

Номиналы резисторов стандартизированы. Почти всем известен ряд E24, номиналы которого выпускаются с погрешностью 5%. Выглядит он так.

| №       | 0  | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | ... | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
|---------|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|
| Номинал | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | ... | 56 | 62 | 68 | 75 | 82 | 91 |

Ряд номиналов далее повторяется, но все номиналы увеличиваются или уменьшаются в 10 раз. Соответственно, таблица расширяется как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения номиналов.

| №       | 0   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | ... | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Номинал | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1,6 | ... | 5,6 | 6,2 | 6,8 | 7,5 | 8,2 | 9,1 |
| Номинал | 10  | 11  | 12  | 13  | 15  | 16  | ... | 56  | 62  | 68  | 75  | 82  | 91  |
| Номинал | 100 | 110 | 120 | 130 | 150 | 160 | ... | 560 | 620 | 680 | 750 | 820 | 910 |

Каждый номинал таблицы может быть вычислен заранее. Формула простая.

$$R_{M,N} = M \cdot 10^{\frac{N}{10}}$$

Тут  $M$  – масштабный множитель, равный 0,1; 1; 10; 100; 1000...,

$N$  – номер номинала в таблице, целое число от 0 до 23.

Проверим на практике, работает ли формула. Пусть  $M = 10$ , а  $N = 0, 1, 5, 22, 23$ .

$$R_{10,0} = 10 \cdot 10^{\frac{0}{10}} = 10.000 \approx 10$$

$$R_{10,1} = 10 \cdot 10^{\frac{1}{10}} = 11.007 \approx 11$$

$$R_{10,5} = 10 \cdot 10^{\frac{5}{10}} = 16.156 \approx 16$$

$$R_{10,22} = 10 \cdot 10^{\frac{22}{10}} = 82.540 \approx \mathbf{83}$$

$$R_{10,23} = 10 \cdot 10^{\frac{23}{10}} = 90.851 \approx 91$$

Вроде бы, все замечательно, но вызывает опасение номинал 82ома. Проверим другие номиналы. Пусть  $M = 10$ , а  $N = 10, 11, 12, 13, 14$ .

$$R_{10,10} = 10 \cdot 10^{\frac{10}{10}} = 26.102 \approx \mathbf{26}$$

$$R_{10,11} = 10 \cdot 10^{\frac{11}{10}} = 28.730 \approx \mathbf{29}$$

$$R_{10,12} = 10 \cdot 10^{\frac{12}{10}} = 31.623 \approx \mathbf{32}$$

$$R_{10,13} = 10 \cdot 10^{\frac{13}{10}} = 34.807 \approx \mathbf{35}$$

$$R_{10,14} = 10 \cdot 10^{\frac{14}{10}} = 38.312 \approx \mathbf{38}$$

М-да... Жалкое зрелище. Душераздирающее зрелище. Кошмар. Словно кто-то занимался вредительством утверждая этот самый распространенный ряд номиналов E24. Почему? Ответ простой. Этот ряд номиналов был подобран экспериментально на практике и его просто не стали менять. Назначили стандартную погрешность 5% и закрыли тему. Самые большие отклонения оказались у элементов ряда под №3 (+2,57%) и под №11 (-4,23%). Кое-как, но влезли в погрешность. А ведь могли сделать ряд с погрешностью 3% просто за счет правильного округления!!! Но, нет, поэтому:

**ВЫВОД.** Из-за ошибочно принятого стандарта регулятор громкости Гапонова в случае применения резисторов с номиналами из ряда E24 независимо от их точности получится хреновый.

Тем не менее, формально, чтобы попасть в этот ряд, необходим шаг приращения громкости

$$\text{Шаг}_1 = 20 \cdot \log_{10} 10^{\frac{1}{24}} = 20 \cdot \frac{1}{24} = \frac{20}{24} = 0.833333\text{дБ}$$

Если в регуляторе громкости 30 положений, то максимальное подавление сигнала составит

$$\text{Подавление}_{30,1} = \frac{20}{24} \cdot (30 - 1) = 24.1667\text{дБ}$$

Маловато. Чтобы расширить диапазон регулировки, можно взять номиналы резисторов «через один» или даже «через два», т.е. каждый второй или каждый третий. Тогда шаги приращения громкости будут.

$$\text{Шаг}_2 = 20 \cdot \log_{10} 10^{\frac{2}{24}} = 20 \cdot \frac{2}{24} = \frac{40}{24} = 1.666667\text{дБ}$$

$$\text{Шаг}_3 = 20 \cdot \log_{10} 10^{\frac{3}{24}} = 20 \cdot \frac{3}{24} = \frac{60}{24} = 2.500000\text{дБ}$$

Соответственно, в регуляторе громкости на 30 положений максимальные подавления сигнала составят

$$\text{Подавление}_{30,2} = \frac{40}{24} \cdot (30 - 1) = 48.3333\text{дБ}$$

$$\text{Подавление}_{30,3} = \frac{60}{24} \cdot (30 - 1) = 72.5000\text{дБ}$$

Это уже явный перебор в обоих случаях. Поэтому **для ряда E24 оптимальным представляется переменный шаг: 16 положений с шагом 0.833333дБ и 13 положений с шагом 1.666666дБ, которые в сумме дадут глубину регулировки 35.00дБ.**

Однако, кроме несчастного ряда E24, есть другие ряды, – E48, E96 и E192. При стандартизации для них уже были приняты математически точные значения номиналов сопротивлений, без ошибок округления и исторических предпочтений. Вот они.

