



Radioaficionados

Unión de Radioaficionados Españoles - Marzo 2006

Galileo y la banda de 23 cm.

Antena para móvil

**PYØF - Radio y amistad
en Fernando de Noronha**



CONDUCTORES.

1.- INTRODUCCIÓN.

Los conductores de cobre son ampliamente utilizados en electricidad y electrónica. Todo el tendido eléctrico de nuestras casas, motores de lavadoras, neveras y otros electrodomésticos, transformadores, choques de RF, etc, etc, están realizados con hilo de cobre de diferentes diámetros. Los equipos de radioaficionados y en general los equipos electrónicos, amplificadores, ordenadores, televisores, receptores, etc, contienen gran cantidad de cobre, no solamente en los distintos bobinados de que están compuestos, sino también en las placas de circuito impreso.

En el presente artículo daremos un repaso a las características de este importante metal y sus distintas formas de aplicación en circuitos electrónicos.

2.- PROPIEDADES ELÉCTRICAS DE LOS SÓLIDOS.

Los materiales sólidos se pueden dividir, con respecto a sus propiedades eléctricas, en conductores, aislantes y semiconductores. Las diferentes características de estos grupos se deben a la estructura atómica de los materiales y, en particular, a la distribución de electrones en las órbitas exteriores de los átomos. Estos electrones extremos reciben el nombre de electrones de valencia y desempeñan un importante papel en la determinación de muchas de las propiedades del material.

2.1.- CONDUCTORES.

Los conductores como el cobre o el aluminio tienen una nube de electrones libres en todas las temperaturas por encima del cero absoluto. Esta nube se forma con los electrones de "valencia", que están unidos en forma débil, en las órbitas externas de los átomos. Si se aplica un campo eléctrico a través de un material semejante, habrá un flujo de electrones que dará lugar a una corriente eléctrica.

2.2.- AISLANTES.

En los materiales aislantes, como el polietileno, los electrones de valencia están ligados con firmeza a los núcleos de los átomos y muy pocos pueden liberarse para conducir electricidad. La aplicación de un campo eléctrico no causa un flujo de corriente pues no hay portadores móviles de carga.

2.3.- SEMICONDUCTORES.

A muy bajas temperaturas, los semiconductores tienen las propiedades de un aislante, sin embargo, a temperaturas más altas algunos electrones tienen libertad de movimiento y los materiales adoptan las propiedades de un conductor, si bien de un conductor pobre. No obstante, los semiconductores tienen algunas características útiles que los hacen distintos tanto de aislantes

como de conductores. Las características de los semiconductores, así como sus aplicaciones en Electrónica ya han sido tratadas en anteriores artículos.

3.- CONDUCTORES DE COBRE.

3.1.- RESISTENCIA.

El flujo de la corriente en un material depende de la facilidad con que los electrones pueden desprenderse de los átomos y de su estructura molecular. En otros términos, cuanto más fácil resulte el desprendimiento de los electrones, mayor número de éstos contribuirán al flujo de corriente. Las más ligeras colisiones entre los electrones libres y los átomos determinarán un incremento en el flujo total de electrones.

La oposición a un flujo permanente de electrones se denomina resistencia (R) de un conductor y es una de sus propiedades físicas. La unidad de resistencia es el ohmio.

El cobre, como el resto de los conductores tiene una resistencia específica, generalmente expresada en ohmios por metro de longitud y milímetro cuadrado de sección, y está determinada por la estructura molecular y por la temperatura. Otra medida de la resistividad viene expresada en microhomios por centímetro cúbico. La resistencia de una longitud uniforme de una sustancia dada es directamente proporcional a su longitud y a su resistencia específica e inversamente proporcional al área de su sección transversal. Un hilo que tenga una determinada resistencia para una longitud dada, tendrá doble resistencia para una longitud doble. Para una cierta longitud, si se duplica la sección transversal, la resistencia del hilo se reduce a la mitad, mientras que si se duplica el diámetro, la resistencia quedará reducida a la cuarta parte. Esto es debido a que la sección es proporcional al cuadrado del diámetro.

