

| Типовые данные, для расчета тороидальных трансформаторов мощностью до 1000вт. |       |          |                              |       |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------|----------|------------------------------|-------|
| Ргаб, вт                                                                      | w /S  | S, Коэфф | $\Delta$ , а/мм <sup>2</sup> | n, %  |
| до 10                                                                         | 41.00 | 1.00     | 4.50                         | 0.800 |
| 11-30                                                                         | 36.00 | 1.10     | 4.00                         | 0.900 |
| 31-50                                                                         | 33.30 | 1.20     | 3.50                         | 0.920 |
| 51-120                                                                        | 32.00 | 1.25     | 3.00                         | 0.950 |
| 121-250                                                                       | 31.00 | 1.27     | 2.70                         | 0.960 |
| 251-1000                                                                      | 30.00 | 1.28     | 2.50                         | 0.965 |

| Конструкция трансформатора | Плотность тока (а/мм <sup>2</sup> ) при мощности трансформатора (Вт) |         |         |         |          |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------|---------|---------|----------|
|                            | 5-10                                                                 | 10-50   | 50-150  | 150-300 | 300-1000 |
| Однокаркасная              | 3,0-4,0                                                              | 2,5-3,0 | 2,0-2,5 | 1,7-2,0 | 1,4-1,7  |
| Двухкаркасная              | 3,5-4,0                                                              | 2,7-3,5 | 2,4-2,7 | 2,0-2,5 | 1,7-2,3  |
| Кольцевая                  | 4,5-5,0                                                              | 4,0-4,5 | 3,5-4,5 | 3,0-3,5 | 2,5-3,0  |

Приблизительно оценить КПД трансформатора можно по таблице.

| Мощность трансформатора (Вт) | КПД трансформатора (%) |                 |                  |           |
|------------------------------|------------------------|-----------------|------------------|-----------|
|                              | Броневого штампованный | Броневого витой | Стержневой витой | Кольцевой |
| 5-10                         | 60                     | 65              | 65               | 70        |
| 10-50                        | 80                     | 90              | 90               | 90        |
| 50-150                       | 85                     | 93              | 93               | 95        |
| 150-300                      | 90                     | 95              | 95               | 96        |
| 300-1000                     | 95                     | 96              | 96               | 96        |

Величину индукции можно определить по таблице.

| Тип магнитопровода     | Магнитная индукция max (Тл) при мощности трансформатора (Вт) |       |          |         |          |
|------------------------|--------------------------------------------------------------|-------|----------|---------|----------|
|                        | 5-15                                                         | 15-50 | 50-150   | 150-300 | 300-1000 |
| Броневого штампованный | 1,1-1,3                                                      | 1,3   | 1,3-1,35 | 1,35    | 1,35-1,2 |
| Броневого витой        | 1,55                                                         | 1,65  | 1,65     | 1,65    | 1,65     |
| Тороидальный витой     | 1,7                                                          | 1,7   | 1,7      | 1,65    | 1,6      |

<http://forum.cxem.net/index.php?/topic/87809-faq-%D0%BF%D0%BE-%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%BC-%D0%B8-%D0%B1%D0%BF/>

Таблица 8 Мазель, Трансформаторы электропитания, 1982

Рекомендуемые значения индукции, плотности тока, КПД и коэффициента заполнения окна

