

Transformadores y Bobinas: Principios de Funcionamiento y Reparación Básica

Autor: EA4IPV

Fecha: 23/03/2026

Categoría: Trampas Defensivas

Etiquetas: Sin etiquetas

Transformadores y Bobinas: Principios de Funcionamiento y Reparación Básica

Los transformadores son dispositivos electromagnéticos que transfieren energía eléctrica entre dos o más circuitos mediante inducción magnética, permitiendo elevar o reducir voltajes de corriente alterna. Están presentes en prácticamente todo equipo electrónico que se conecta a la red eléctrica: cargadores, fuentes de alimentación, radios, amplificadores y sistemas de iluminación. Las bobinas (inductores) son componentes pasivos que almacenan energía en un campo magnético y se usan en filtros, convertidores DC-DC y circuitos de sintonía de radio. En un escenario de supervivencia a largo plazo, comprender el funcionamiento de transformadores y bobinas permite reparar fuentes de alimentación, adaptar voltajes de generadores improvisados y construir circuitos básicos de radio. Este artículo explica los principios electromagnéticos, los tipos principales y las técnicas de diagnóstico y reparación.

Principios de inducción electromagnética

El transformador funciona según la ley de Faraday: un campo magnético variable en el tiempo induce una fuerza electromotriz (voltaje) en un conductor. Cuando la corriente alterna fluye por el bobinado primario, crea un campo magnético alterno en el núcleo de hierro (o ferrita) que induce un voltaje en el bobinado secundario. La relación de voltajes es directamente proporcional a la relación de espiras: $V_2/V_1 = N_2/N_1$, donde V es voltaje y N es número de espiras.

Relación de espiras: Un transformador con 1.000 espiras en el primario y 100 en el secundario tiene relación 10:1, reduciendo 230 V AC a 23 V AC. Para elevar voltaje se invierte: 100 espiras primario y 1.000 secundario produce 2.300 V desde 230 V. La potencia se conserva (idealmente): si $V_2 = V_1/10$, entonces $I_2 = I_1 \times 10$.

Núcleo magnético: El núcleo canaliza el flujo magnético entre bobinados. En transformadores de red (50/60 Hz) se usa acero al silicio laminado (chapas de 0,35 mm apiladas para reducir corrientes de Foucault). En frecuencias altas (>20 kHz, fuentes conmutadas) se usa ferrita (MnZn o NiZn) que tiene menores pérdidas a alta frecuencia pero satura a menor flujo (0,3-0,5 T vs 1,5-1,8 T del acero).

Pérdidas y eficiencia: Las pérdidas del transformador incluyen: pérdidas en el cobre (I^2R , calentamiento de los bobinados), pérdidas en el núcleo (histéresis y corrientes de Foucault) y pérdidas por flujo de dispersión. Un transformador de red bien diseñado tiene eficiencia del 90-98 % según su tamaño: los pequeños (5-10 VA) alcanzan 85-90 %, los medianos (50-100 VA) 92-95 % y los grandes (>500 VA) 95-98 %.

Tipos de transformadores y sus aplicaciones

Cada tipo de transformador está optimizado para una aplicación específica. Reconocer el tipo permite diagnosticar averías y buscar reemplazos adecuados.

Tipo

Núcleo

Frecuencia

Potencia típica

Aplicación

Transformador de red EI

Acero silicio laminado (chapas E+I)

50/60 Hz

1-500 VA

Fuentes lineales, amplificadores, cargadores

Transformador toroidal

Acero silicio en anillo continuo

50/60 Hz

10-2.000 VA

Audio hi-fi, equipos médicos (bajo campo de dispersión)

Transformador de ferrita

Ferrita MnZn (EE, ETD, RM)

20-500 kHz

1-500 W

Fuentes conmutadas, cargadores USB, convertidores DC-DC

Transformador de pulsos

Ferrita de alta permeabilidad

1 kHz - 10 MHz

Aislamiento de señales, Ethernet, disparo de MOSFETs

Autotransformador (variac)

Acero silicio toroidal

50/60 Hz

100-5.000 VA

Ajuste de voltaje de red, laboratorio, arranque de motores

Los transformadores de red EI son los más fáciles de reparar y rebobinar porque su núcleo se puede desmontar retirando las chapas en I. Los toroidales son más eficientes y compactos pero prácticamente imposibles de rebobinar sin herramientas especializadas.

Bobinas e inductores: tipos y usos

Una bobina o inductor es simplemente un conductor enrollado que almacena energía en su campo magnético cuando circula corriente. La inductancia se mide en henrios (H) y depende del número de espiras al cuadrado, la permeabilidad del núcleo y la geometría. Los inductores se usan en tres aplicaciones principales: filtrado de fuentes de alimentación, sintonía de radio y convertidores de potencia.

Tipo de inductor

Rango de inductancia

Corriente típica

Aplicación

Bobina de aire

0,01 μ H - 100 μ H

Circuitos de RF, sintonía de radio, osciladores

Inductor con núcleo de ferrita

1 μ H - 10 mH

0,1 - 50 A

Convertidores DC-DC (buck, boost), filtros EMI

Bobina con núcleo de hierro

1 mH - 10 H

0,1 - 10 A

Filtros de audio, balastos, relés

Inductor toroidal

1 μ H - 100 mH

0,5 - 30 A

Fuentes conmutadas de alta eficiencia, filtros de línea

Choke de modo común

0,1 mH - 100 mH

0,5 - 10 A

Filtrado EMI en entradas de fuentes de alimentación

En circuitos de radio, las bobinas de aire de pocas espiras (5-20 vueltas de hilo de cobre esmaltado de 0,5-1 mm sobre un mandril de 5-10 mm) sintetizan frecuencias VHF de 30-300 MHz. Para frecuencias HF (3-30 MHz) se usan bobinas de 20-60 espiras, a menudo sobre un núcleo de ferrita toroidal tipo T50-2 (rojo, mezcla 2 de Micrometals) con inductancia de 1-50 μ H.

