

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 989 181**

51 Int. Cl.:

H01F 17/06 (2006.01)

H01F 27/28 (2006.01)

H01F 27/00 (2006.01)

H02M 1/12 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.02.2020** **PCT/DK2020/000044**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.08.2020** **WO20169156**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.02.2020** **E 20709129 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.07.2024** **EP 3928334**

54 Título: **Un estrangulador de modo común**

30 Prioridad:

18.02.2019 DK PA201900215

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.11.2024

73 Titular/es:

LINAK A/S (100.0%)
Smedevænget 8, Guderup
6430 Nordborg, DK

72 Inventor/es:

HYTTEL, KARSTEN

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 989 181 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Un estrangulador de modo común

Campo técnico

La invención se refiere a un estrangulador de modo común que comprende un núcleo magnético y un primer y un segundo devanado de cable aislado que tiene el mismo número de vueltas enrolladas sobre el núcleo magnético.

Antecedentes

Estranguladores de modo común se utilizan ampliamente en aplicaciones industriales, eléctricas y de telecomunicaciones para eliminar o suprimir el ruido de modo común y las interferencias electromagnéticas relacionadas en los cables de suministro de energía y líneas de señales.

El ruido de modo común, es decir, el ruido de alta frecuencia que es común a dos o más datos o líneas de energía puede irradiarse típicamente desde fuentes tales como señales de radio no deseadas, electrónica no blindada, inversores y motores. Si este ruido no se suprime, puede causar problemas de interferencia en los circuitos electrónicos y eléctricos. Como ejemplo, los convertidores de energía de modo conmutado conectados a una red de suministro de CA de la red generan ruido de alta frecuencia, que normalmente se puede transmitir a través de las líneas de suministro a la red de suministro de CA de la red. Sin embargo, diferentes regulaciones establecen límites sobre la cantidad de ruido de alta frecuencia transmitido a la red de suministro. Se puede usar un estrangulador de modo común para reducir o cancelar el ruido de modo común y, por lo tanto, evitar que llegue a la red de suministro de CA de la red.

Un estrangulador de modo común comprende dos o más devanados o bobinas de cable aislado enrollado sobre un solo núcleo magnético, de modo que las corrientes de modo común fluirán en la misma dirección del devanado. Los dos devanados tienen el mismo número de vueltas, y cada devanado está dispuesto en serie con una de las líneas de suministro. Mediante el ruido de modo común, las corrientes fluyen en la misma dirección a través de cada uno de los dos devanados, creando así campos magnéticos iguales y en fase, que se suman. Esto significa que, para las señales de modo común, los devanados actúan como inductores, que presentan una alta impedancia a estas señales y reducen el ruido de modo común de alta frecuencia transmitido a la red de suministro. Sin embargo, mediante señales de modo diferencial, incluida la señal deseada, como la corriente de suministro entregada al convertidor, las dos corrientes serán iguales y fluirán en direcciones opuestas, y el flujo magnético producido en el núcleo por estas corrientes se restará y tenderá a cancelarse entre sí ya que los devanados están acoplados negativamente. Por lo tanto, el estrangulador de modo común presenta pequeña inductancia o impedancia a corrientes de modo diferencial. Por lo tanto, el estrangulador de modo común pasa corrientes diferenciales, que son iguales pero opuestas, mientras que suprime las corrientes de modo común.

Dado que los devanados del estrangulador de modo común actúan como inductores de señales de modo común, la impedancia del estrangulador aumenta proporcionalmente con la inductancia del inductor, así como con la frecuencia de las señales aplicadas al mismo. Normalmente, las señales de ruido de modo común se producen en un intervalo de frecuencia relativamente amplio y, por lo tanto, las señales de ruido de modo común en el extremo superior del intervalo de frecuencia se reducirán más debido a la mayor impedancia en estas frecuencias que las señales en el extremo inferior del intervalo de frecuencia.

Sin embargo, en la práctica, un estrangulador de modo común tiene un comportamiento más complejo debido a la capacitancia parásita o la capacitancia perdida entre las vueltas individuales de los devanados debido a su proximidad entre sí, y el inductor actuará como si incluyera un condensador paralelo. La capacitancia parásita cambia la impedancia del estrangulador al causar resonancia paralela entre la inductancia y la capacitancia a una frecuencia de resonancia y, por lo tanto, la impedancia del estrangulador de modo común mostrará un pico de resonancia en su magnitud. Por encima de la frecuencia de resonancia, el estrangulador de modo común en realidad tiene una reactancia capacitiva, y en este intervalo de frecuencia, la impedancia por tanto disminuirá, con una reducción de ruido de modo común deficiente como resultado. Por lo tanto, el estrangulador de modo común debe diseñarse preferiblemente para tener una frecuencia de resonancia relativamente alta, es decir, para mantener bajas la inductancia y/o la capacitancia en paralelo a los devanados. Por otro lado, se desea una inductancia alta para garantizar una buena reducción de ruido en modo común en el intervalo de frecuencia por debajo de la frecuencia de resonancia.

La inductancia del estrangulador de modo común aumenta con el número de vueltas en los devanados y, por lo tanto, una inductancia alta requiere un alto número de vueltas. En otras palabras, se requiere un cierto número de vueltas de los devanados para garantizar una impedancia suficientemente alta en el extremo inferior del intervalo de frecuencia.

Dependiendo del tamaño del núcleo magnético, este número de vueltas no siempre se puede disponer en una capa sobre el núcleo, a menos que se aumente el tamaño del núcleo. Sin embargo, un núcleo más grande requiere más espacio en el dispositivo donde se utiliza el estrangulador de modo común, lo que de nuevo puede dar como resultado una carcasa más grande, es decir, menos elegante y más cara del dispositivo. Además, un núcleo más grande también aumenta el peso y el coste del estrangulador.

Por lo tanto, es posible que sea necesario enrollar el cable aislado en dos o más capas. Sin embargo, cuando los devanados se enrollan en dos capas, la impedancia del estrangulador cambia significativamente. La razón de esto es que, además de la capacitancia parásita o capacitancia perdida entre vueltas vecinas en cada capa, ahora también habrá una capacitancia parásita entre las capas, o más precisamente entre una vuelta dada en una capa y su vuelta vecina en la otra capa, es decir, la vuelta por encima o por debajo de esa vuelta. Esto significa que la capacitancia total en paralelo a cada devanado aumenta considerablemente, cuando los devanados se enrollan en dos capas, lo que afecta negativamente a la frecuencia de resonancia y la impedancia en el extremo superior del intervalo de frecuencia.

Un ejemplo de dicho estrangulador de modo común se conoce a partir del documento JP S63 198310 A, donde los devanados se enrollan en tres capas. Un estrangulador similar que tiene devanados enrollados en dos capas se conoce a partir del documento CN 202 839 211 U.

El documento US 2017/263372 A1 muestra un dispositivo de bobina donde una frecuencia autorresonante se puede mover hacia el lado de la alta frecuencia enrollando primero dos vueltas en una primera capa, a continuación, una vuelta de una segunda capa sobre la parte superior de las primeras dos vueltas y a continuación, enrollando repetidamente una vuelta en la primera capa seguida de una vuelta en la segunda capa.

El documento JP 2011 082463 A muestra un componente de bobina que tiene un devanado enrollado en tres capas. El número de vueltas en cada capa se selecciona para obtener una frecuencia de resonancia deseada, por ejemplo, para que se corresponda con la banda de frecuencia de una radio FM.

Compendio

Por lo tanto, un objeto de las realizaciones de la invención es proporcionar un estrangulador de modo común que pueda enrollarse en dos o más capas de tal manera que se minimice el aumento de la capacitancia en paralelo a cada devanado causado por la capacitancia parásita entre las capas de los devanados.

Según las realizaciones de la invención, el objeto se logra en un estrangulador de modo común que comprende un núcleo magnético; un primer devanado de cable aislado que tiene una serie de vueltas enrolladas en dicho núcleo magnético; y un segundo devanado de cable aislado que tiene el mismo número de vueltas que el primer devanado enrollado sobre dicho núcleo magnético, donde las vueltas de cada devanado se numeran consecutivamente; y las vueltas de cada devanado están dispuestas en al menos dos capas, de las cuales una primera capa de vueltas se enrolla directamente en dicho núcleo magnético y una segunda capa de vueltas se enrolla alrededor de una sección de dicha primera capa. El objeto se logra cuando las capas primera y segunda de cada devanado están dispuestas de tal manera que la diferencia entre el número más alto de una vuelta en la segunda capa y el número más bajo de una vuelta en la sección de la primera capa sobre la que está enrollada la segunda capa es menor o igual al 50 % del número de vueltas en la primera capa de ese devanado. La primera capa consiste en vueltas que tienen números consecutivos desde la vuelta número uno hasta el número de vueltas en la primera capa; la segunda capa consiste en vueltas que tienen números consecutivos más altos que el número de vueltas en la primera capa; y la sección de la primera capa sobre la que se enrolla la segunda capa comprende las vueltas numeradas más altas de la primera capa.

Cuando la diferencia entre el número más alto de una vuelta en la segunda capa y el número más bajo de una vuelta en la sección de la primera capa sobre la que se enrolla la segunda capa no supera el 50 % del número de vueltas en la primera capa de ese devanado, el efecto de la capacitancia parásita entre las capas se minimiza, porque las vueltas restantes de la primera capa y las capacitancias parásitas entre ellas siguen dominando en la determinación de la frecuencia de resonancia y la impedancia en el extremo superior del intervalo de frecuencias. Por lo tanto, se puede eliminar la necesidad de un núcleo más grande del estrangulador de modo común, lo que puede dar como resultado una carcasa más pequeña, más elegante y menos costosa del dispositivo donde se utiliza el estrangulador de modo común. Al disponer la segunda capa al final de la primera capa, se logra una solución práctica.

Las vueltas de la segunda capa pueden disponerse con la vuelta con el número más bajo enrollada alrededor de la vuelta con el número más alto de la primera capa y con los números aumentando en la dirección que se aleja de esta vuelta. Alternativamente, las vueltas de la segunda capa pueden disponerse con la vuelta numerada más alta enrollada alrededor de la vuelta numerada más alta de la primera capa y con números que disminuyen en la dirección que se aleja de esta vuelta.

El efecto de la capacitancia parásita entre las capas se puede minimizar aún más, y la frecuencia de resonancia y la impedancia en el extremo superior del intervalo de frecuencia por tanto se mejoran aún más, cuando las vueltas de cada devanado están dispuestas en al menos tres capas, donde una tercera capa de vueltas se enrolla alrededor de al menos una sección de dicha segunda capa.

Según las realizaciones de la invención, el objeto también se puede lograr en un estrangulador de modo común que comprende un núcleo magnético; un primer devanado de cable aislado que tiene una serie de vueltas enrolladas en dicho núcleo magnético; y un segundo devanado de cable aislado que tiene el mismo número de vueltas que el primer devanado enrollado sobre dicho núcleo magnético, donde las vueltas de cada devanado se numeran consecutivamente; y las vueltas de cada devanado están dispuestas en al menos dos capas, de las cuales una primera capa de vueltas se enrolla directamente en dicho núcleo magnético y una segunda capa de vueltas se enrolla alrededor de una sección de dicha primera capa. El objeto se logra cuando las dos capas de cada devanado están dispuestas

de tal manera que la diferencia entre el número más alto de una vuelta en la segunda capa y el número más bajo de una vuelta en la sección de la primera capa sobre la que se enrolla la segunda capa es inferior o igual al 50 % del número de vueltas en la primera capa de ese devanado. La primera capa comprende dos secciones de vueltas, una primera sección que consiste en vueltas que tienen números consecutivos por debajo de un primer número de vuelta intermedia y una segunda sección que consiste en vueltas que tienen números consecutivos por encima de un segundo número de vuelta intermedia, donde dicho segundo número de vuelta intermedia es superior a dicho primer número de vuelta intermedia; la segunda capa consiste en vueltas que tienen números consecutivos entre dicho primer número de vuelta intermedia y dicho segundo número de vuelta intermedia; y la sección de la primera capa sobre la que se enrolla la segunda capa comprende las vueltas numeradas más altas de la primera sección de la primera capa. De esta manera, la segunda capa de vueltas se puede colocar en una posición arbitraria sobre la primera capa.