| Габаритная мощность<br>$P_{габ}$ , В·А | Индукция $B$ , Тл |        | Плотность тока<br>$J$ , А/мм <sup>2</sup> |        | КПД $\eta$   |        | Коэффициент заполнения окна<br>$k_M$ |
|----------------------------------------|-------------------|--------|-------------------------------------------|--------|--------------|--------|--------------------------------------|
|                                        | Частота сети      |        | Частота сети                              |        | Частота сети |        |                                      |
|                                        | 50 Гц             | 400 Гц | 50 Гц                                     | 400 Гц | 50 Гц        | 400 Гц |                                      |
| 10                                     | 1,10              | 1,0    | 4,8                                       | 7      | 0,82         | 0,80   | 0,23                                 |
| 20                                     | 1,25              | 1,1    | 3,9                                       | 6      | 0,85         | 0,83   | 0,26                                 |
| 40                                     | 1,35              | 1,2    | 3,2                                       | 5      | 0,87         | 0,85   | 0,28                                 |
| 70                                     | 1,40              | 1,25   | 2,8                                       | 4,2    | 0,89         | 0,87   | 0,3                                  |
| 100                                    | 1,35              | 1,2    | 2,5                                       | 3,8    | 0,91         | 0,89   | 0,31                                 |
| 200                                    | 1,25              | 1,1    | 2                                         | 3,1    | 0,93         | 0,91   | 0,32                                 |
| 400                                    | 1,15              | 1,0    | 1,6                                       | 2,5    | 0,95         | 0,92   | 0,33                                 |
| 700                                    | 1,10              | 0,9    | 1,3                                       | 2,1    | 0,96         | 0,93   | 0,33                                 |
| 1000                                   | 1,05              | 0,8    | 1,2                                       | 1,8    | 0,96         | 0,93   | 0,34                                 |

Силовые трансформаторы

Г.Гендин

Все многообразие современной бытовой радиоаппаратуры имеет один общий, объединяющий элемент — источник питания. Для так называемой "стационарной" аппаратуры таким источником является силовая сеть переменного тока промышленной частоты (50 или 60 Гц), напряжение которой трансформируется до нужной величины с помощью "силовых" трансформаторов. И даже для большинства переносных аппаратов с батарейным питанием часто предусматриваются сетевые адаптеры, допускающие подключение такой аппаратуры к силовой сети.

Основой любого сетевого источника питания является силовой трансформатор. В нормальных эксплуатационных условиях (номинальное напряжение источника, умеренная влажность окружающего воздуха и т.п.) силовые трансформаторы являются исключительно надежными деталями, не выходящими из строя "просто так", без видимой причины.

Этот факт позволил конструкторам отказаться от традиционного "запаса прочности" при конструировании и изготовлении силовых трансформаторов и за счет этого существенно уменьшить их габариты и массу.

Однако у каждой медали есть обратная сторона. Доводя коэффициент использования трансформатора по мощности и допустимому току до 80...90%, конструкторам пришлось перейти к применению предельно тонких обмоточных проводов (с диаметром порядка 0,05...0,07 мм) для

первичных обмоток маломощных трансформаторов, к повышению плотности тока во вторичных обмотках, а также к использованию влагозащитающих компаундных заливок готовых трансформаторов, существенно ухудшающих теплоотдачу обмоток, особенно внутренних (первичных). В результате такие трансформаторы стали весьма критичны к различным нештатным, аварийным ситуациям — повышенному (даже кратковременно) напряжению в сети, случайным коротким замыканиям в схеме аппарата (особенно в схеме выпрямителя). И очень часто в результате таких случайных ситуаций силовые трансформаторы необратимо выходят из строя, обычно из-за отгорания внутреннего вывода первичной обмотки.

И здесь ремонтники службы сервиса поджидают определенные трудности. Дело в том, что в современной сверхкомпактной аппаратуре силовому трансформатору отводится минимальный объем внутреннего пространства, не позволяющий заменить сгоревший трансформатор на трансформатор другого типа с такими же электрическими (обмоточными) данными. И если точно такого же нового трансформатора в мастерской не оказывается, единственным способом вернуть аппарат к жизни является перемотка сгоревшего трансформатора.

Однако для этого необходимо точно знать количество витков и диаметр провода каждой обмотки, что при отсутствии или сгорании этикетки может оказаться невозможным.