Diagnóstico de averías y reparación

Las averías más comunes en transformadores son bobinados en cortocircuito (parcial o total), bobinados abiertos (hilo roto) y núcleo deteriorado. Un multímetro y un osciloscopio básico permiten diagnosticar la mayoría.

Medición de resistencia del bobinado: Con el transformador desconectado, medir la resistencia DC de cada bobinado con el multímetro en rango de ohmios. El primario de un transformador de red de 50 VA tiene típicamente 20-80 Ω ; el secundario (si es de baja tensión) entre 0,5-5 Ω . Un bobinado abierto muestra infinito (OL). Un cortocircuito entre espiras reduce la resistencia respecto al valor esperado y el transformador se calienta excesivamente en funcionamiento.

Prueba de aislamiento: Medir con el multímetro en el rango más alto de resistencia ($M\Omega$) entre primario y secundario, y entre cada bobinado y el núcleo. Debe marcar infinito ($>20 M\Omega$). Si marca menos de 1 $M\Omega$ hay fallo de aislamiento peligroso, especialmente en transformadores de red.

Prueba funcional a voltaje reducido: Conectar el primario a un voltaje reducido (mediante autotransformador o en serie con una bombilla de 60 W como limitador de corriente). Medir el voltaje del secundario: debe ser proporcional a la relación de espiras. Si la bombilla brilla intensamente, hay cortocircuito. Si el secundario no da voltaje con el primario alimentado, hay bobinado abierto.

Reparación de hilo roto accesible: Si la rotura está en los terminales o las primeras/últimas espiras (accesibles sin desmontar), pelar el esmalte del hilo con una cuchilla o lija fina de grano 400, estañar ambos extremos y soldarlos con un trozo de hilo de cobre del mismo diámetro. Aislar con cinta de kapton (resiste 260 °C) o barniz aislante.

Rebobinado de secundario: En transformadores EI, retirar las chapas I del núcleo y extraer el carrete. Contar las espiras del secundario original antes de retirarlas (para conocer la relación V/espira). Rebobinar con hilo esmaltado del mismo diámetro o ligeramente mayor (menor resistencia). La sección del hilo se elige según la corriente: 3-5 A/mm² como densidad de corriente segura. Para 1 A se necesita hilo de 0,5 mm² de sección (diámetro ~0,8 mm).

Construcción de un transformador sencillo de emergencia

En una situación de supervivencia donde se necesita adaptar un voltaje (por ejemplo, reducir los 230 V de un generador a 12 V para cargar baterías), se puede construir un transformador rudimentario con materiales básicos si se conocen los cálculos fundamentales.

Cálculo de espiras por voltio: La fórmula básica es: $N/V = 45 / (B_{max} \times A_e \times f)$, donde N/V son espiras por voltio, B_{max} la inducción máxima del núcleo (1,2-1,5 T para acero silicio), A_e la sección efectiva del núcleo en cm² y f la frecuencia en Hz. Para un núcleo EI de 40 mm ($A_e \approx 8 \text{ cm}^2$) a 50 Hz con $B_{max} = 1,3 \text{ T}$: $N/V = 45 / (1,3 \times 8 \times 50) = 0,087 \approx 9 \text{ espiras/V}$. El primario para 230 V necesitaría ~2.070 espiras y el secundario para 12 V unas 108 espiras.

Núcleo improvisado: Se pueden apilar chapas de acero dulce (de latas de conserva limpias, cortadas en forma E e I) para improvisar un núcleo. La eficiencia será baja (50-70 %) por las pérdidas en el acero no aleado, pero funcional. Alternativamente, el núcleo de un transformador quemado puede reutilizarse si las chapas no están oxidadas ni deformadas.

Hilo conductor: Cable de cobre esmaltado de instalaciones eléctricas o bobinados de motores dañados

puede reutilizarse como hilo de bobinado. Pelar y enderezar con cuidado. Para el primario (230 V, baja corriente), hilo de 0,3-0,5 mm. Para el secundario (12 V, mayor corriente), hilo de 0,8-1,2 mm. Aislar cada capa con cinta aislante o papel parafinado.

Prueba gradual: Nunca conectar directamente a 230 V un transformador artesanal. Usar una bombilla de 60 W en serie con el primario como limitador de corriente. Si todo está correcto, la bombilla apenas brillará y el secundario dará el voltaje esperado. Si la bombilla brilla a máxima intensidad, hay cortocircuito en el bobinado.

Peligro de electrocución: Los transformadores conectados a la red eléctrica (230 V / 50 Hz) manejan voltajes letales. Nunca trabajar con el transformador conectado. Descargar los condensadores del circuito antes de manipular. Un contacto con 230 V puede ser mortal: la corriente de 30 mA a través del corazón provoca fibrilación ventricular. Usar siempre calzado aislante y trabajar con una sola mano cuando sea posible para evitar que la corriente cruce el pecho.

⚠ Advertencia: Esta información es orientativa y educativa. En situaciones de emergencia real, consulte a profesionales cualificados siempre que sea posible. No ponga en riesgo su vida ni la de otros sin la formación adecuada.