * n} = 1 - \frac{478,0 + 2478,0}{4,0 * 33,563} = 0,344$$

Впервые вижу такой КПД, надо запомнить, жаль неизвестна фамилия инженера, который его рассчитывал, и начальник отдела, утвердившего расчеты. Главное что телевизоры работали.

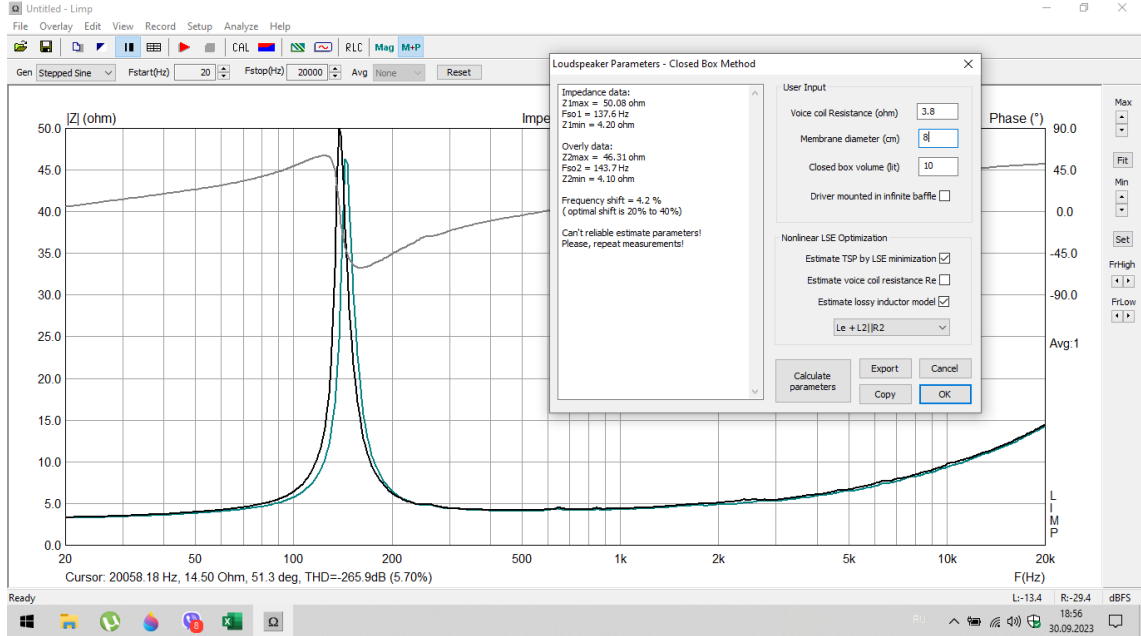


рис. График импеданса.