В этом случае незаменимым подспорьем могут оказаться две приводимые ниже таблицы, в которых имеются данные, позволяющие без всяких

Таблица 1

| Р <sub>ном</sub><br>Вт | S <sub>серд</sub><br>см <sup>2</sup> | Число витков на<br>1 В | Сетевая обмотка<br>110 В |                    | Сетевая обмотка<br>220 В |                    | Обмотка<br>6,3 В | Обмотка<br>12,6 В | Обмотка<br>25 В | Обмотка<br>250 В |
|------------------------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------|------------------|-------------------|-----------------|------------------|
|                        |                                      |                        | число<br>витков          | d <sub>пр</sub> мм | число<br>витков          | d <sub>пр</sub> мм | число<br>витков  | число<br>витков   | число<br>витков | число<br>витков  |
| 1                      | 1,15                                 | 37,9                   | 3980                     | 0,07               | 7960                     | 0,05               | 265              | 530               | 993             | 9930             |
| 2                      | 1,50                                 | 26,8                   | 2814                     | 0,10               | 5628                     | 0,07               | 188              | 376               | 702             | 7022             |
| 3                      | 1,85                                 | 21,9                   | 2300                     | 0,12               | 4600                     | 0,10               | 153              | 306               | 574             | 5738             |
| 4                      | 2,25                                 | 18,9                   | 1990                     | 0,14               | 3980                     | 0,10               | 133              | 266               | 497             | 4974             |
| 5                      | 2,45                                 | 17,0                   | 1785                     | 0,16               | 3570                     | 0,11               | 119              | 238               | 445             | 4454             |
| 6                      | 2,70                                 | 15,5                   | 1628                     | 0,16               | 3256                     | 0,12               | 109              | 218               | 406             | 4061             |
| 7                      | 2,85                                 | 14,4                   | 1512                     | 0,17               | 3024                     | 0,13               | 101              | 202               | 377             | 3772             |
| 8                      | 3,00                                 | 13,4                   | 1407                     | 0,19               | 2814                     | 0,14               | 94               | 188               | 351             | 3511             |
| 9                      | 3,20                                 | 12,6                   | 1323                     | 0,20               | 2646                     | 0,14               | 88               | 176               | 330             | 3301             |
| 10                     | 3,50                                 | 11,4                   | 1197                     | 0,21               | 2394                     | 0,16               | 80               | 160               | 298             | 2987             |
| 15                     | 4,26                                 | 9,6                    | 1008                     | 0,25               | 2016                     | 0,19               | 67               | 134               | 215             | 2515             |
| 20                     | 4,03                                 | 8,46                   | 888                      | 0,30               | 1776                     | 0,25               | 59               | 118               | 222             | 2217             |
| 25                     | 5,50                                 | 7,58                   | 797                      | 0,33               | 1594                     | 0,25               | 53               | 106               | 198             | 1986             |
| 30                     | 6,03                                 | 6,92                   | 727                      | 0,40               | 1454                     | 0,30               | 48               | 96                | 181             | 1813             |
| 35                     | 6,51                                 | 6,41                   | 673                      | 0,40               | 1346                     | 0,30               | 45               | 90                | 168             | 1679             |
| 40                     | 6,95                                 | 6,00                   | 630                      | 0,45               | 1260                     | 0,32               | 42               | 84                | 157             | 1572             |
| 45                     | 7,39                                 | 5,64                   | 592                      | 0,45               | 1184                     | 0,33               | 40               | 80                | 148             | 1478             |
| 50                     | 7,78                                 | 5,36                   | 563                      | 0,50               | 1126                     | 0,35               | 38               | 78                | 140             | 1404             |
| 55                     | 8,16                                 | 5,11                   | 537                      | 0,50               | 1074                     | 0,35               | 38               | 72                | 134             | 1339             |
| 60                     | 8,53                                 | 4,89                   | 514                      | 0,55               | 1028                     | 0,40               | 34               | 68                | 128             | 1281             |
| 65                     | 8,87                                 | 4,70                   | 502                      | 0,55               | 1004                     | 0,40               | 33               | 66                | 123             | 1231             |
| 70                     | 9,21                                 | 4,53                   | 476                      | 0,60               | 952                      | 0,45               | 32               | 64                | 119             | 1187             |
| 75                     | 9,53                                 | 4,38                   | 460                      | 0,60               | 920                      | 0,45               | 31               | 62                | 115             | 1148             |
| 80                     | 9,83                                 | 4,24                   | 445                      | 0,60               | 890                      | 0,45               | 30               | 60                | 111             | 1111             |
| 85                     | 10,14                                | 4,11                   | 432                      | 0,65               | 846                      | 0,50               | 29               | 58                | 107             | 1077             |