En una realización, la sección de la primera capa sobre la que se enrolla la segunda capa tiene el mismo número de vueltas que la segunda capa.

El núcleo magnético sobre el que se enrollan las vueltas de los devanados puede ser un núcleo toroidal. Este tipo de núcleo está disponible en muchos proveedores diferentes. En ese caso, los devanados pueden estar dispuestos simétricamente en dicho núcleo toroidal y separados entre sí. Esto aumenta el flujo de fuga entre los dos devanados, y la inductancia de fuga resultante asegurará que el estrangulador de modo común también tenga alguna impedancia de modo diferencial, que puede proporcionar una cierta supresión de modo diferencial también a frecuencias más altas.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, se describirán con más detalle realizaciones de la invención con referencia a los dibujos, donde

La Figura 1 muestra un ejemplo de un circuito donde se puede utilizar un estrangulador de modo común,

Las Figuras 2a a 2c muestran algunos ejemplos de estranguladores de modo común que utilizan núcleos magnéticos de formas diferentes,

Las Figuras 3a y 3b ilustran la función de un estrangulador de modo común que tiene dos devanados enrollados sobre un núcleo toroidal,

Las Figuras 4a y 4b muestran la impedancia ideal del estrangulador de modo común según la frecuencia y la impedancia que tiene un pico de resonancia en su magnitud causado por la capacitancia parásita entre las vueltas del devanado,

Las Figuras 5a a 5c muestran una vista lateral, una vista en sección y un diagrama eléctrico de un estrangulador de modo común que tiene las vueltas de los devanados enrollados en una capa,

Las Figuras 6a a 6e muestran una vista lateral, vistas en sección, un diagrama eléctrico y la impedancia según la frecuencia de un estrangulador de modo común que tiene las vueltas de los devanados enrollados en dos capas según la técnica anterior,

La Figura 7 muestra un ejemplo de un circuito donde se utilizan dos estranguladores de modo común según la técnica anterior para lograr una reducción de ruido de modo común suficiente,

Las Figuras 8a a 8h muestran vistas laterales, vistas en sección, diagramas eléctricos y la impedancia según la frecuencia de un estrangulador de modo común que tiene las vueltas de los devanados enrolladas en dos capas según la invención,

Las Figuras 9a a 9d muestran una vista lateral, una vista en sección, un diagrama eléctrico y la impedancia según la frecuencia de otro estrangulador de modo común que tiene las vueltas de los devanados enrollados en dos capas según la invención,

Las Figuras 10a a 10d muestran una vista lateral, una vista en sección, un diagrama eléctrico y la impedancia según la frecuencia de un estrangulador de modo común que tiene las vueltas de los devanados enrollados en dos capas similares a las Figuras 9a a 9d y las Figuras 10a a 10d, pero con demasiadas vueltas en la segunda capa,

Las Figuras 11a a 11d muestran una vista lateral, una vista en sección, un diagrama eléctrico y la impedancia según la frecuencia de un estrangulador de modo común que tiene las vueltas de los devanados enrollados en tres capas según la invención, y

Las Figuras 12a a 12e muestran una vista lateral, vistas en sección, un diagrama eléctrico y la impedancia según la frecuencia de un estrangulador de modo común adicional que tiene las vueltas de los devanados enrollados en dos capas según la invención.

Descripción detallada

La Figura 1 muestra un diagrama de un ejemplo de un circuito 51 donde se puede utilizar un estrangulador de modo

común 52. En este ejemplo, el circuito 51 es una fuente de alimentación de modo conmutado conectada a una red de alimentación de CA y que comprende un convertidor 53. Los convertidores de modo conmutado existen en diferentes topologías de circuito, tales como convertidores flyback, Boost, Buck, SEPIC y directo. El voltaje de CA de la alimentación de red (suministrada a través de las líneas de suministro 54 y 55) se rectifica en un rectificador de puente 56 y se almacena en un condensador 57, antes de que se alimente a un par de terminales de entrada del convertidor 53 como su voltaje de entrada. El voltaje de salida del convertidor 53 se reduce desde un par de terminales de salida a una carga, que podría ser, por ejemplo, el motor eléctrico de un accionador lineal.

El convertidor 53 genera ruido de alta frecuencia, que normalmente puede transmitirse a través de las líneas de suministro 54 y 55 a la red de suministro de CA de la red. Sin embargo, diferentes regulaciones establecen límites sobre la cantidad de ruido de alta frecuencia transmitido a la red de suministro. El ruido de alta frecuencia generado por el convertidor 53 puede ser ruido de modo diferencial, así como ruido de modo común.

El ruido de modo diferencial hace que una corriente de ruido fluya a través de una de las líneas de suministro 54 y 55 desde el convertidor 53, es decir, la fuente del ruido, a la red de suministro de CA de la red y en la dirección opuesta a través de la otra de las líneas de suministro 54 y 55. El ruido de modo diferencial se puede reducir insertando un inductor en una (o ambas) de las líneas de suministro 54 y 55 y un condensador entre ellas, creando así un filtro de modo diferencial.

En contraste con el ruido de modo diferencial, el ruido de modo común hace que corrientes de ruido similares fluyan a través de ambas líneas de suministro 54 y 55 en la misma dirección, por ejemplo, desde el convertidor 53 a la red de suministro de CA de la red. Estas corrientes regresarán al convertidor 53 ya sea a través de una conexión a tierra explícita o a través de otros medios, tales como capacitancia parásita a través del aire u otras conexiones. El propósito del estrangulador de modo común 52 es reducir o cancelar el ruido de modo común y, por lo tanto, evitar que alcance la red de suministro de CA de la red.

Un estrangulador de modo común comprende dos (o más) devanados de cable aislado enrollado sobre un solo núcleo magnético de modo que las corrientes de modo común, cuando el estrangulador de modo común está dispuesto como en la Figura 1, fluirán en la misma dirección de devanado. Los dos devanados tienen el mismo número de vueltas, y cada devanado está dispuesto en serie con una de las líneas de suministro. El núcleo magnético puede ser típicamente un núcleo de ferrita, pero también se pueden usar otros tipos de núcleo, tales como núcleos de polvo de hierro. Además, la forma del núcleo magnético puede ser diferente. Las Figuras 2a, 2b y 2c muestran algunos ejemplos de estranguladores de modo común que utilizan núcleos magnéticos de formas diferentes. En la Figura 2a, los dos devanados de un estrangulador de modo común están dispuestos sobre un núcleo toroidal, mientras que en la Figura 2b se usa un núcleo de forma rectangular, pero también se pueden usar núcleos con forma de varilla cilíndrica recta como se muestra en la Figura 2c u otras formas. A continuación, se utiliza como ejemplo el núcleo toroidal.

Los dos devanados se pueden disponer por separado sobre el núcleo como se muestra en las Figuras 2a, 2b y 2c, pero también son posibles otras disposiciones. Como ejemplo, los dos devanados se pueden disponer en dos capas, de modo que un devanado se enrolla en una primera capa directamente sobre el núcleo, mientras que el otro se enrolla en una segunda capa sobre la parte superior de la primera capa. Los dos devanados también pueden superponerse solo parcialmente. Como otro ejemplo, las vueltas de los dos devanados pueden intercalarse entre sí.

Las Figuras 3a y 3b ilustran la función del estrangulador de modo común 52 de la Figura 1 que tiene dos devanados enrollados sobre un núcleo toroidal 58. Los cuatro terminales del estrangulador están etiquetados como a, b, c y d. Un devanado W_{ab} está conectado entre los terminales a y b, mientras que el otro devanado W_{cd} está conectado entre los terminales c y d.

Por ruido de modo común, las dos corrientes I_{ab} e I_{cd} fluyen en la misma dirección a través de cada uno de los dos devanados W_{ab} y W_{cd} , creando así campos magnéticos iguales y en fase, que se suman como se ilustra con las flechas en la Figura 3a. Esto significa que, para las señales de modo común, los devanados actúan como un inductor, que presenta una alta impedancia a estas señales y reduce el ruido de modo común de alta frecuencia transmitido a la red de suministro.

Mediante señales de modo diferencial, incluida la señal deseada, como la corriente de suministro entregada al convertidor 3, las dos corrientes I_{ab} e I_{cd} serán iguales y fluirán en direcciones opuestas, y el flujo magnético producido en el núcleo por estas corrientes se restará y tenderá a cancelarse entre sí ya que los devanados están acoplados negativamente. Por lo tanto, el estrangulador de modo común presenta pequeña inductancia o impedancia a corrientes de modo diferencial.

Sin embargo, se observa que, en la práctica, el estrangulador de modo común tendrá algún flujo de fuga entre los dos devanados W_{ab} y W_{cd} , y la inductancia de fuga resultante actuará en serie con una (o ambas) de las líneas de suministro 54 y 55. Por lo tanto, el estrangulador de modo común también tendrá alguna impedancia de modo diferencial, que puede proporcionar una cierta supresión de modo diferencial también a frecuencias más altas. Si se desea, este filtrado de ruido de modo diferencial se puede mejorar insertando un condensador entre las líneas de suministro 54 y 55 en el lado de la red de suministro del estrangulador de modo común 52, creando así un filtro de modo diferencial.

Como se mencionó, cada uno de los devanados W_{ab} y W_{cd} actúa como un inductor para las señales de modo común, y como es bien sabido, la impedancia de un inductor aumenta proporcionalmente con la inductancia del inductor, así como con la frecuencia de las señales aplicadas al mismo. Normalmente, las señales de ruido de modo común se producen en un intervalo de frecuencia relativamente amplio y, por lo tanto, las señales de ruido de modo común en el extremo superior del intervalo de frecuencia se reducirán más debido a la mayor impedancia en estas frecuencias que las señales en el extremo inferior del intervalo de frecuencia. Esto se ilustra en la Figura 4a, que muestra la impedancia ideal del estrangulador de modo común según la frecuencia.

Sin embargo, en la práctica, un estrangulador de modo común tendrá un comportamiento más complejo debido a la capacitancia parásita o la capacitancia perdida entre las vueltas individuales de los devanados debido a su proximidad entre sí, y el inductor actuará como si incluyera un condensador paralelo. La capacitancia parásita cambia la impedancia del estrangulador al causar resonancia paralela entre la inductancia y la capacitancia a una frecuencia de resonancia f_0 y, por lo tanto, la impedancia del estrangulador de modo común mostrará un pico de resonancia en su magnitud, como se ilustra en la Figura 4b. Por encima de la frecuencia de resonancia f_0 , el estrangulador de modo común en realidad tiene una reactancia capacitiva. Generalmente, la frecuencia de resonancia f_0 para un circuito de resonancia en paralelo que tiene un inductor L en paralelo con un condensador C viene dada por

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

El efecto de la capacitancia parásita se explica con más detalle a continuación con referencia a las Figuras 5a, 5b y 5c. La Figura 5a es una vista lateral del estrangulador de modo común 2 correspondiente a la Figura 2a o 3a que muestra los dos devanados W_{ab} y W_{cd} , donde las vueltas de cada devanado están dispuestas en una capa sobre el núcleo magnético 58. La Figura 5b muestra una vista en sección correspondiente que ilustra cómo las vueltas de los devanados pueden numerarse consecutivamente de 1 a N (donde N en la figura se elige a 28). Por lo tanto, cada devanado tiene N vueltas. En otras palabras, las vueltas se numeran consecutivamente en el orden en que se enrollaron durante la producción del estrangulador. La Figura 5c muestra el diagrama eléctrico correspondiente del estrangulador, donde la capacitancia parásita como una aproximación se ilustra como un pequeño condensador conectado a través de cada vuelta de los devanados.

Como una aproximación, la inductancia LN de uno de los devanados W_{ab} y W_{cd} que tienen N vueltas puede considerarse proporcional a la expresión $N^2 A/l$, donde A es el área de sección transversal del devanado y l es la longitud del devanado. Cabe señalar que, dado que los devanados del estrangulador de modo común 52 están dispuestos en una capa, la longitud l es proporcional a N , de modo que, en este caso, la inductancia LN puede considerarse proporcional al número de vueltas N .