En la siguiente tabla se expresa la resistividad de algunos materiales conductores. La primera columna indica la resistividad específica mientras que la segunda columna indica la resistividad relativa respecto al cobre, que se toma como unidad.

Plata	1,63	0,95
Cobre	1,73	1,00
Aluminio	2,83	1,64
Oro	2,96	1,71
Zinc	5,90	3,24
Latón	7,50	4,33
Cadmio	7,60	4,40
Hierro	9,80	5,66
Monel	43,00	24,8
Manganina	48,00	27,7
Constantan	49,00	28,3
Nichrom	108,00	62,4

En esta tabla podemos observar que el mejor conductor es la plata seguido por el cobre. El aluminio no es un excelente conductor pero tiene la ventaja de su poco peso, por lo que se le utiliza en los tendidos eléctricos de alta tensión, donde el peso de los largos conductores es determinante. En estos casos, los conductores son de aluminio con un alma de acero para darles estabilidad dimensional.

3.2.- DIÁMETRO.

Los conductores de cobre suelen estar recubiertos de algún tipo de aislante para evitar cortocircuitos. Los conductores destinados a instalaciones eléctricas están recubiertos de una funda de material plástico, mientras que los conductores empleados en transformadores, motores y otros tipos de bobinados, están recubiertos de un barniz aislante o esmalte.

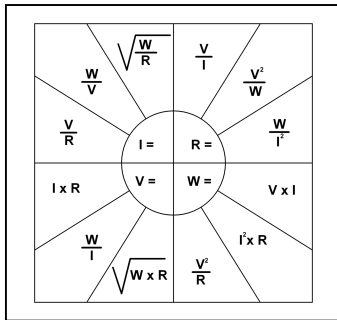
El diámetro de los conductores se expresa en milímetros y fracciones de milímetro en los países que utilizan el sistema métrico-decimal. Sin embargo, en las publicaciones procedentes de países anglo-sajones, se utiliza el sistema AWG, que son las iniciales de American Wire Gauge, Calibres Americanos de Hilos.

Es importante conocer ciertos datos de un determinado calibre de hilo, cómo es su diámetro, resistencia por unidad de longitud, capacidad de conducción de corriente, etc. Para conocer estos datos se ha confeccionado la siguiente tabla recopilando esta información de diversas publicaciones, aunque es preciso advertir que se han encontrado pequeñas variaciones según la fuente consultada.

En la primera columna de esta tabla se expresa el calibre AWG, en la segunda el diámetro en milímetros, en la tercera el área en milímetros cuadrados, en la cuarta la resistencia para una longitud de un kilómetro, en la quinta la capacidad de corriente para una densidad de 3 amperios por milímetro cuadrado de sección.

Calibre	Diam	Area	R	I
AWG	mm	mm ²	ohm/km	3A/ mm ²
46	0,04	0,0013	13700	3,8 mA
44	0,05	0,0020	8750	6 mA
42	0,06	0,0028	6070	9 mA
41	0,07	0,0039	4460	12 mA
40	0,08	0,0050	3420	15 mA
39	0,09	0,0064	2700	19 mA
38	0,10	0,0078	2190	24 mA
37	0,11	0,0095	1810	28 mA
	0,12	0,011	1520	33 mA
36	0,13	0,013	1300	40 mA
35	0,14	0,015	1120	45 mA
	0,15	0,018	970	54 mA
34	0,16	0,020	844	60 mA
	0,17	0,023	757	68 mA