| 90                     | 10,44                                | 3,98                   | 418                      | 0,65               | 836                      | 0,50               | 28               | 56                | 103             | 1033             |
| 95                     | 10,73                                | 3,89                   | 409                      | 0,70               | 818                      | 0,50               | 27               | 54                | 102             | 1019             |
| 100                    | 11,00                                | 3,79                   | 398                      | 0,70               | 796                      | 0,50               | 27               | 54                | 98              | 983              |
| 110                    | 11,55                                | 3,65                   | 383                      | 0,70               | 766                      | 0,55               | 26               | 52                | 95              | 956              |
| 120                    | 12,00                                | 3,48                   | 366                      | 0,70               | 732                      | 0,55               | 25               | 50                | 91              | 912              |
| 130                    | 12,54                                | 3,33                   | 350                      | 0,75               | 700                      | 0,60               | 23               | 46                | 87              | 873              |
| 140                    | 13,10                                | 3,18                   | 334                      | 0,80               | 668                      | 0,80               | 22               | 44                | 83              | 833              |
| 150                    | 13,40                                | 3,11                   | 327                      | 0,80               | 654                      | 0,65               | 22               | 44                | 81              | 815              |
| 160                    | 13,92                                | 3,00                   | 315                      | 0,80               | 630                      | 0,65               | 21               | 42                | 78              | 786              |
| 170                    | 14,33                                | 2,91                   | 306                      | 0,90               | 612                      | 0,70               | 20               | 40                | 76              | 762              |
| 180                    | 14,74                                | 2,82                   | 296                      | 0,90               | 592                      | 0,70               | 20               | 40                | 74              | 739              |
| 190                    | 15,18                                | 2,75                   | 289                      | 0,95               | 578                      | 0,75               | 19               | 38                | 72              | 721              |
| 200                    | 15,55                                | 2,68                   | 281                      | 1,00               | 562                      | 0,75               | 18               | 36                | 70              | 702              |
| 250                    | 17,38                                | 2,39                   | 251                      | 1,00               | 502                      | 0,80               | 17               | 34                | 62              | 626              |
| 300                    | 19,03                                | 2,19                   | 230                      | 1,15               | 460                      | 0,90               | 15               | 30                | 57              | 574              |
| 350                    | 20,57                                | 2,03                   | 213                      | 1,20               | 426                      | 1,00               | 14               | 28                | 53              | 532              |
| 400                    | 22,00                                | 1,90                   | 200                      | 1,30               | 400                      | 1,00               | 13               | 26                | 50              | 498              |
| 450                    | 23,32                                | 1,79                   | 188                      | 1,40               | 376                      | 1,00               | 13               | 26                | 47              | 469              |
| 500                    | 24,84                                | 1,69                   | 178                      | 1,50               | 356                      | 1,10               | 12               | 24                | 44              | 443              |
| 550                    | 25,80                                | 1,61                   | 169                      | 1,60               | 338                      | 1,15               | 11               | 22                | 42              | 422              |
| 600                    | 26,95                                | 1,55                   | 163                      | 1,70               | 326                      | 1,20               | 11               | 22                | 40              | 406              |
| 650                    | 28,05                                | 1,49                   | 157                      | 1,75               | 314                      | 1,20               | 10               | 20                | 38              | 380              |
| 700                    | 29,15                                | 1,43                   | 150                      | 1,80               | 300                      | 1,30               | 10               | 20                | 37              | 375              |
| 750                    | 30,14                                | 1,38                   | 145                      | 1,85               | 290                      | 1,35               | 10               | 20                | 36              | 362              |
| 800                    | 31,13                                | 1,34                   | 141                      | 1,90               | 282                      | 1,40               | 9                | 18                | 35              | 351              |
| 850                    | 32,12                                | 1,29                   | 136                      | 2,00               | 272                      | 1,50               | 9                | 18                | 34              | 338              |
| 900                    | 33,00                                | 1,26                   | 132                      | 2,00               | 264                      | 1,50               | 9                | 18                | 33              | 330              |
| 950                    | 34,00                                | 1,23                   | 129                      | 2,20               | 258                      | 1,55               | 8,5              | 17                | 32              | 322              |
| 1000                   | 34,87                                | 1,20                   | 126                      | 2,50               | 252                      | 2,00               | 8                | 16                | 31              | 314              |

