

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ордена ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

ИССЛЕДОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ МЕТОДОМ НАКРУТКИ

Утверждено
редакционно-издательским
советом института
в качестве
методических указаний
для студентов

УДК 621.396.6.002 (075)

В методических указаниях изложены теоретические основы и технология создания непаяных электрических соединений методом накрутки. Рассмотрены методы контроля качества этих соединений.

Методические указания предназначены для студентов специальности 0705 «Конструирование и производство радиоаппаратуры».

Составители: Б. Н. Березков, Н. Г. Чернобровина

Цель работы — изучение технологических основ создания электрических соединений методом накрутки и объективных методов контроля качества соединений.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ НЕПАЯНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Соединениями с электрической точки зрения можно считать контактирующие пары элементов, которые постоянно связаны. Основное требование для нормальной работы контактирующих пар заключается в том, чтобы они имели максимальную и постоянную во времени проводимость. Сопротивление постоянному току R_0 участка $C-D$ любого металлического проводника (рис. 1, а) можно определить на основании закона Ома: $R_0 = U/I$.

Рассмотрим соединение двух проводников одинакового сечения и материала (рис. 1,б). Экспериментально показано, что сила тока будет ниже, чем в первом случае. Если предположить, что расстояние и напряжение между точками $C-D$ остаются постоянными, то путем расчета через ток и напряжение получим более высокое сопротивление, чем в первом случае. Сопротивление соединения R_k выше, чем сопротивление неразрывного проводника.

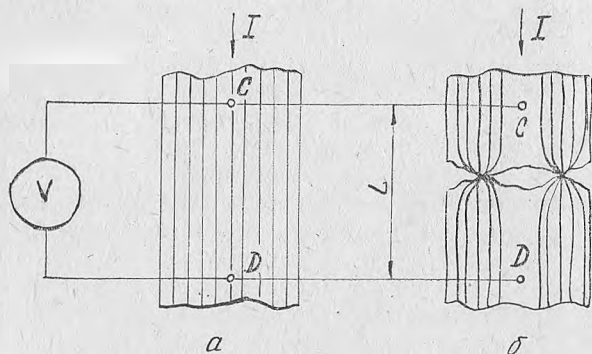


Рис. 1. Линии тока в случае: а — сплошного провода, б — двух соединенных торцов провода

Таким образом к собственному сопротивлению проводника, которое зависит от его размеров и материалов, добавляется дополнительное сопротивление. Это сопротивление называется переходным контактным сопротивлением R_a . Повышенное сопротивление R_a возникает в силу двух причин: электронный поток между контактирующими поверхностями ослабляется, с одной стороны, чужеродными частицами и окисными пленками на поверхности раздела, а с другой стороны — сжатием линий протекания тока вследствие неровности поверхности (рис. 1,б).

Таким образом, $R_a = R_p + R_s$,
 где R_p — сопротивление поверхностных пленок,
 R_s — сопротивление сужения.

II. СОЕДИНЕНИЕ НАКРУТКОЙ

Соединением накруткой называют такой метод электромонтажа, при котором предназначенный для соединения провод с необходимой силой накручивают на металлический соединительный штырь, имеющий острые ребра (рис. 2). В процессе операции при соединении ребра штыря частично вдавливаются в накрученный на него провод, который под влиянием усилия накрутки частично деформируется. Находящиеся в соединении металлы вступают между собой в молекулярную связь, между контактными поверхностями не могут проникнуть воздух или промышленные газы. Витки накрутки существенно не ослабевают, поскольку предварительно напряженный провод также подвергается упругой деформации и вследствие его напряжения витки зацепляются за ребра штыря.

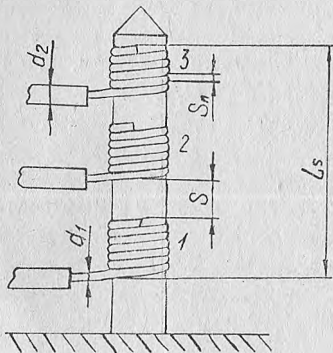


Рис. 2. Соединение накруткой на трех уровнях

Важно, чтобы этот запас упругости сохранялся и при эксплуатации соединения, поскольку он обеспечивает механическую и одновременно электрическую стабильность соединения. Длину штыря следует рассчитывать так, чтобы на ней умещались необходимые соединения и она оставалась достаточно жесткой по отношению к скручивающим нагрузкам от инструмента для накрутки. На одном штыре должны помещаться по крайней мере три соединения. Минимальная длина участка накрутки, необходимая для изготовления стандартных соединений, рассчитывается по формуле

$$L_s = N[(n_1 + 1)d_1 + S_n \cdot n_1] + (N - 1)S,$$

где N — число предполагаемых соединений,

n_1 — максимальное число витков провода на каждом соединении (табл. 1),

d_1 — номинальный диаметр неизолированного провода,

S_n — допустимый зазор между витками,

S — допустимое расстояние между соединениями,

$S_n \leq 0,1$ мм, если $d_1 \geq 0,3$ мм;

$S_n \leq 0,05$ мм, если $d_1 < 0,3$ мм; $S = 1 \dots 3$ мм.