**Таблица рядов сопротивлений, пригодных для регулятора Гапонова**

| E48<br>2% | E96<br>1% | E192<br>0,5% | E48<br>2% | E96<br>1% | E192<br>0,5% | E48<br>2% | E96<br>1% | E192<br>0,5% | E48<br>2% | E96<br>1% | E192<br>0,5% | E48<br>2% | E96<br>1% | E192<br>0,5% | E48<br>2% | E96<br>1% | E192<br>0,5% |
|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|--------------|-----------|-----------|--------------|
| 100       | 100       | 100          | 147       | 147       | 147          | 215       | 215       | 215          | 316       | 316       | 316          | 464       | 464       | 464          | 681       | 681       | 681          |
|           |           | 101          |           |           | 149          |           |           | 218          |           |           | 320          |           |           | 470          |           |           | 690          |
|           | 102       | 102          |           | 150       | 150          |           | 221       | 221          |           | 324       | 324          |           | 475       | 475          |           | 698       | 698          |
|           |           | 104          |           |           | 152          |           |           | 223          |           |           | 328          |           |           | 481          |           |           | 706          |
| 105       | 105       | 105          | 154       | 154       | 154          | 226       | 226       | 226          | 332       | 332       | 332          | 487       | 487       | 487          | 715       | 715       | 715          |
|           |           | 106          |           |           | 156          |           |           | 229          |           |           | 336          |           |           | 493          |           |           | 723          |
|           | 107       | 107          |           | 158       | 158          |           | 232       | 232          |           | 340       | 340          |           | 499       | 499          |           | 732       | 732          |
|           |           | 109          |           |           | 160          |           |           | 234          |           |           | 344          |           |           | 505          |           |           | 741          |
| 110       | 110       | 110          | 162       | 162       | 162          | 237       | 237       | 237          | 348       | 348       | 348          | 511       | 511       | 511          | 750       | 750       | 750          |
|           |           | 111          |           |           | 164          |           |           | 240          |           |           | 352          |           |           | 517          |           |           | 759          |
|           | 113       | 113          |           | 165       | 165          |           | 243       | 243          |           | 357       | 357          |           | 523       | 523          |           | 768       | 768          |
|           |           | 114          |           |           | 167          |           |           | 246          |           |           | 361          |           |           | 530          |           |           | 777          |
| 115       | 115       | 115          | 169       | 169       | 169          | 249       | 249       | 249          | 365       | 365       | 365          | 536       | 536       | 536          | 787       | 787       | 787          |
|           |           | 117          |           |           | 172          |           |           | 252          |           |           | 370          |           |           | 542          |           |           | 796          |
|           | 118       | 118          |           | 174       | 174          |           | 255       | 255          |           | 374       | 374          |           | 549       | 549          |           | 806       | 806          |
|           |           | 120          |           |           | 176          |           |           | 258          |           |           | 379          |           |           | 556          |           |           | 816          |
| 121       | 121       | 121          | 178       | 178       | 178          | 261       | 261       | 261          | 383       | 383       | 383          | 562       | 562       | 562          | 825       | 825       | 825          |
|           |           | 123          |           |           | 180          |           |           | 264          |           |           | 388          |           |           | 569          |           |           | 835          |
|           | 124       | 124          |           | 182       | 182          |           | 267       | 267          |           | 392       | 392          |           | 576       | 576          |           | 845       | 845          |
|           |           | 126          |           |           | 184          |           |           | 271          |           |           | 397          |           |           | 583          |           |           | 856          |
| 127       | 127       | 127          | 187       | 187       | 187          | 274       | 274       | 274          | 402       | 402       | 402          | 590       | 590       | 590          | 866       | 866       | 866          |
|           |           | 129          |           |           | 189          |           |           | 277          |           |           | 407          |           |           | 597          |           |           | 876          |
|           | 130       | 130          |           | 191       | 191          |           | 280       | 280          |           | 412       | 412          |           | 604       | 604          |           | 887       | 887          |
|           |           | 132          |           |           | 193          |           |           | 284          |           |           | 417          |           |           | 612          |           |           | 898          |
| 133       | 133       | 133          | 196       | 196       | 196          | 287       | 287       | 287          | 422       | 422       | 422          | 619       | 619       | 619          | 909       | 909       | 909          |
|           |           | 135          |           |           | 198          |           |           | 291          |           |           | 427          |           |           | 626          |           |           | 919          |
|           | 137       | 137          |           | 200       | 200          |           | 294       | 294          |           | 432       | 432          |           | 634       | 634          |           | 931       | 931          |
|           |           | 138          |           |           | 203          |           |           | 298          |           |           | 437          |           |           | 642          |           |           | 942          |
| 140       | 140       | 140          | 205       | 205       | 205          | 301       | 301       | 301          | 442       | 442       | 442          | 649       | 649       | 649          | 953       | 953       | 953          |
|           |           | 142          |           |           | 208          |           |           | 305          |           |           | 448          |           |           | 657          |           |           | 965          |
|           | 143       | 143          |           | 210       | 210          |           | 309       | 309          |           | 453       | 453          |           | 665       | 665          |           | 976       | 976          |
|           |           | 145          |           |           | 213          |           |           | 312          |           |           | 459          |           |           | 673          |           |           | 988          |

Эту таблицу я создал и рассчитал заново в Excel. Можешь найти в Интернете аналогичную таблицу и сравнить. Думаю, ошибок не будет.