расчетов изготовить любой силовой трансформатор с номинальной мощностью от 1 Вт до 1 кВт. Таблицы составлены на основе анализа обмоточных данных многочисленных реальных трансформаторов (преимущественно западно-европейского и частично японского производства), а также интерполированных математических расчетов, и подтверждены неоднократной проверкой на практике.

Для каждого типоразмера трансформатора приводятся (см. табл. 1) номинальная мощность ( $P_{ном}$ ), площадь поперечного сечения сердечника ( $S_{сера}$ ), число витков на один вольт на-пряжения (в режиме холостого хода), полное число витков и диаметр обмоточного провода ( $d_{пр}$ ) для первичных обмоток на сетевое напряжение в НО и 220 В, а также аналогичные данные для наиболее "типовых" обмоток с на-пряжениями 6,3; 12,6; 25 и 250 В (последнее для ламповой аппаратуры). Пользоваться таблицами исключительно просто. Разобрав сгоревший трансформатор, измеряют с максимальной точностью площадь поперечного сечения сердечника, находят в таблице это (или соседнее большее) значение и наматывают первичную или две первичные обмотки по соответствующим этому сечению данным. Вторичные обмотки для "стандартных" напряжений наматывают прямо по табличным данным, а если требуемое напряжение отличается от стандартных, то необходимое число витков определяют через показатель "число витков на один вольт". Если возникает проблема с определением диаметра провода для "не-стандартных" вторичных обмоток, пользуются второй таблицей (табл. 2).

**Таблица 2**

| I, A  | d <sub>гп</sub> , мм |
|-------|----------------------|
| 10,0  | 2,25                 |
| 9,5   | 2,18                 |
| 9,0   | 2,12                 |
| 8,5   | 2,05                 |
| 8,0   | 2,00                 |
| 7,5   | 1,94                 |
| 7,0   | 1,87                 |
| 6,5   | 1,80                 |
| 6,0   | 1,73                 |
| 5,5   | 1,65                 |
| 5,0   | 1,58                 |
| 4,5   | 1,50                 |
| 4,0   | 1,41                 |
| 3,5   | 1,32                 |
| 3,0   | 1,22                 |
| 2,5   | 1,12                 |
| 2,0   | 1,00                 |
| 1,5   | 0,86                 |
| 1,0   | 0,71                 |
| 0,9   | 0,67                 |
| 0,8   | 0,63                 |
| 0,7   | 0,59                 |
| 0,6   | 0,55                 |
| 0,5   | 0,50                 |
| 0,4   | 0,45                 |
| 0,3   | 0,39                 |
| 0,2   | 0,32                 |
| 0,1   | 0,22                 |
| 0,09  | 0,21                 |
| 0,06  | 0,20                 |
| 0,07  | 0,19                 |
| 0,06  | 0,17                 |
| 0,05  | 0,16                 |
| 0,04  | 0,14                 |
| 0,03  | 0,12                 |
| 0,02  | 0,10                 |
| 0,01  | 0,07                 |
| 0,009 | 0,07                 |
| 0,008 | 0,06                 |
| 0,007 | 0,06                 |
| 0,006 | 0,05                 |
| 0,005 | 0,05                 |
| 0,004 | 0,04                 |
| 0,003 | 0,04                 |
| 0,002 | 0,04                 |