Данные по штырям и числу витков в зависимости от различных диаметров проводов

Диаметр неизоли- рован. проводов d_1 , мм	Максимальн. внешний диаметр изоляции d_2 , мм	Поперечное сечение соединительного штыря			Минимальн. число витков, n_1
		а	б	с	
0,2	0,6	0,5	0,3	0,5	8
0,2	0,6	0,6	0,4	0,8	8
0,25	0,6	0,5	0,3	0,5	8
0,25	0,6	1,1	0,4	0,8	8
0,4	1,0	1,1	0,8	1,6	6
0,5	1,2	1,1	0,8	1,6	5
0,6	1,5	1,1	0,8	1,6	4
0,6	1,5	1,6	0,8	2,4	4
0,65	1,5	1,1	0,8	1,6	5
0,8	1,5	1,1	0,8	1,6	4
0,8	1,5	1,6	0,8	1,6	4
1,0	—	2,0	1,6	2,4	4
1,25	—	3,2	2,4	3,2	3
1,6	—	3,2	2,4	3,2	3

Наиболее широко распространенные формы поперечного сечения штыря показаны на рис. 3.

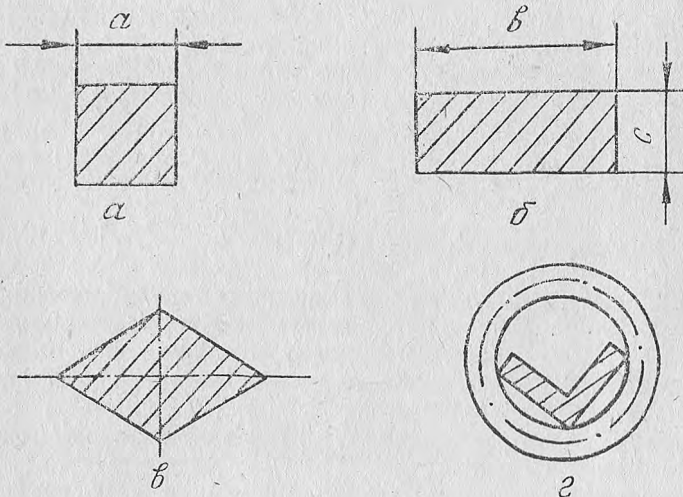


Рис. 3. Формы поперечных сечений штыря

Выбор концевой части и направляющей втулки инструмента для накрутки осуществляется по табл. 2, исходя из заданных размеров поперечного сечения штыря и провода.

Таблица 2

Данные штырей и приспособлений для накрутки для одинаковых диаметров проводов

Диаметр изолиров. провода, мм	Номер концевой части для накрутки	Диаметр отверстия концевой части, мм	Диagonalь стороны штыря (мин/макс)	Глубина отверстия конц. части, мм	Диаметр изолированного провода, мм	Номер втулки	Эффективный радиус втулки
0,25	501 097	0,81	0,69/0,79	16,0	0,69	507100	1,71
0,25	507 063	0,91	0,79/0,89	16,0	0,58	507100	1,59
0,25	507 573	0,96	0,84/0,94	16,0	0,58	507100	1,59
0,25	504 221	1,02	0,89/0,99	16,0	0,69	507100	1,81
0,25	507 502	1,14	1,04/1,12	16,0	0,69	507100	1,84
0,25	509 286	1,32	1,14/1,28	25,4	0,69	502129	2,10
0,25	501 381	1,47	1,37/1,45	16,0	0,69	512056	2,82
0,25	505 561	1,60	1,50/1,58	16,0	0,69	542056	2,77

III. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка состоит из монтажной панели, инструмента для накрутки и прибора для контроля переходного сопротивления соединений. На монтажной панели установлено четыре разъема для монтажа методом накрутки и один контрольный разъем для контроля переходного сопротивления. Инструмент представляет собой пистолет для накрутки типа НП-48 с блоком питания. Прибор для измерения переходного сопротивления состоит из источника тока и милливольтметра.

IV. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. По заданному диаметру провода и размеру поперечного сечения штыря выбрать из табл. 2 соответствующую концевую часть инструмента и длину участка провода со снятой изоляцией.

2. По тем же исходным данным, пользуясь табл. 1, рассчитать длину участка накрутки.

3. Провести монтаж разъемов, установленных на монтажной плате методом накрутки.

Переходы операции накрутки выполняются в приведенной ниже последовательности.