33	0,18	0,026	676	75 mA
	0,19	0,028	605	85 mA
32	0,20	0,031	547	93 mA
30	0,25	0,049	351	147 mA
29	0,30	0,071	243	212 mA
27	0,35	0,096	178	288 mA
26	0,40	0,13	137	378 mA
25	0,45	0,16	108	477 mA
24	0,50	0,20	87,5	588 mA
	0,55	0,24	72,3	715 mA
	0,60	0,28	60,7	850 mA
22	0,65	0,33	51,7	1,0 A
	0,70	0,39	44,6	1,16 A
	0,75	0,44	38,9	1,32 A
20	0,80	0,50	34,1	1,51 A
	0,85	0,57	30,2	1,70 A
19	0,90	0,64	26,9	1,91 A
	0,95	0,71	24,3	2,12 A
18	1,00	0,78	21,9	2,36 A
	1,10	0,95	18,1	2,85 A
	1,20	1,1	15,2	3,38 A
16	1,30	1,3	13,0	3,97 A
	1,40	1,5	11,2	4,60 A
	1,50	1,8	9,70	5,30 A
14	1,60	2,0	8,54	6,0 A
	1,70	2,3	7,57	6,7 A
13	1,80	2,6	6,76	7,6 A
	1,90	2,8	6,05	8,5 A
12	2,00	3,1	5,47	9,4 A
12	2,05	3,3	5,20	9,5 A
11	2,30	4,2	4,13	12 A
10	2,58	5,2	3,27	15 A
9	2,90	6,6	2,59	19 A
8	3,26	8,3	2,06	24 A
7	3,66	10,5	1,63	30 A
6	4,11	13,2	1,29	37 A
5	4,62	16,8	1,03	47 A
4	5,19	21,1	0,81	60 A
3	5,83	26,7	0,64	75 A
2	6,54	33,6	0,51	94 A
1	7,35	42,4	0,41	119 A
0	8,26	53,6	0,32	150 A
00	9,27	67,5	0,25	190 A
000	10,4	84,9	0,21	239 A
0000	11,7	107,5	0,16	302 A



Los datos anteriores pueden ser de utilidad para el cálculo de transformadores y otros bobinados, donde es preciso bobinar bastante cantidad de hilo en un espacio limitado, teniendo en cuenta de añadir el grueso del esmalte al diámetro del hilo. También será necesario emplear las fórmulas derivadas de la Ley de Ohm para el cálculo de intensidades, potencias, etc. Para ello será de utilidad el gráfico de la figura número uno donde se resumen las citadas fórmulas.

3.3.- EFECTO PELICULAR.

La resistencia de un conductor no es igual para la corriente alterna que para la corriente continua. Cuando la corriente es alterna se producen ciertos efectos internos que tienden a forzar que la corriente circule por las partes externas del conductor. Esto disminuye la sección efectiva del conductor, con el resultado de que aumenta la resistencia.

Para audiofrecuencias bajas el aumento de la resistencia no tiene importancia, pero para radiofrecuencias este EFECTO PELICULAR es tan grande que prácticamente, todo el paso de corriente se halla confinado dentro de unas pocas fracciones de milímetro de la superficie del conductor. Por consiguiente la resistencia a la RF es muchas veces mayor que la resistencia a la corriente continua, y aumenta al crecer la frecuencia. En la gama de RF un conductor de tubo fino tendrá tan baja resistencia como un conductor sólido del mismo diámetro, debido a que el material no próximo a la superficie no lleva prácticamente corriente. Por esta razón, la bobina del circuito de salida de un transmisor de RF de alta potencia se realiza con tubo de cobre plateado en lugar de un conductor sólido.

3.4.- CIRCUITO IMPRESO.

Las placas de circuito impreso han sustituido prácticamente al cableado convencional con hilos conductores en los equipos electrónicos. El tipo más utilizado tiene una base de aglomerado de resina epoxi con fibra de vidrio, denominado FR4, cubierto con una fina capa de cobre por una o ambas caras. El grueso de esta capa de cobre es de 4 centésimas de milímetro aproximadamente y el grueso de la base es de 1,6 milímetros. Existen otros tipos con distintos gruesos de base y recubrimiento de cobre.