En consecuencia, si la capacitancia parásita entre dos vueltas vecinas es C_{vuelta} , la capacitancia total en paralelo al devanado es $C_{\text{vuelta}} / (N-1)$. Por lo tanto, la frecuencia de resonancia f_0 para uno de los devanados W_{ab} y W_{cd} del estrangulador de modo común 52 en las Figuras 5a, 5b y 5c se puede determinar mediante

$$f_0(52) = \frac{1}{2\pi\sqrt{LN C_{\text{vuelta}}/(N-1)}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{1}{N-1} LN C_{\text{vuelta}}}}.$$

En las Figuras 5a, 5b y 5c, se muestra que cada devanado tiene 28 vueltas como ejemplo, y por lo tanto para este ejemplo, $N = 28$, y la inductancia de uno de los devanados es L_{28} , la capacitancia total en paralelo al devanado es $C_{\text{vuelta}} / 27$, y la frecuencia de resonancia f_0 será

$$f_0(52) = \frac{1}{2\pi\sqrt{\frac{1}{27} L_{28} C_{\text{vuelta}}}}.$$

Se mencionó anteriormente, y también se puede observar a partir de la Figura 4b, que por debajo de la frecuencia de resonancia f_0 , la impedancia de los devanados del estrangulador de modo común aumenta proporcionalmente con la frecuencia de las señales de ruido. Por lo tanto, las señales de ruido de modo común en el extremo superior de este intervalo de frecuencias (es decir, por debajo de la frecuencia de resonancia f_0) se reducirán más debido a la mayor impedancia en estas frecuencias que las señales en el extremo inferior del intervalo de frecuencias. La impedancia también aumenta proporcionalmente con la inductancia de los devanados y, por lo tanto, para garantizar una impedancia suficientemente alta en el extremo inferior del intervalo de frecuencia, la inductancia debe ser lo suficientemente alta. Dado que la inductancia aumenta con el número de vueltas de los devanados, se requiere un cierto número de vueltas de los devanados para garantizar una impedancia suficientemente alta en el extremo inferior del intervalo de frecuencia.

Dependiendo del tamaño del núcleo magnético 58, este número de vueltas no siempre puede disponerse en una capa sobre el núcleo y, por lo tanto, puede ser necesario enrollar el cable aislado en dos o más capas. Típicamente, las vueltas de una segunda capa se distribuyen por toda la longitud de la primera capa enrollada directamente sobre el núcleo, o la segunda capa está dispuesta cerca del centro de la primera capa. Un ejemplo de esto se muestra en la Figura 6a que ilustra un estrangulador de modo común 62, donde cada uno de los devanados W_{ab} y W_{cd} tiene un total de $N = 40$ vueltas dispuestas con $N_1 = 28$ vueltas en una primera capa L_1 enrollada directamente sobre el núcleo y $N_2 = 12$ vueltas en una segunda capa L_2 enrollada sobre la parte superior de la primera capa. En la Figura 6b se muestra una vista en sección correspondiente que ilustra cómo las vueltas de la primera capa L_1 se numeran consecutivamente de 1 a 28 y las vueltas de la segunda capa L_2 se numeran de 29 a 40. De nuevo, se observa que las vueltas se numeran consecutivamente en el orden en que se enrollaron durante la producción del estrangulador. El caso más general con N_1 vueltas en la primera capa L_1 y N_2 vueltas en la segunda capa L_2 se ilustra en la Figura 6c.

Sin embargo, el hecho de que los devanados ahora estén enrollados en dos capas significa que la impedancia del estrangulador cambia significativamente. La razón de esto es que, además de la capacitancia parásita o capacitancia perdida entre vueltas vecinas en cada capa mencionada anteriormente, ahora también habrá una capacitancia parásita entre una vuelta dada en una capa y su vuelta vecina en la otra capa, es decir, la vuelta por encima o por debajo de esa vuelta. Por lo tanto, como ejemplo, se puede observar en la Figura 6b que la vuelta número 29 está dispuesta por encima de la vuelta número 20 en la primera capa, y debido a su proximidad entre sí, habrá una capacitancia parásita entre estas vueltas que tiene aproximadamente el mismo tamaño que la capacitancia parásita C entre dos vueltas vecinas en la misma capa. Del mismo modo, habrá una capacitancia parásita entre la vuelta número 30 y la vuelta número 19, entre la vuelta número 31 y la vuelta número 18, y así sucesivamente. Teóricamente, también habrá una capacitancia parásita entre, por ejemplo, la vuelta número 29 y las vueltas 19 y 21 en la primera capa, pero debido a la mayor distancia, estas capacitancias pueden considerarse como despreciables en comparación con la capacitancia entre las vueltas dispuestas directamente una encima de la otra.

Esto se ilustra en la Figura 6d que muestra el diagrama eléctrico correspondiente del estrangulador 62, donde se muestran las capacitancias parásitas entre vueltas vecinas en la misma capa, así como aquellas entre vueltas de diferentes capas. También aquí, las vueltas se numeran consecutivamente del 1 al 40. Se considera que todas las capacitancias parásitas mostradas tienen el valor de capacitancia C_{vuelta} . Por razones de claridad y simplicidad, solo se muestran el devanado W_{ab} y los condensadores que indican las capacitancias parásitas para este devanado. El diagrama para el devanado W_{cd} es similar. La presencia de las capacitancias parásitas adicionales entre las vueltas en la primera capa y las vueltas en la segunda capa da como resultado una gran combinación de condensadores acoplados en serie/paralelo como se muestra en la Figura 6d, lo que cambia significativamente la impedancia del estrangulador, porque la capacitancia total en paralelo al devanado del estrangulador de modo común 62 aumenta considerablemente en comparación con la del estrangulador 52 de las Figuras 5a-5c.

Al calcular la capacitancia resultante de la gran combinación de condensadores acoplados en serie/paralelo, el condensador de tamaño C_{vuelta} que indica la capacitancia parásita entre el número de vuelta 40 (es decir, el número más alto de una vuelta en la segunda capa L_2) y el número de vuelta 9 (es decir, el número más bajo de una vuelta en la sección de la primera capa L_1 sobre la que se enrolla la segunda capa de vueltas) será la capacitancia dominante. En realidad, la capacitancia resultante de la combinación se puede calcular para que sea aproximadamente $4/3 C_{vuelta}$. Por lo tanto, la capacitancia total en paralelo al devanado W_{ab} del estrangulador de modo común 62 es una conexión en serie de ocho condensadores de tamaño C_{vuelta} y un condensador de tamaño $4/3 C_{vuelta}$. Esto se puede calcular a $4/35 C_{vuelta}$, que está tan cerca de $1/9 C_{vuelta}$ que la capacitancia resultante de la gran combinación de condensadores acoplados en serie/paralelo podría aproximarse a C_{vuelta} . Esta aproximación se utilizará a continuación.

Por supuesto, este aumento en la capacitancia total en paralelo al devanado W_{ab} del estrangulador de modo común 62 en comparación con el estrangulador 52 de las Figuras 5a-5c afecta a la frecuencia de resonancia. Cada devanado ahora tiene 40 vueltas, y debido a que la longitud l de los devanados es la misma que la de los devanados del estrangulador 52, la inductancia L_{40} de uno de los devanados del estrangulador 62 es $L_{40} = (40/28)^2 L_{28}$, mientras que la capacitancia total en paralelo al devanado como se mencionó puede aproximarse a $C_{vuelta} / 9$. Por lo tanto, la frecuencia de resonancia f_0 para el estrangulador 62 será

$$f_{0(62)} = \frac{1}{2\pi \sqrt{\left(\frac{1}{9}\left(\frac{40}{28}\right)^2 L_{28} C_{vuelta}\right)}}$$

Esto significa que el estrangulador de modo común 62 tiene una frecuencia de resonancia de alrededor de 0,40 veces la frecuencia de resonancia del estrangulador 52. La Figura 6e muestra la impedancia del estrangulador de modo común 62 (línea gruesa) según la frecuencia en comparación con la impedancia del estrangulador de modo común 52 (línea delgada) de la Figura 4a. Se observa claramente que, debido al mayor número de vueltas, el estrangulador 62 tiene una impedancia más alta (y por lo tanto una mejor reducción de las señales de ruido de modo común) en el extremo inferior del intervalo de frecuencia, como también se pretendía. Sin embargo, por otro lado, tiene una impedancia mucho menor (y, por lo tanto, una reducción deficiente de las señales de ruido de modo común) en el extremo superior del intervalo de frecuencia, lo que se debe a la mayor capacitancia total en paralelo al devanado. Se

observa que las curvas en la Figura 6e no están dibujadas a escala y, por lo tanto, la figura solo pretende indicar los efectos de disponer las vueltas de los devanados sobre el núcleo magnético como se describe. Este es también el caso de las Figuras 8d, 9d, 10d, 11d y 12d mencionadas a continuación.

En otras palabras, el estrangulador de modo común 52 con 28 vueltas en cada devanado tiene una buena reducción de ruido de modo común a frecuencias más altas y una mala reducción de ruido de modo común a frecuencias más bajas, mientras que es al revés para el estrangulador de modo común 62 con 40 vueltas en cada devanado. Por lo tanto, para obtener una reducción de ruido de modo común suficiente en todo el intervalo de frecuencias, es bien conocido disponer dos de estos estranguladores de modo común en serie, como se muestra en la Figura 7. De esta manera, las dos curvas de impedancia en la Figura 6e se suman, y se logra una buena reducción de ruido en modo común en un intervalo de frecuencia mucho más amplio. Sin embargo, dado que esta solución requiere el uso de un componente adicional en forma del segundo estrangulador de modo común, el resultado es un aumento de los requisitos de espacio, por ejemplo, en una placa de circuito impreso, así como un aumento de los costes.

Mirando la Figura 6d, se puede observar que las vueltas en la segunda capa L_2 y las vueltas dispuestas en la primera capa L_1 debajo de la segunda capa L_2 (y por lo tanto acopladas entre sí con capacitancias parásitas) pueden tener una diferencia considerable entre sus números consecutivos. Como se vio anteriormente, la capacitancia resultante de la gran combinación de condensadores acoplados en serie/paralelo está determinada por la diferencia entre el número más alto de vueltas en la segunda capa y el número más bajo de vueltas en la sección de la primera capa sobre la que se enrolla la segunda capa de vueltas. Esta es una razón para el gran aumento de la capacitancia total en paralelo al devanado W_{ab} del estrangulador de modo común 62. Por lo tanto, en el ejemplo anterior, la capacitancia parásita entre la vuelta número 40 y la vuelta número 9, que abarca más de 31 vueltas, domina en la capacitancia resultante de la gran combinación de condensadores acoplados en serie/paralelo, y solo las ocho capacitancias parásitas entre las vueltas 1 a 9 se dejan en serie con la combinación.

Por lo tanto, como se describe a continuación, se puede observar que la capacitancia total en paralelo a cada devanado se puede reducir al disponer las dos capas de manera que la diferencia entre el mayor número de vueltas en la segunda capa L_2 y el menor número de vueltas en la sección de la primera capa L_1 sobre la que se enrolla la segunda capa L_2 de vueltas se mantenga lo más pequeña posible.

Ejemplos de cómo se puede hacer esto se ilustran en las Figuras 8a-8d y 9a-9d. Las Figuras 8a-8d muestran un estrangulador de modo común 63 que tiene 32 vueltas dispuestas con 28 vueltas en la primera capa L_1 y 4 vueltas en la segunda capa L_2 , mientras que las Figuras 9a-9d muestran un estrangulador de modo común 64 que tiene 35 vueltas dispuestas con 28 vueltas en la primera capa L_1 y 7 vueltas en la segunda capa L_2 .

En las Figuras 8a, 8b y 8c, la vuelta número 29 se enrolla directamente alrededor de la vuelta número 28, y a continuación la vuelta número 30 alrededor de la vuelta número 27, y así sucesivamente. En otras palabras, la segunda capa consiste en las vueltas número 29 a 32, y la sección de la primera capa sobre la que se enrolla la segunda capa de vueltas consiste en las vueltas número 25 a 28. Por lo tanto, la segunda capa L_2 está dispuesta al final de la primera capa L_1 . Con esta disposición de la segunda capa, la diferencia entre el número más alto de vueltas en la segunda capa y el número más bajo de vueltas en la sección de la primera capa sobre la que se enrolla la segunda capa de vueltas se mantiene pequeña. Por lo tanto, también la capacitancia total en paralelo a cada devanado del estrangulador de modo común se mantiene baja, lo que da como resultado una mayor frecuencia de resonancia. Se observa que con $N_1 = 28$ vueltas en la primera capa y $N_2 = 4$ vueltas en la segunda capa, la fracción de la primera capa que está cubierta por la segunda capa, es decir, la relación N_2/N_1 , es igual a $1/7$ o 14,3 %. La mayor diferencia entre los números consecutivos de vueltas en las dos capas dispuestas una encima de la otra es $32-25 = 7$, que corresponde al 25 % del número $N_1 = 28$ de vueltas en la primera capa.