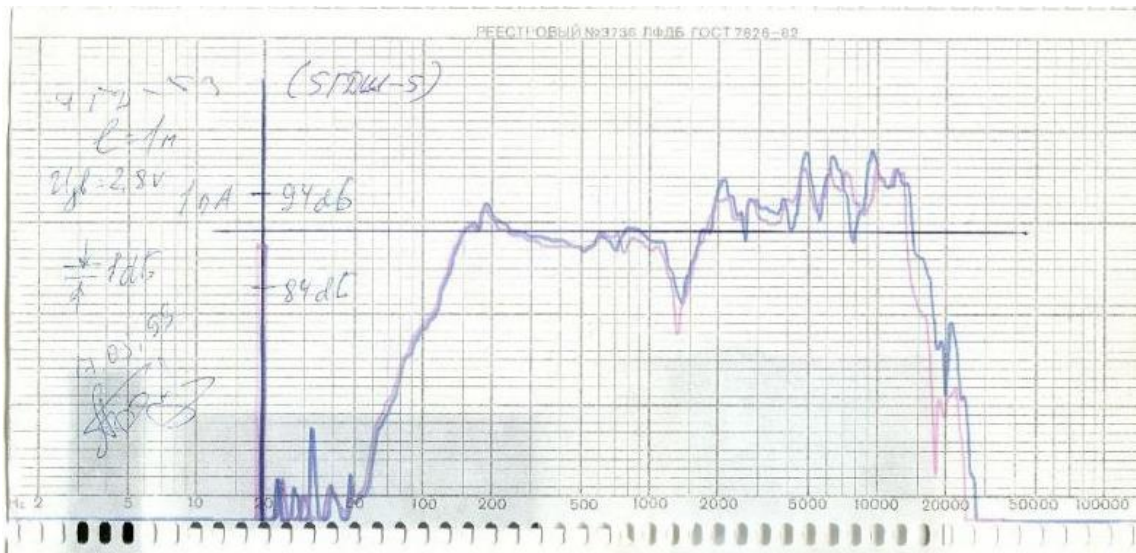


рис. АЧХ 5ГДШ-5.

Для БПП с ее оптимальной анодной нагрузкой 3,9 кОм, определяем оптимальное сопротивление катушки громкоговорителя:

$$Rn = \sqrt{\frac{Ra * \eta}{n}} = \sqrt{\frac{3900 * 0,344}{33,563}} = 6,3 \text{ Ом}$$

Для пентодного включения:

$$R_a = \frac{R_n * n^2}{\eta} = \frac{6,3 * 33,563^2}{0,344} = 20630 \text{ Ом}$$

На графике анодных характеристик выбираем нужную ветвь смещения, соседние (на всю предполагаемую величину раскачки), должны отстоять от нее на одинаковых расстояниях, это залог низких искажений.

От выбранного напряжения анод-катод проводим вертикальную линию, до пересечения с выбранной ветвью смещения, и в точке пересечения определяем ток покоя.

Определяем координаты линии динамической нагрузки:

$$U_A = (R_a * I_a) + U_a$$

$$I_A = \frac{U_A}{R_a}$$

Ставим их на осях ординат, и проводим между ними линию динамической нагрузки, она должна точно пройти через рабочую точку на выбранной ветви смещения. При должном усердии, слегка меняя наклон линейки, можно точно получить требуемую анодную нагрузку. Считаем по ней все характеристики усилителя.

Проще всего индуктивность рассеяния можно посчитать закоротив первичку, и пересчитав индуктивность вторички, умножив ее индуктивность на корень квадратный из коэффициента трансформации. Особая точность не нужна, индуктивность рассеяния мало о чем говорит, реально верхнюю границу АЧХ измеряют на готовом усилителе по ГОСТ (методику измерения можно почитать у Левитина), на частоте 1000 Гц, и записывают в паспорт.

$$L_s = \frac{0,4 * 3,14 * w_1^2 * l_0 * D_n * 10^{-8}}{m * h_n} = \frac{1,256 * 3087^2 * 11,39 * 0,933 * 10^{-8}}{1 * 2,4} = 0,53 \text{ Гн}$$

Примечание: l_0 -ср. длина витка, D_n -приведенное расстояние между обмотками, в полностью заполненном окне оно равно 1/3 ширины окна. Например, если окно 2,8 см, то $D_n = 0,933$ см. m -количество зазоров между секциями, h_n -длина намотки.

Судя по знаменателю, чем больше секций, тем меньше индуктивность рассеяния, и шире полоса на ВЧ. По триодным меркам такая индуктивность рассеяния плохая, следствие небольшого количества секций. 6148

$$F_B = 0,16 \sqrt{\frac{1}{L_s * C}} = 0,16 \sqrt{\frac{1}{0,53 * 0,00000000116}} = 20406 \text{ Гц}$$

Обычная величина лампового усилителя, как видите, несмотря на скромные размеры, инженеры постарались вписать трансформатор в существующий в те годы ГОСТ, не придерешься.

Посчитаем требуемое напряжение с блока питания. На первичной обмотке 478 Ом ток покоя, например 50 мА, создаст падение напряжения 24 В, плюс выбранное напряжение анод-катод, плюс напряжение смещения, итого с блока питания под нагрузкой потребуется ___ вольт.

„26" ноября 2024 г. 1.33-2.50 ночи

Владимир Большаков