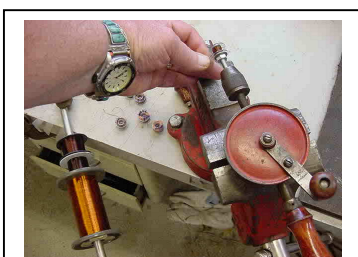
En el diseño de placas de circuito impreso es preciso tener en cuenta la intensidad de la corriente que pasará por una determinada pista, para dar el ancho adecuado. Como la longitud de las pistas suele ser corta, es posible permitir el paso de corrientes de una intensidad superior a la que resultaría al aplicar el límite de 3 A por milímetro cuadrado de sección.

En la siguiente tabla tenemos el ancho mínimo que deben tener las pistas de una placa de circuito impreso para una determinada intensidad de la corriente, considerando un incremento de la temperatura de 10 grados centígrados. Los valores indicados son los mínimos que no se deben sobrepasar, siendo

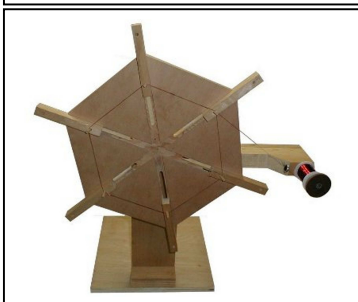
recomendable, si el circuito lo permite, utilizar un ancho doble o mayor que el indicado, sobre todo en circuitos de RF por el efecto pelicular.

0,5 A	0,2 mm
0,75 A	0,3 mm
1,0 A	0,4 mm
1,25 A	0,5 mm
2,5 A	1,3 mm
4,0 A	2,5 mm
7,0 A	5 mm
10,0 A	8,25 mm

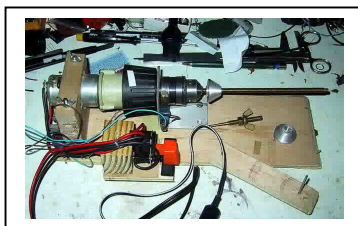
4.- BOBINAS.



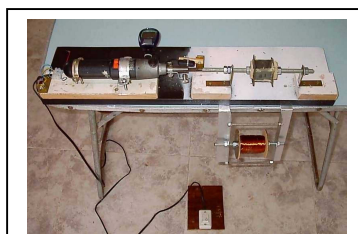
Para la realización de bobinas de pocas espiras y con hilo grueso, como las que se utilizan en los circuitos de VHF no hacen falta elementos especiales, basta utilizar una broca del diámetro adecuado y enrollar el número de espiras indicado. Sin embargo, la realización de transformadores y otros bobinados con un número elevado de espiras



puede ser una tarea cuando menos tediosa si se realiza a mano. Para ello es preferible utilizar algún tipo de bobinadora.



El radioaficionado normalmente no empleará una gran cantidad de dinero para adquirir una bobinadora comercial, por el contrario, preferirá la construcción de algún aparato de "fabricación casera" para la realización de bobinados.

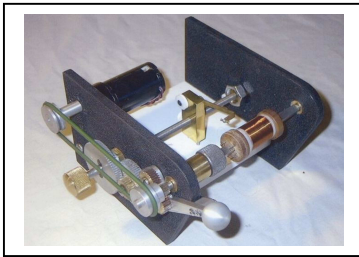


El sistema más sencillo puede ser la utilización de un taladro manual, como se muestra en la figura número dos. La alimentación del hilo de cobre se realiza con una mano mientras con la otra se realiza el giro del mandril donde se ha fijado el carrete de la bobina. Para realizar bobinas de gran diámetro se puede construir una bobinadora manual con piezas de madera, como la que se puede ver en la figura número tres.



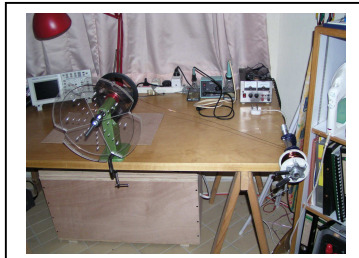
Si se tienen que hacer muchos bobinados puede ser conveniente mover la bobina mediante algún motor eléctrico. Para ello se puede utilizar un destornillador eléctrico fuera de uso, que funciona con baja tensión de alimentación y lleva incorporado un sistema de engranajes de reducción de velocidad. En las figuras números cuatro y cinco se

pueden ver dos montajes de este tipo. Para sujetar el carrete de la bobina se utiliza una varilla roscada y unas piezas de madera, y el giro del motor se controla con un interruptor de pié. Una pequeña fuente de alimentación suministra la corriente para el montaje.