De manera similar a lo anterior, el condensador de tamaño C_{vuelta} que indica la capacitancia parásita entre el número de vuelta 32 y el número de vuelta 25 será aquí la capacitancia dominante de la combinación de condensadores acoplados en serie/paralelo, y la capacitancia resultante de esta combinación puede aproximarse de nuevo a C_{vuelta} .

Por lo tanto, la capacitancia total en paralelo al devanado W_{ab} del estrangulador de modo común 63 es una conexión en serie de 24 condensadores de tamaño C_{vuelta} y la combinación de condensadores acoplados en serie/paralelo, que como se mencionó también se aproxima a C_{vuelta} , es decir, la capacitancia total se puede calcular a $1/25 C_{\text{vuelta}}$.

Cada devanado del estrangulador de modo común 63 tiene 32 vueltas, y la inductancia L_{32} de uno de los devanados es $L_{32} = (32/28)^2 L_{28}$, mientras que la capacitancia total en paralelo al devanado como se mencionó puede aproximarse a $C_{\text{vuelta}} / 25$. Por lo tanto, la frecuencia de resonancia f_0 para el estrangulador 63 será

$$f_{0(63)} = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{1}{25} \left(\frac{32}{28}\right)^2 L_{28} C_{\text{vuelta}}}}$$

Esto significa que el estrangulador de modo común 63 tiene una frecuencia de resonancia que es alrededor de 0,84 veces la frecuencia de resonancia del estrangulador 52. La Figura 8d muestra la impedancia del estrangulador de

modo común 63 (línea gruesa) según la frecuencia en comparación con la impedancia de los estranguladores de modo común 52 y 62 (línea delgada). En comparación con el estrangulador de modo común 52, el estrangulador 63 tiene una impedancia ligeramente mayor en el extremo inferior del intervalo de frecuencia debido al mayor número de vueltas, como también se pretendía, y en el extremo superior del intervalo de frecuencia, la impedancia solo se reduce ligeramente, ya que la capacitancia total en paralelo al devanado solo aumenta de $1/27 C_{\text{vuelta}}$ a $1/25 C_{\text{vuelta}}$.

Sin embargo, si las cuatro vueltas de la segunda capa se hubieran dispuesto, por ejemplo, sobre la parte media de la primera capa, como fue el caso en las Figuras 6a-6e, la relación N_2/N_1 seguiría siendo igual a $1/7$ o $14,3 \%$, pero la mayor diferencia entre los números consecutivos de vueltas en las capas dispuestas una encima de la otra ahora sería $32-13 = 19$, correspondiente al 68% del número $N_1 = 28$ de vueltas en la primera capa, y la capacitancia resultante en paralelo a cada devanado habría sido mucho mayor con un efecto correspondiente en la frecuencia de resonancia y la reducción de ruido en modo común.

El caso más general con un estrangulador de modo común que tiene N vueltas dispuestas con N_1 vueltas en la primera capa L_1 y N_2 vueltas en la segunda capa L_2 se ilustra en la Figura 8e. Aquí, la segunda capa consiste en vueltas número N_1+1 a $N_1+N_2 (=N)$, y la sección de la primera capa sobre la que se enrolla la segunda capa de vueltas consiste en vueltas número N_1-N_2 a N_1 . Por lo tanto, la diferencia entre el número más alto (N_1+N_2) de una vuelta en la segunda capa y el número más bajo ($N_1-(N_2-1)$) de una vuelta en la sección de la primera capa sobre la que se enrolla la segunda capa de vueltas es $(N_1+N_2) - (N_1-(N_2-1)) = 2N_2-1$.

Se observa que las vueltas de la segunda capa, es decir, las vueltas número 29, 30, 31 y 32, también pueden estar dispuestas en orden inverso como se muestra en las Figuras 8a-8d. En ese caso, la vuelta número 29 se enrolla alrededor de la vuelta número 25, y a continuación la vuelta número 30 alrededor de la vuelta número 26, y así sucesivamente, como se ilustra en las Figuras 8f-8h. Aunque la combinación de condensadores acoplados en serie/paralelo que se muestra en la Figura 8h es diferente de la de la Figura 8c, la capacitancia resultante de la combinación aún se puede aproximar a C_{vuelta} , de modo que también en este caso, la capacitancia total en paralelo a cada devanado del estrangulador de modo común está determinada por la diferencia entre el número más alto (32) de una vuelta en la segunda capa y el número más bajo (25) de una vuelta en la sección de la primera capa sobre la que se enrolla la segunda capa de vueltas. Por lo tanto, la frecuencia de resonancia, la impedancia y la reducción de ruido en modo común también se mantendrán sustancialmente sin cambios.

Como se mencionó, el estrangulador de modo común 64 que se muestra en las Figuras 9a-9d tiene 35 vueltas dispuestas con 28 vueltas en la primera capa L_1 y 7 vueltas en la segunda capa L_2 . De nuevo, la vuelta número 29 se enrolla directamente alrededor de la vuelta número 28, y a continuación la vuelta número 30 alrededor de la vuelta número 27, y así sucesivamente. Por lo tanto, la segunda capa consiste en las vueltas número 29 a 35, y la sección de la primera capa sobre la que se enrolla la segunda capa de vueltas consiste en las vueltas número 22 a 28. En este caso, con $N_1 = 28$ vueltas en la primera capa y $N_2 = 7$ vueltas en la segunda capa, la relación N_2/N_1 es igual a $1/4$ o 25% , y la mayor diferencia entre los números consecutivos de vueltas en las dos capas dispuestas una encima de la otra es $35-22 = 13$, que corresponde al $46,4 \%$ del número $N_1 = 28$ de vueltas en la primera capa.

De manera similar a lo anterior, el condensador de tamaño C_{vuelta} que indica la capacitancia parásita entre el número de vuelta 35 y el número de vuelta 22 será aquí la capacitancia dominante de la combinación de condensadores acoplados en serie/paralelo, y la capacitancia resultante de esta combinación puede aproximarse a C_{vuelta} .

Por lo tanto, la capacitancia total en paralelo al devanado W_{ab} del estrangulador de modo común 64 es una conexión en serie de 21 condensadores de tamaño C_{vuelta} y la combinación de condensadores acoplados en serie/paralelo, que como se mencionó también se aproxima a C_{vuelta} , es decir, la capacitancia total se puede calcular a $1/22 C_{\text{vuelta}}$.

Cada devanado del estrangulador de modo común 64 tiene 35 vueltas, y la inductancia L_{35} de uno de los devanados es $L_{35} = (35/28)^2 L_{28}$, mientras que la capacitancia total en paralelo al devanado como se mencionó se puede aproximar a $C_{\text{vuelta}} / 22$. Por lo tanto, la frecuencia de resonancia f_0 para el estrangulador 64 será

$$f_{0(64)} = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{1}{22} \left(\frac{35}{28}\right)^2 L_{28} C_{\text{vuelta}}}}$$

Esto significa que el estrangulador de modo común 64 tiene una frecuencia de resonancia que es alrededor de 0,72 veces la frecuencia de resonancia del estrangulador 52. La Figura 9d muestra la impedancia del estrangulador de modo común 64 (línea gruesa) según la frecuencia en comparación con la impedancia de los estranguladores de modo común 52 y 62 (línea delgada). En comparación con el estrangulador de modo común 63 (Figura 8d), el estrangulador 64 tiene una impedancia mejorada adicional en el extremo inferior del intervalo de frecuencia debido al mayor número de vueltas. En el extremo superior del intervalo de frecuencia, la impedancia se reduce un poco más, ya que la capacitancia total en paralelo al devanado aumenta de $1/25 C_{\text{vuelta}}$ a $1/22 C_{\text{vuelta}}$, pero la reducción de ruido en modo común sigue estando en un nivel aceptable.

También aquí, las vueltas de la segunda capa L_2 , es decir, las vueltas número 29 a 35, pueden disponerse en el orden

inverso al que se muestra en las Figuras 9a-9c.

Sin embargo, si el número de vueltas en la segunda capa L_2 aumenta aún más, de modo que la diferencia más alta entre los números consecutivos de una de las vueltas en la segunda capa y una de las vueltas en la sección de la primera capa sobre la que se disponen las vueltas de la segunda capa excede el 50 % del número N_1 de vueltas en la primera capa, se puede ver que la capacitancia total en paralelo al devanado alcanzará un nivel donde la impedancia en el extremo superior del intervalo de frecuencia es demasiado baja y la reducción de ruido en modo común ya no está a un nivel aceptable. Esto se ilustra en las Figuras 10a-10d que muestran un estrangulador de modo común 65 que tiene 40 vueltas dispuestas con 28 vueltas en la primera capa L_1 y 12 vueltas en la segunda capa L_2 , es decir, el mismo número de vueltas que el estrangulador de modo común 62 de las Figuras 6a-6e.

Como en las Figuras 8a-8d y 9a-9d, la vuelta número 29 se enrolla directamente alrededor de la vuelta número 28, y a continuación la vuelta número 30 alrededor de la vuelta número 27, y así sucesivamente. Por lo tanto, la segunda capa consiste en las vueltas número 29 a 40, y la sección de la primera capa sobre la que se enrolla la segunda capa de vueltas consiste en las vueltas número 17 a 28. Con $N_1 = 28$ vueltas en la primera capa y $N_2 = 12$ vueltas en la segunda capa, la relación N_2/N_1 es igual a 3/7 o 42,9 %, y la mayor diferencia entre los números consecutivos de vueltas en las dos capas dispuestas una encima de la otra es $40-17 = 23$, que corresponde al 82,1 % del número $N_1 = 28$ de vueltas en la primera capa.

Aquí, el condensador de tamaño C_{vuelta} que indica la capacitancia parásita entre el número de vuelta 40 y el número de vuelta 17 será la capacitancia dominante de la combinación de condensadores acoplados en serie/paralelo, y nuevamente la capacitancia resultante de esta combinación se puede aproximar a C_{vuelta} . Por lo tanto, la capacitancia total en paralelo al devanado W_{ab} del estrangulador de modo común 65 es una conexión en serie de 16 condensadores de tamaño C_{vuelta} y la combinación de condensadores acoplados en serie/paralelo, que como se mencionó también se aproxima a C_{vuelta} , es decir, la capacitancia total se puede calcular a $1/17 C_{\text{vuelta}}$.

Cada devanado del estrangulador de modo común 65 tiene 40 vueltas, y la inductancia L_{40} de uno de los devanados es $L_{40} = (40/28)^2 L_{28}$, mientras que la capacitancia total en paralelo al devanado como se mencionó puede aproximarse a $C_{\text{vuelta}} / 17$. Por lo tanto, la frecuencia de resonancia f_0 para el estrangulador 65 será

$$f_0(65) = \frac{1}{2\pi \sqrt{\left(\frac{1}{17} \left(\frac{40}{28}\right)^2\right) L_{28} C_{\text{vuelta}}}}$$

Esto significa que el estrangulador de modo común 64 tiene una frecuencia de resonancia que es alrededor de 0,56 veces la frecuencia de resonancia del estrangulador 52. La Figura 10d muestra la impedancia del estrangulador de modo común 65 (línea gruesa) según la frecuencia en comparación con la impedancia de los estranguladores de modo común 52 y 62 (línea delgada). Se puede observar que el estrangulador 65 tiene una impedancia mejorada adicional en el extremo inferior del intervalo de frecuencia debido al mayor número de vueltas. Por lo tanto, se logra una buena reducción de ruido en modo común en este intervalo de frecuencias. Sin embargo, como la capacitancia total en paralelo al devanado ahora se aumenta a $1/17 C_{\text{vuelta}}$, la impedancia en el extremo superior del intervalo de frecuencia se reduce a un nivel de alrededor del 63 % del nivel de impedancia correspondiente del estrangulador 52 de las Figuras 6a-6e, y la reducción de ruido en modo común ya no está a un nivel aceptable en este intervalo de frecuencia.