Конец провода со снятой на рекомендуемую длину изоляцией сначала вставляют в канавку концевой части до тех пор, пока край изоляционной оболочки провода не натолкнется на края концевой части. После этого, вложив провод в одну из канавок направляющей втулки, загибают его вокруг втулки так, чтобы он не закрыл среднее отверстие концевой части, и придерживают. Затем концевую часть инструмента вместе с проводом насаживают на штырь, который при этом проходит в центральное отверстие концевой части, после чего приводят в действие инструмент.

Если на одном и том же штыре необходимо изготовить несколько соединений, то накрутку нужно начинать у закрепленного конца штыря так, чтобы край дула инструмента слегка касался поверхности крепления штыря. Второе и третье соединения выполняются аналогично, но здесь концевая часть упирается в готовое соединение. Время собственно накрутки составляет около 1 сек., после чего концевую часть снимают со штыря.

4. Провести визуальный контроль качества соединений сразу же после накручивания провода. На этом основании соединение считается качественным, если: количество витков соответствует требуемому; витки прилегают друг к другу параллельно с минимальным зазором; конец изоляции провода касается штыря в случае стандартного соединения провода; конец провода накладывается на последний виток; последний виток не деформирован (в результате излишнего сжатия инструмента); соединения находятся друг от друга на необходимом расстоянии.

5. Провести испытание на стягивание, при котором проверяют прочность сцепления витков со штырем не стягивая или полностью стягивая соединения со штыря с помощью ручного динамометра (контроль без разрушения и с разрушением). Минимальное усилие стягивания, которое зависит от диаметра провода, задает нормативные допуски. Например, для провода МНВ диаметром 0,26 мм качественным соединением является такое, усилие стягивания которого не менее 13 Н (1,3 кгс). Поскольку имеющиеся в витках напряжение зависит от качества поверхности концевой части, по результатам этого испытания сделать вывод о состоянии концевой части.

6. Провести испытание на скручивание, что является методом контроля состояния инструментов для соединения накруткой, т. е. их работоспособности. Если во время скручивания провод ломается, то соединение было неправильным. Испытание на скручивание нужно проводить вручную или инструментом для раскрутки.

7. Провести контроль переходного сопротивления соединения, по которому можно судить об изменении качества соединений:

а) включить прибор в сеть. Переключатель «Изм.—Контр. 5 В» в положении «Контр. 5 В». При разомкнутых клеммах « ± 5 У»

с помощью потенциометра «Рег. 5 В» установить стрелку прибора на красную отметку;

б) к крайним штырям контрольного разъема, соединенным накруткой, подвести питание от клеммы « $\pm 5 В$ ». При этом по цепи потечет ток 1 А;

в) переключатель «Изм.—контр. 5 В» перевести в положение «Изм». Потенциометром «Рег. О» установить стрелку милливольтметра в нулевое положение при закороченных входных клеммах;

г) измерить падение напряжения на участке между крайними штырями контрольного разъема. (При токе 1 А показания прибора в мВ будут соответствовать сопротивлению этого участка в МОм. Качественное соединение должно иметь переходное сопротивление не более 4 МОм);

д) сравнить величину переходного сопротивления соединения накруткой с величиной переходного сопротивления паяных соединений, используя результаты работы «Контроль качества пайки».

V. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Описание установки.
3. Обоснование выбора концевой части инструмента.
4. Расчет длины участка накрутки.
5. Результаты экспериментов.
6. Выводы.

VI. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие требования предъявляются к электрическим соединениям?
2. Что называется переходным контактным сопротивлением электрического соединения?
3. Какими факторами определяется величина сопротивления непаяного контакта?
4. Каковы технологические основы соединения накруткой?
5. Какими достоинствами обладают непаяные электрические соединения в РЭА?
6. Как рассчитать длину штыря для накрутки?
7. Какие методы используют для контроля качества соединения накруткой?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Фролих Я. Непаяные соединения в электронике / Пер. с венгер. — М.: Энергия, 1978. — 192 с.
2. Смирнов В. И., Матта Ф. Ю. Теория конструкций контактов в электронной аппаратуре. — М.: Сов. радио. 1974.

Составители: Борис Николаевич Березков,
Николай Григорьевич Чернобровин

ИССЛЕДОВАНИЕ СОЕДИНЕНИЯ МЕТОДОМ НАКРУТКИ

Редактор Л. Балыкова
Техн. редактор Н. Каленюк
Корректор Н. Купрянова

Сдано в набор 12.01.88 г. Подписано в печать 5.03.88 г.
Формат 60×84 1/16. Бумага оберточная.
Печать высокая. Гарнитура литературная.
Усл.п.л. 0,46. Уч.-изд.л. 0,4. Т. 300 экз. Заказ 290. Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С. П. Королева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.