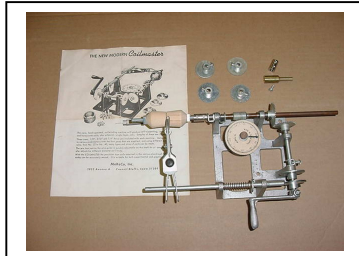


En la figura número seis se puede ver otra bobinadora artesanal donde se emplea un motor de

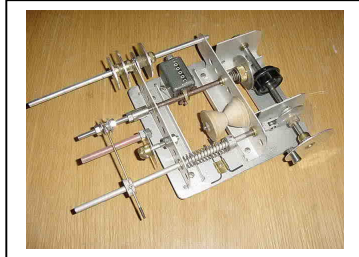
mayor potencia con un reductor de velocidad. Para contar las vueltas de la bobina se utiliza una leva que cierra un interruptor en cada vuelta. Este interruptor está conectado a la tecla "=" de una pequeña calculadora, de tal manera, que en cada vuelta se suma una unidad a la cantidad del display.



La figura número siete muestra una pequeña bobinadora comercial y en la figura número ocho se puede ver una bobinadora para realizar bobinados de gran diámetro. En la figura número nueve podemos ver una bobinadora manual comercializada hace ya unos años en E.E.U.U. cuyo nombre comercial es "Coilmaster" y en la figura



número diez se puede ver una copia artesanal de este aparato.



Los anteriores ejemplos seguramente podrán servir al lector para la construcción de su propio proyecto de bobinadora.

5.- RESUMEN.

En el presente artículo se hace un pequeño repaso a las características eléctricas de los hilos de cobre empleados para la realización de bobinados. Así mismo se muestran algunos ejemplos de bobinadoras de posible construcción por el lector.

El autor no se hace responsable de posibles derechos de copia. La información para la realización de este montaje procede de diversas publicaciones, libros, revistas, etc., así cómo de los propios conocimientos del autor.

El autor no se hace responsable de posibles daños y/o perjuicios causados por la construcción y/o uso de estos dispositivos, daños personales o muerte, daños a la propiedad, daños al medio ambiente, lucro cesante, pérdida total o parcial de datos informáticos o cualquier tipo de daño que se pudiera derivar del montaje y/o uso de este dispositivo.

El autor declina cualquier responsabilidad, ni se hace responsable de no mencionar a los dueños de las posibles patentes que aquí se pudieran reflejar.

El autor no efectúa ninguna actividad comercial relacionada con este u otros montajes publicados en esta u otras revistas o publicaciones de cualquier tipo.

El presente artículo y todos los publicados hasta el momento en la revista "RADIOAFICIONADOS", están recopilados en un DVD a disposición de quien lo solicite. Se incluyen todos los textos, así como las fotografías, dibujos, gráficos, plantillas de circuitos impresos, etc.

Buena suerte a todos.

Luis Sánchez Pérez. EA4-NH
Apartado 421
45080-TOLEDO
Tlf. 606-383-140
Web: www.ea4nh.com
E-mail: ea4nh@ure.es

Figura número uno.
Fórmulas Ley de Ohm.

Figura número dos.
Taladro manual..

Figura número tres.
Bobinadora manual.

Figura número cuatro.
Destornillador eléctrico.

Figura número cinco.
Destornillador eléctrico.

Figura número seis.
Contador con calculadora.

Figura número siete.
Bobinadora comercial.

Figura número ocho.
Bobinadora manual.

Figura número nueve.
Bobinadora comercial.

Figura número diez.
Copia de bobinadora.