Sin embargo, si se necesita un mayor número de vueltas, por ejemplo, las 40 vueltas utilizadas en los estranguladores de modo común 62 y 65 mostrados en las Figuras 6a-6e y 10a-10d, para lograr una reducción de ruido de modo común suficiente en el extremo inferior del intervalo de frecuencia, la reducción de ruido de modo común en el extremo superior del intervalo de frecuencia puede mejorarse disponiendo las vueltas del estrangulador en más de dos capas, de modo que la mayor diferencia entre los números consecutivos de vueltas en las capas dispuestas una encima de la otra todavía puede mantenerse por debajo del 50 % del número N_1 de vueltas en la primera capa.

Esto se ilustra en las Figuras 11a-11d que muestran un estrangulador de modo común 66 que tiene 40 vueltas dispuestas con 28 vueltas en la primera capa L_1 , 6 vueltas en la segunda capa L_2 y 6 vueltas en una tercera capa L_3 . Por lo tanto, el estrangulador 66 tiene el mismo número de vueltas que el estrangulador de modo común 62 de las Figuras 6a-6e y el estrangulador de modo común 65 de las Figuras 10a-10d.

Como en las figuras anteriores, la vuelta número 29 se enrolla directamente alrededor de la vuelta número 28, y a continuación la vuelta número 30 alrededor de la vuelta número 27, y así sucesivamente hasta la vuelta número 34 que se enrolla alrededor de la vuelta número 23. En la tercera capa, la vuelta número 35 ahora se enrolla alrededor de la vuelta número 34 en la segunda capa, y a continuación la vuelta número 36 alrededor de la vuelta número 33, y así sucesivamente hasta la vuelta número 40 que se enrolla alrededor de la vuelta número 29. Con $N_1 = 28$ vueltas en la primera capa L_1 , $N_2 = 6$ vueltas en la segunda capa L_2 y $N_3 = 6$ vueltas en la tercera capa L_3 , las relaciones N_2/N_1 y N_3/N_1 son iguales a 6/28 o 21,4 %. Por lo tanto, solo el 21,4 % de la primera capa está cubierta por vueltas de las otras capas. La mayor diferencia entre los números consecutivos de vueltas en capas dispuestas una encima de la otra es $40-29 = 11$ y $34-23 = 11$, que corresponde al 39,3% del número $N_1 = 28$ de vueltas en la primera capa. Esto está muy por debajo del 50 % del número N_1 de vueltas en la primera capa, y como se muestra a continuación, se puede lograr

una buena reducción de ruido en modo común.

El hecho de que las vueltas de los devanados estén ahora enrolladas en tres capas significa que además de la capacitancia parásita o capacitancia perdida entre vueltas vecinas en cada capa y entre una vuelta dada en la primera capa y su vuelta vecina en la segunda capa, es decir, la vuelta por encima o por debajo de esa vuelta, ahora también habrá una capacitancia parásita entre una vuelta dada en la segunda capa y su vuelta vecina en la tercera capa. Esto se ilustra en la Figura 11c. Teóricamente, también habrá una capacitancia parásita entre una vuelta en la tercera capa y la vuelta en la primera capa dispuesta debajo de esa vuelta, por ejemplo, entre la vuelta número 35 en la tercera capa y la vuelta número 23 en la primera capa, pero debido a la mayor distancia entre estas vueltas, estas capacitancias pueden considerarse como despreciables en comparación con la capacitancia entre vueltas dispuestas directamente una encima de la otra.

Aquí, los condensadores de tamaño C_{vuelta} que indican las capacitancias parásitas entre el número de vuelta 40 y el número de vuelta 29 y entre el número de vuelta 34 y el número de vuelta 23 serán ahora las capacitancias dominantes de la combinación de condensadores acoplados en serie/paralelo, y de nuevo la capacitancia resultante de esta combinación se puede aproximar a C_{vuelta} .

Por lo tanto, la capacitancia total en paralelo al devanado W_{ab} del estrangulador de modo común 66 es una conexión en serie de 22 condensadores de tamaño C_{vuelta} y la combinación de condensadores acoplados en serie/paralelo, que como se mencionó también se aproxima a C_{vuelta} , es decir, la capacitancia total se puede calcular a $1/23 C_{\text{vuelta}}$.

Cada devanado del estrangulador de modo común 66 tiene 40 vueltas, y la inductancia L_{40} de uno de los devanados es $L_{40} = (40/28)^2 L_{28}$, mientras que la capacitancia total en paralelo al devanado como se mencionó puede aproximarse a $C_{\text{vuelta}} / 23$. Por lo tanto, la frecuencia de resonancia f_0 para el estrangulador 66 será

$$f_{0(66)} = \frac{1}{2\pi \sqrt{\left(\frac{1}{23} \left(\frac{40}{28}\right)^2\right) L_{28} C_{\text{vuelta}}}}$$

Esto significa que el estrangulador de modo común 66 tiene una frecuencia de resonancia que es alrededor de 0,65 veces la frecuencia de resonancia del estrangulador 52. La Figura 11 d muestra la impedancia del estrangulador de modo común 66 (línea gruesa) según la frecuencia en comparación con la impedancia de los estranguladores de modo común 52 y 62 (línea delgada).

Se puede observar que, en comparación con el estrangulador de modo común 52, el estrangulador 66 tiene una impedancia mejorada en el extremo inferior del intervalo de frecuencia debido al mayor número de vueltas. Por lo tanto, se logra una buena reducción de ruido en modo común en este intervalo de frecuencias. En el extremo superior del intervalo de frecuencia, la impedancia ahora solo se reduce ligeramente, ya que la capacitancia total en paralelo al devanado solo aumenta de $1/27 C_{\text{vuelta}}$ a $1/23 C_{\text{vuelta}}$. Esto significa que el estrangulador de modo común 66 tiene una buena reducción de ruido de modo común en el intervalo de frecuencia más baja, así como en el intervalo de frecuencia más alta.

Especialmente alrededor de su frecuencia de resonancia $f_{0(66)}$, el estrangulador de modo común 66 tiene una reducción de ruido de modo común que es considerablemente mejor que en el caso de los estranguladores descritos anteriormente.

También aquí, las vueltas de la segunda capa L_2 y/o la tercera capa L_3 , es decir, las vueltas número 29 a 34 y/o las vueltas número 35 a 40, pueden estar dispuestas en el orden inverso como se muestra en las Figuras 11a-11d sin cambiar la reducción de ruido de modo común esencialmente.

Como se mencionó, el estrangulador de modo común 66 tiene 40 vueltas dispuestas con 28 vueltas en la primera capa L_1 , 6 vueltas en la segunda capa L_2 y 6 vueltas en la tercera capa L_3 , y la mayor diferencia entre el número consecutivo de vueltas dispuestas en dos capas una encima de la otra es 11, que corresponde al 39,3 % del número de vueltas en la primera capa. Si se necesita un mayor número total de vueltas, se puede aumentar el número de vueltas en la segunda y/o tercera capa. Siempre que la diferencia más alta entre los números consecutivos de vueltas dispuestas en capas una encima de la otra no exceda el 50 % del número de vueltas en la primera capa, la reducción de ruido en modo común en el extremo superior del intervalo de frecuencia será aceptable. Por lo tanto, como ejemplo, el estrangulador de modo común 66 de las Figuras 11a-11d podría modificarse para tener 7 vueltas en cada una de las capas segunda y tercera sin exceder el límite del 50 %. En caso de que el número total de vueltas se incremente aún más, se podría considerar el uso de cuatro o incluso más capas.

En las realizaciones descritas anteriormente y mostradas en las Figuras 8a-8e, 9a-9d y 11a-11d, la primera capa L_1 consiste en las vueltas numeradas consecutivamente de 1 a 28 o más generalmente de 1 a N_1 , mientras que las vueltas que tienen números más altos están dispuestas en la segunda y/o tercera capa. Esto significa que cuando se fabrica el estrangulador de modo común, las primeras N_1 vueltas se enrollan directamente sobre el núcleo como la primera capa, y a continuación las vueltas de mayor número se enrollan como la segunda capa sobre la parte superior de las vueltas de la primera capa que tienen números más cercanos a N_1 , y, si es necesario, como una tercera capa

sobre la parte superior de la segunda capa. Sin embargo, las vueltas no necesariamente necesitan estar dispuestas de esta manera. Son posibles otras disposiciones, que aún garantizarán que la mayor diferencia entre los números consecutivos de vueltas dispuestas en capas una encima de la otra no exceda el 50 % del número de vueltas en la primera capa, de modo que la reducción de ruido en modo común en el extremo superior del intervalo de frecuencia será aceptable.

Como ejemplo de esto, las Figuras 12a-12d muestran un estrangulador de modo común 67 que tiene 35 vueltas dispuestas con 28 vueltas en la primera capa L_1 y 7 vueltas en la segunda capa L_2 , es decir, el mismo número de vueltas que el estrangulador de modo común 64 de las Figuras 9a-9d. Sin embargo, aquí las vueltas numeradas consecutivamente del 1 al 17 se han enrollado primero como parte de la primera capa L_1 directamente sobre el núcleo, pero a continuación, como un paso hacia atrás, las vueltas número 18 a 24 se han enrollado como la segunda capa L_2 alrededor de las vueltas número 11 a 17 en la primera capa, con la vuelta número 18 enrollándose directamente alrededor de la vuelta número 11, y a continuación la vuelta número 19 alrededor de la vuelta número 12, y así sucesivamente. Por último, se ha continuado la primera capa con las vueltas número 25 a 35. Por lo tanto, la segunda capa L_2 que consiste en las vueltas número 18 a 24 está aquí dispuesta en el centro de la primera capa L_1 que consiste en las vueltas número 1 a 17 y 25 a 35.

La Figura 12c muestra cómo las vueltas del estrangulador de modo común 67 están acopladas de manera capacitiva entre sí. Como fue el caso para el estrangulador de modo común 64 de las Figuras 9a-9d, con $N_1 = 28$ vueltas en la primera capa y $N_2 = 7$ vueltas en la segunda capa, la relación N_2/N_1 es igual a $1/4$ o 25 %. La mayor diferencia entre los números consecutivos de vueltas que están dispuestas en capas una encima de la otra es $24-11 = 13$, que corresponde al 46,4 % del número $N_1 = 28$ de vueltas en la primera capa.

De manera similar a lo anterior, la capacitancia resultante de la combinación de condensadores acoplados en serie/paralelo puede aproximarse a C_{vuelta} . Por lo tanto, la capacitancia total en paralelo al devanado W_{ab} del estrangulador de modo común 67 es una conexión en serie de 21 condensadores de tamaño C_{vuelta} y la combinación de condensadores acoplados en serie/paralelo, que como se mencionó también se aproxima a C_{vuelta} , es decir, la capacitancia total se puede calcular a $1/22 C_{\text{vuelta}}$.

Por lo tanto, cada devanado del estrangulador de modo común 67 (como fue el caso del estrangulador de modo común 64) tiene 35 vueltas, y la inductancia L_{35} de uno de los devanados es $L_{35} = (35/28)^2 L_{28}$, mientras que la capacitancia total en paralelo al devanado como se mencionó se puede aproximar a $C_{\text{vuelta}} / 22$. La frecuencia de resonancia f_0 para el estrangulador 67 será, por lo tanto, la misma que para el estrangulador 64, es decir,

$$f_0(67) = \frac{1}{2\pi \sqrt{\frac{1}{22} \left(\frac{35}{28}\right)^2 L_{28} C_{\text{vuelta}}}}$$

Esto significa que la impedancia del estrangulador de modo común 67 que se muestra en la Figura 12d es la misma que la del estrangulador de modo común 64 que se muestra en la Figura 9d. Por lo tanto, también la reducción de ruido en modo común del estrangulador de modo común 67 está en un nivel aceptable. Aunque el estrangulador de modo común 67 visto desde el exterior (véase la Figura 12a) puede parecer muy similar al estrangulador de modo común 62 (véase la Figura 6a) porque las vueltas de la segunda capa están dispuestas en el medio de la primera capa, el orden de las vueltas es muy diferente, y también lo es la reducción de ruido de modo común resultante.

También aquí, las vueltas de la segunda capa L_2 , es decir, las vueltas número 18 a 24, pueden disponerse en el orden inverso al que se muestra en las Figuras 12a-12c.

Como se mencionó anteriormente, en el estrangulador de modo común 67 que se muestra en las Figuras 12a-12c, la segunda capa L_2 que consiste en las vueltas número 18 a 24 está dispuesta en el medio de la primera capa L_1 que consiste en las vueltas número 1 a 17 y 25 a 35, de modo que las vueltas de la segunda capa L_2 se enrollan alrededor de las vueltas número 11 a 17. Sin embargo, la impedancia y, por lo tanto, también la reducción de ruido en modo común del estrangulador en modo común 67 no cambiarán si las vueltas de la segunda capa no están dispuestas en el centro de la primera capa. Por lo tanto, como ejemplos, la segunda capa podría consistir en las vueltas número 13 a 19 enrolladas alrededor de las vueltas número 6 a 12 o las vueltas número 25 a 31 enrolladas alrededor de las vueltas número 18 a 24.

Más generalmente, como se ilustra en la Figura 12e, la primera capa L_1 puede considerarse aquí como que comprende dos secciones, es decir, una primera sección que consiste en vueltas numeradas desde 1 hasta un primer número de vuelta intermedia N_a y una segunda sección que consiste en vueltas numeradas desde un segundo número de vuelta intermedio N_b hasta el número total de vueltas N , que también es aquí igual a N_1+N_2 . Naturalmente, el segundo número de vuelta intermedia N_b es mayor que el primer número de vuelta intermedia N_a . La segunda capa L_2 consiste, por lo tanto, en las N_2 vueltas del número N_a+1 a N_a+N_2 , y se enrolla alrededor de las vueltas con el número más alto de la primera sección de la primera capa, es decir, el número de vuelta N_a y los números de vuelta justo debajo del número

de vuelta N_a .

Los estranguladores de modo común 63, 63a, 64, 66 y 67 mostrados en las Figuras 8a-8h, 9a-c, 11a-c y 12a-c tienen sus devanados (W_{ab} ; W_{cd}) dispuestos sobre un núcleo toroidal (58), pero como se mencionó anteriormente, los devanados también pueden estar dispuestos en núcleos magnéticos de formas diferentes, como un núcleo de forma rectangular (como se muestra en la Figura 2b), núcleos con forma de varilla cilíndrica recta (como se muestra en la Figura 2c) u otras formas.

Los dos devanados W_{ab} y W_{cd} también pueden estar dispuestos de manera diferente entre sí en lugar de estar dispuestos simétricamente y opuestos entre sí como se muestra en las Figuras 8a-8h, 9a-c, 11a-c y 12a-c. Por lo tanto, pueden estar dispuestos más cerca entre sí, o pueden estar parcial o totalmente superpuestos. Las vueltas de los dos devanados también pueden estar intercaladas entre sí. Además, se observa que el estrangulador de modo común también puede tener más de dos devanados, por ejemplo, si el estrangulador está diseñado para usarse con una red de suministro de CA de red trifásica. En todos los casos, las vueltas de cada devanado deben disponerse como se describió anteriormente.

Además, en los estranguladores de modo común 63, 63a, 64, 66 y 67 que se muestran en las Figuras 8a-8h, 9a-c, 11a-c y 12a-c, las vueltas de las capas se enrollan con el mismo paso (u opuesto). Por lo tanto, si hay, por ejemplo, siete vueltas en la segunda capa, también habrá siete vueltas en la sección de la primera capa sobre la que se enrolla la segunda capa, lo que a menudo será el caso. Sin embargo, este no es un requisito para la invención. Las capas también se pueden enrollar con diferentes etapas. Como ejemplo, en el estrangulador 63 de las Figuras 8a-8c, la segunda capa L_2 que consiste en las cuatro vueltas número 29 a 32 podría enrollarse con un paso más alto que la primera capa L_1 , de modo que la sección de la primera capa sobre la que se enrolla la segunda capa consiste en las ocho vueltas número 21 a 28. Siempre que la diferencia entre el número más alto de vueltas en la segunda capa y el número más bajo de vueltas en la sección de la primera capa sobre la que se enrolla la segunda capa sea inferior o igual al 50 % del número de vueltas en la primera capa, la reducción de ruido en modo común será aceptable.

En otras palabras, se describe un estrangulador de modo común 63; 63a; 64; 66; 67 que comprende un núcleo magnético 58; un primer devanado W_{ab} de cable aislado que tiene una serie de vueltas enrolladas en dicho núcleo magnético; y un segundo devanado W_{cd} de cable aislado que tiene el mismo número de vueltas que el primer devanado enrollado sobre dicho núcleo magnético, donde las vueltas de cada devanado W_{ab} ; W_{cd} se numeran consecutivamente; y las vueltas de cada devanado W_{ab} ; W_{cd} están dispuestas en al menos dos capas, de las cuales una primera capa L_1 de vueltas se enrolla directamente sobre dicho núcleo magnético y una segunda capa L_2 de vueltas se enrolla alrededor de una sección de dicha primera capa. Las dos capas de cada devanado W_{ab} ; W_{cd} están dispuestas de modo que la diferencia entre el número más alto de vuelta en la segunda capa L_2 y el número más bajo de vuelta en la sección de la primera capa L_1 sobre la que se enrolla la segunda capa L_2 sea inferior o igual al 50 % del número de vueltas en la primera capa L_1 de ese devanado.

Cuando la diferencia entre el número más alto de una vuelta en la segunda capa y el número más bajo de una vuelta en la sección de la primera capa sobre la que se enrolla la segunda capa no supera el 50 % del número de vueltas en la primera capa de ese devanado, el efecto de la capacitancia parásita entre las capas se minimiza, porque las vueltas restantes de la primera capa y las capacitancias parásitas entre ellas siguen dominando en la determinación de la frecuencia de resonancia y la impedancia en el extremo superior del intervalo de frecuencias. Por lo tanto, se puede eliminar la necesidad de un núcleo más grande del estrangulador de modo común, lo que puede dar como resultado una carcasa más pequeña, más elegante y menos costosa del dispositivo donde se utiliza el estrangulador de modo común.

En una realización, la primera capa L_1 consiste en vueltas que tienen números consecutivos desde la vuelta número uno hasta el número de vueltas N_1 en la primera capa L_1 ; la segunda capa L_2 consiste en vueltas que tienen números consecutivos mayores que el número de vueltas N_1 en la primera capa L_1 ; y la sección de la primera capa L_1 sobre la que se enrolla la segunda capa L_2 comprende las vueltas numeradas más altas de la primera capa L_1 . Al disponer la segunda capa al final de la primera capa, se logra una solución práctica.

Las vueltas de la segunda capa L_2 pueden estar dispuestas con la vuelta con el número más bajo N_1+1 enrollada alrededor de la vuelta con el número más alto N_1 de la primera capa L_1 y con números que aumentan en la dirección que se aleja de esta vuelta. Alternativamente, las vueltas de la segunda capa L_2 pueden disponerse con la vuelta numerada más alta N_1+N_2 enrollada alrededor de la vuelta numerada más alta N_1 de la primera capa L_1 y con números que disminuyen en la dirección alejándose de esta vuelta.

El efecto de la capacitancia parásita entre las capas se puede minimizar aún más, y la frecuencia de resonancia y la impedancia en el extremo superior del intervalo de frecuencia se mejoran aún más, cuando las vueltas de cada devanado están dispuestas en al menos tres capas, donde una tercera capa L_3 de vueltas se enrolla alrededor de al menos una sección de dicha segunda capa L_2 .

En una realización, la primera capa L_1 comprende dos secciones de vueltas, una primera sección que consiste en vueltas que tienen números consecutivos por debajo de un primer número de vuelta intermedio N_a y una segunda sección que consiste en vueltas que tienen números consecutivos por encima de un segundo número de vuelta intermedia N_b , donde dicho segundo número de vuelta intermedia N_b es más alto que dicho primer número de vuelta

intermedia N_a ; la segunda capa L_2 consiste en vueltas que tienen números consecutivos entre dicho primer número de vuelta intermedia N_a y dicho segundo número de vuelta intermedia N_b ; y la sección de la primera capa L_1 sobre la que se enrolla la segunda capa L_2 comprende las vueltas numeradas más altas de la primera sección de la primera capa L_1 . De esta manera, la segunda capa de vueltas se puede colocar en una posición arbitraria sobre la primera capa.

5 En una realización, la sección de la primera capa L_1 sobre la que se enrolla la segunda capa L_2 tiene el mismo número N_2 de vueltas que la segunda capa L_2 .

10 El núcleo magnético 58 sobre el que se enrollan las vueltas de los devanados W_{ab} ; W_{cd} puede ser un núcleo toroidal. Este tipo de núcleo está disponible en muchos proveedores diferentes. En ese caso, los devanados W_{ab} ; W_{cd} pueden estar dispuestos simétricamente sobre dicho núcleo toroidal 58 y separados entre sí. Esto aumenta el flujo de fuga entre los dos devanados, y la inductancia de fuga resultante asegurará que el estrangulador de modo común también tenga alguna impedancia de modo diferencial, que puede proporcionar una cierta supresión de modo diferencial también a frecuencias más altas.

15 Aunque se han descrito y mostrado varias realizaciones de la presente invención, la invención no se limita a las mismas, sino que también se puede realizar de otras maneras dentro del alcance de la materia definida en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un estrangulador de modo común (63; 63a; 64; 66) que comprende:

- un núcleo magnético (58);
- un primer devanado (W_{ab}) de cable aislado que tiene una cantidad de vueltas enrolladas en dicho núcleo magnético; y
- un segundo devanado (W_{cd}) de cable aislado que tiene el mismo número de vueltas que el primer devanado enrollado sobre dicho núcleo magnético,

donde

- las vueltas de cada devanado (W_{ab} ; W_{cd}) están numeradas consecutivamente; y
- las vueltas de cada devanado (W_{ab} ; W_{cd}) están dispuestas en al menos dos capas, de las cuales una primera capa (L_1) de vueltas se enrolla directamente sobre dicho núcleo magnético y una segunda capa (L_2) de vueltas se enrolla alrededor de una sección de dicha primera capa,

caracterizada por que

- la primera y segunda capas de cada devanado (W_{ab} ; W_{cd}) están dispuestas de tal manera que la diferencia entre el número más alto de una vuelta en la segunda capa (L_2) y el número más bajo de una vuelta en la sección de la primera capa (L_1) sobre la que se enrolla la segunda capa (L_2) es inferior o igual al 50 % del número de vueltas en la primera capa (L_1) de ese devanado;
- la primera capa (L_1) consiste en vueltas que tienen números consecutivos desde la vuelta número uno hasta el número de vueltas (N_1) en la primera capa (L_1);
- la segunda capa (L_2) consiste en vueltas que tienen números consecutivos mayores que el número de vueltas (N_1) en la primera capa (L_1); y
- la sección de la primera capa (L_1) sobre la que se enrolla la segunda capa (L_2) comprende las vueltas numeradas más altas de la primera capa (L_1).

2. Un estrangulador de modo común según la reivindicación 1, caracterizado por que las vueltas de la segunda capa (L_2) están dispuestas con la vuelta numerada más baja (N_1+1) enrollada alrededor de la vuelta numerada más alta (N_1) de la primera capa (L_1) y con números aumentando en la dirección que se aleja de esta vuelta.

3. Un estrangulador de modo común según la reivindicación 1, caracterizado por que las vueltas de la segunda capa (L_2) están dispuestas con la vuelta numerada más alta (N_1+N_2) enrollada alrededor de la vuelta numerada más alta (N_1) de la primera capa (L_1) y con números que disminuyen en la dirección que se aleja de esta vuelta.

4. Un estrangulador de modo común según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que las vueltas de cada devanado están dispuestas en al menos tres capas, donde una tercera capa (L_3) de vueltas está enrollada alrededor de al menos una sección de dicha segunda capa (L_2).

5. Un estrangulador de modo común (67) que comprende:

- un núcleo magnético (58);
- un primer devanado (W_{ab}) de cable aislado que tiene una cantidad de vueltas enrolladas en dicho núcleo magnético; y
- un segundo devanado (W_{cd}) de cable aislado que tiene el mismo número de vueltas que el primer devanado enrollado sobre dicho núcleo magnético,

donde

- las vueltas de cada devanado (W_{ab} ; W_{cd}) están numeradas consecutivamente; y
- las vueltas de cada devanado (W_{ab} ; W_{cd}) están dispuestas en al menos dos capas, de las cuales una primera capa (L_1) de vueltas se enrolla directamente sobre dicho núcleo magnético y una segunda capa (L_2) de vueltas se enrolla alrededor de una sección de dicha primera capa,

caracterizada por que

- la primera y segunda capas de cada devanado (W_{ab} ; W_{cd}) están dispuestas de tal manera que la diferencia entre el número más alto de una vuelta en la segunda capa (L_2) y el número más bajo de una vuelta en la sección de la

primera capa (L_1) sobre la que se enrolla la segunda capa (L_2) es inferior o igual al 50 % del número de vueltas en la primera capa (L_1) de ese devanado;

- 5
 - la primera capa (L_1) comprende dos secciones de vueltas, una primera sección que consiste en vueltas que tienen números consecutivos por debajo de un primer número de vuelta intermedia (N_a) y una segunda sección que consiste en vueltas que tienen números consecutivos por encima de un segundo número de vuelta intermedia (N_b), donde dicho segundo número de vuelta intermedia (N_b) es más alto que dicho primer número de vuelta intermedia (N_a);
 - la segunda capa (L_2) consiste en vueltas que tienen números consecutivos entre dicho primer número de vuelta intermedia (N_a) y dicho segundo número de vuelta intermedia (N_b); y
 - 10
 - la sección de la primera capa (L_1) sobre la que se enrolla la segunda capa (L_2) comprende las vueltas numeradas más altas de la primera sección de la primera capa (L_1).

6. Un estrangulador de modo común según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que la sección de la primera capa (L_1) sobre la que se enrolla la segunda capa (L_2) tiene el mismo número (N_2) de vueltas que la segunda capa (L_2).

- 15
 - 7. Un estrangulador de modo común según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que dicho núcleo magnético (58) sobre el que se enrollan las vueltas de los devanados (W_{ab} ; W_{cd}) es un núcleo toroidal.

8. Un estrangulador de modo común según la reivindicación 7, caracterizado por que los devanados (W_{ab} ; W_{cd}) están dispuestos simétricamente sobre dicho núcleo toroidal (58) y separados entre sí.

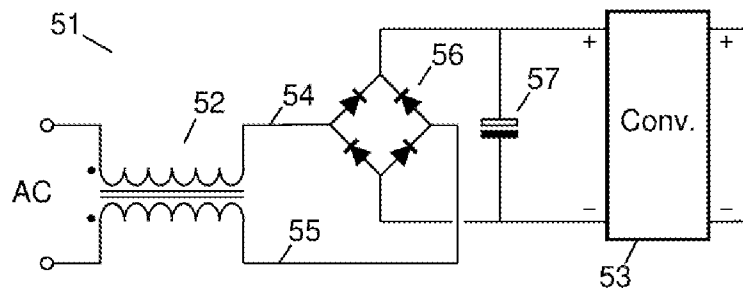


Fig. 1

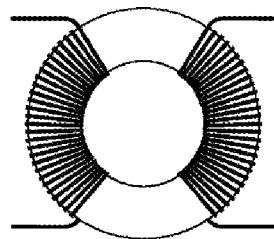


Fig. 2a

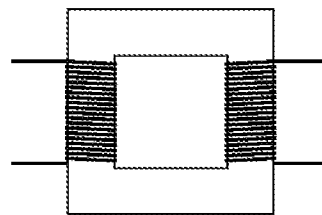


Fig. 2b

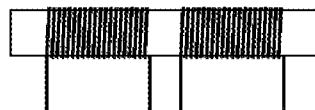


Fig. 2c

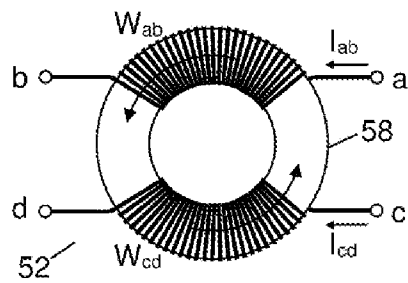


Fig. 3a

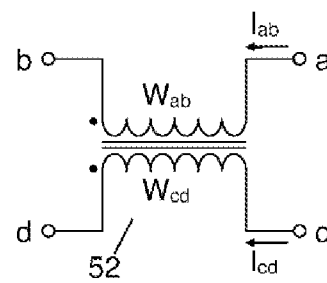


Fig. 3b

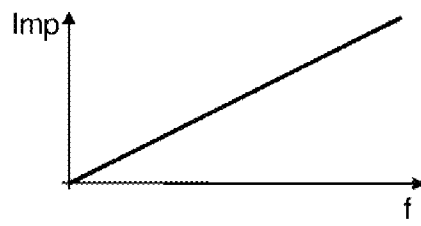


Fig. 4a

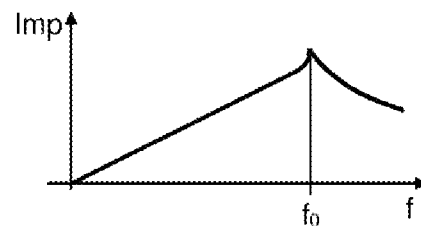


Fig. 4b

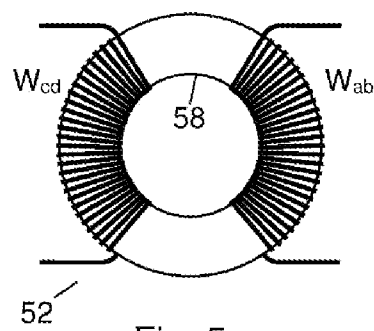


Fig. 5a

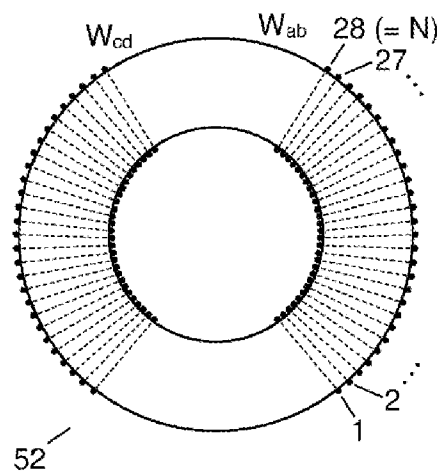


Fig. 5b

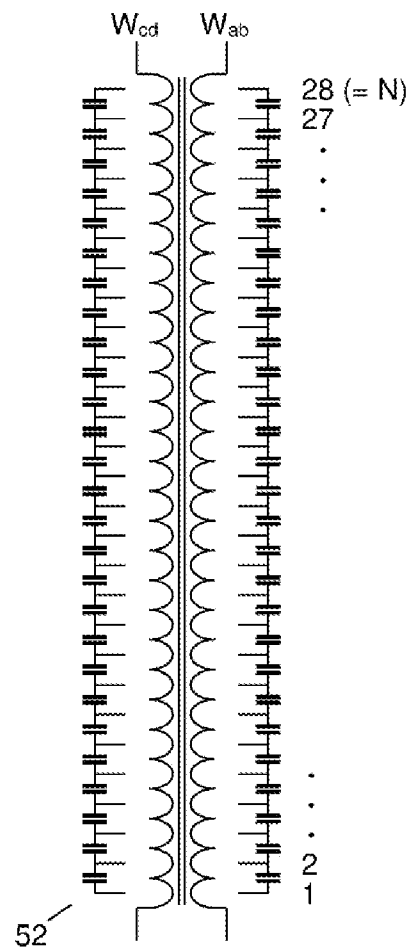


Fig. 5c

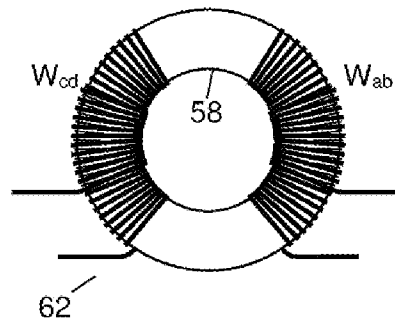


Fig. 6a

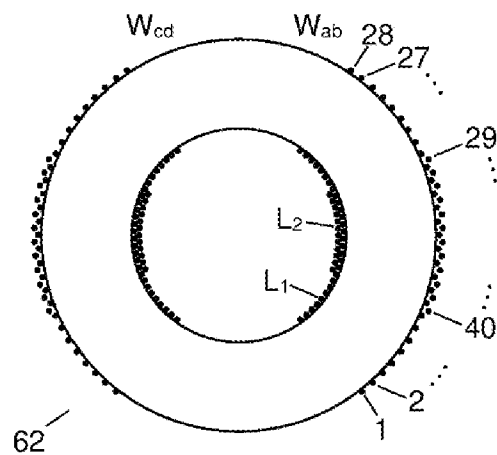


Fig. 6b

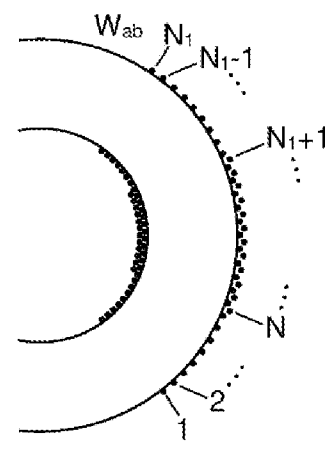


Fig. 6c

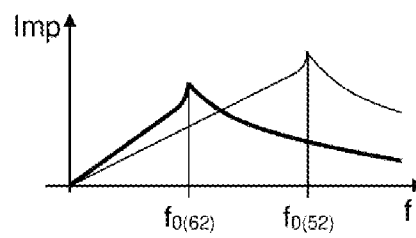


Fig. 6e

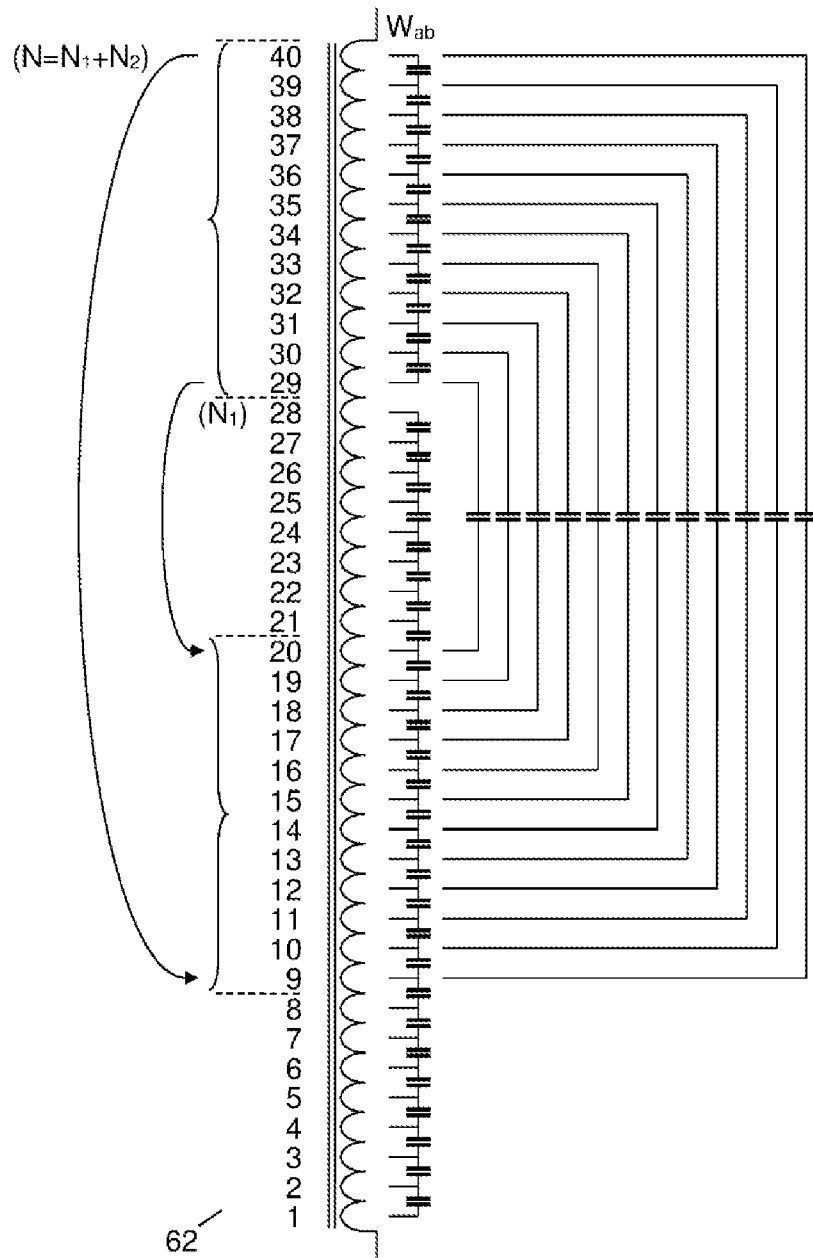


Fig. 6d

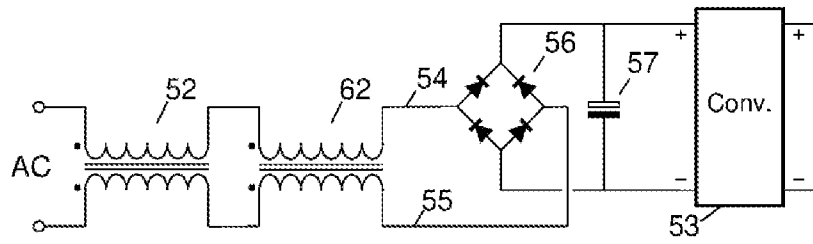


Fig. 7

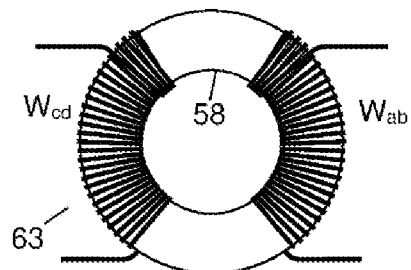


Fig. 8a

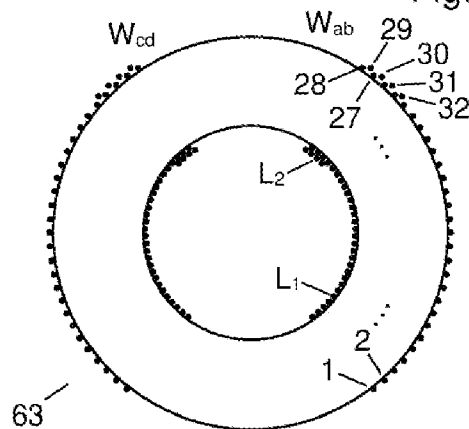


Fig. 8b

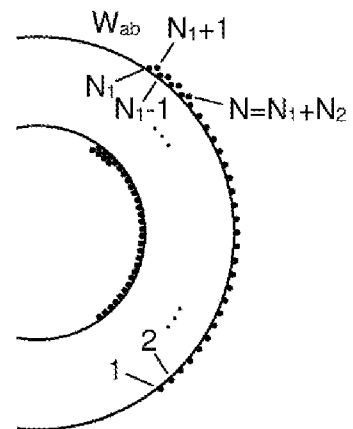


Fig. 8e

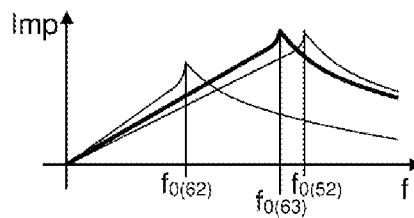


Fig. 8d

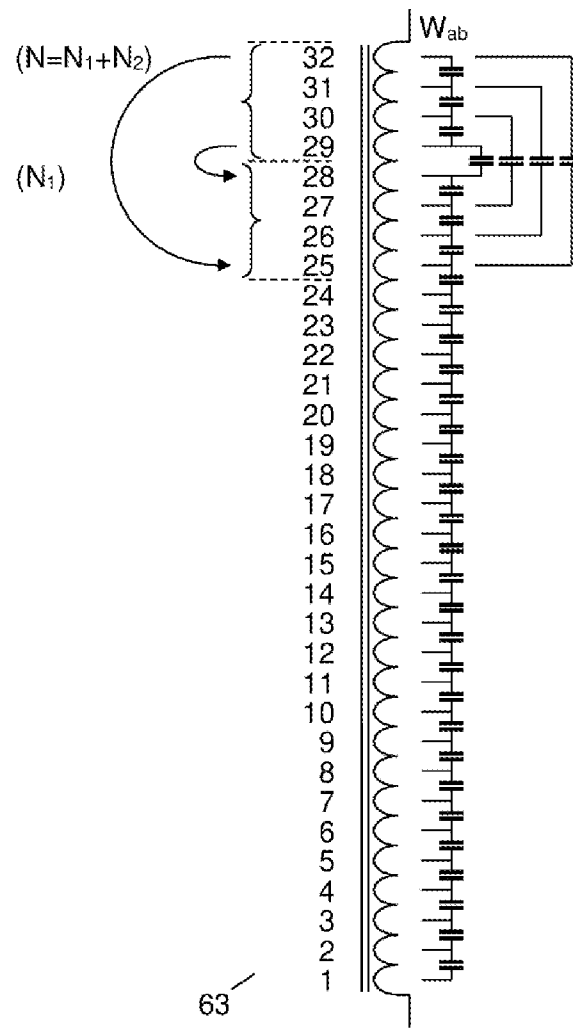
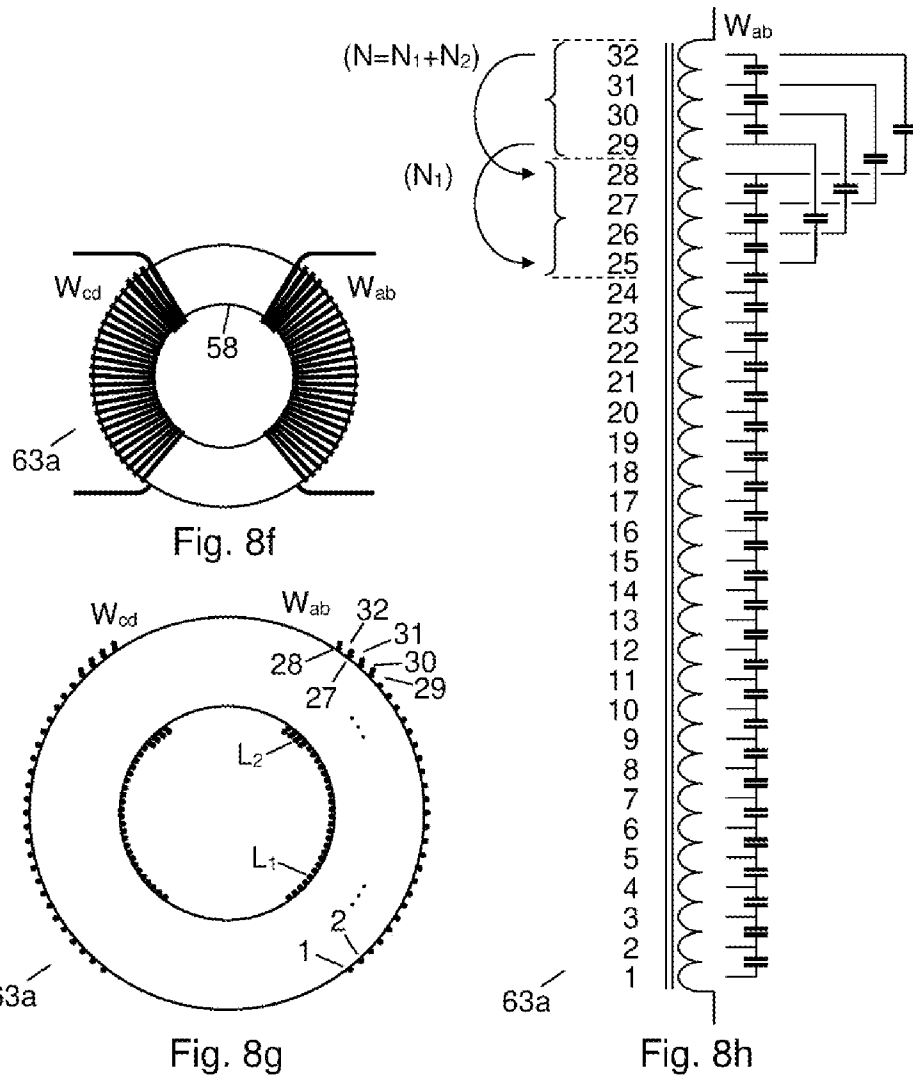


Fig. 8c



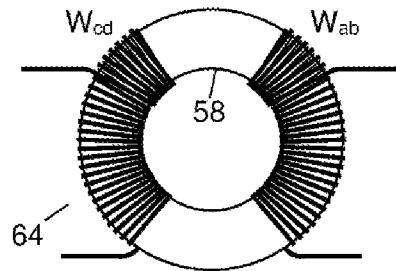


Fig. 9a

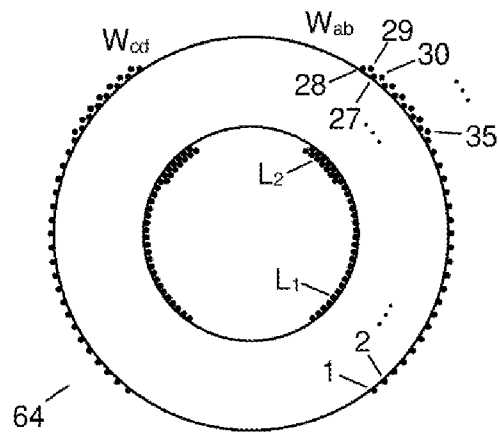


Fig. 9b

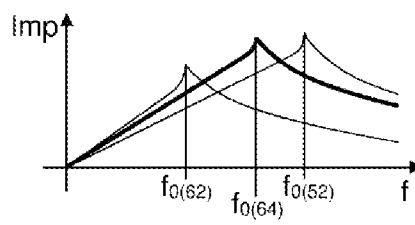


Fig. 9d

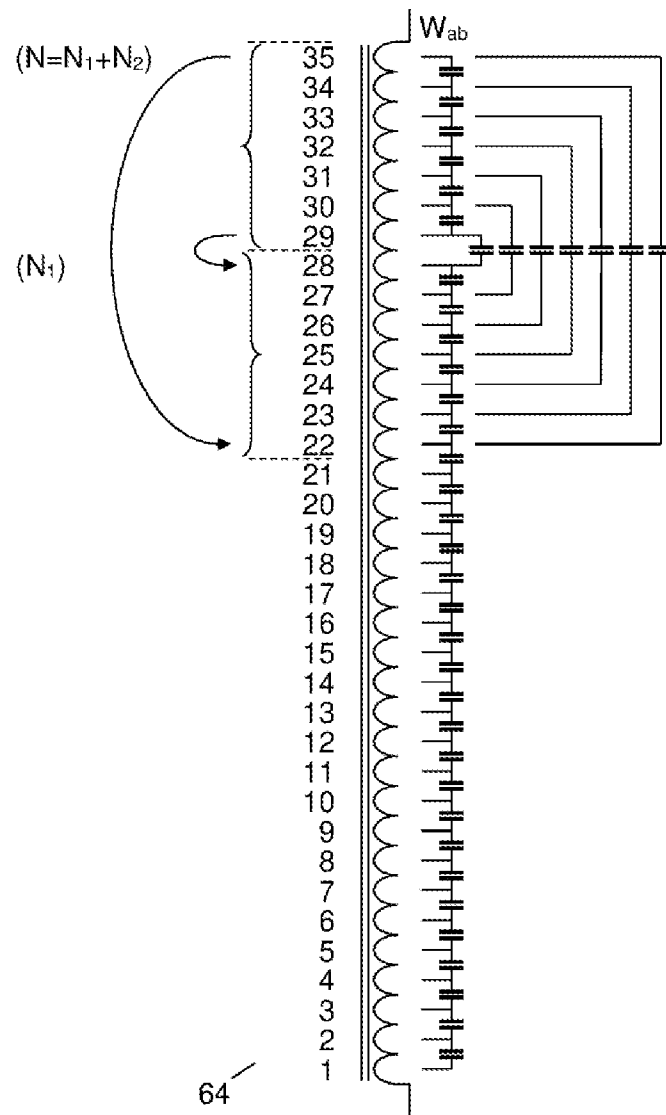


Fig. 9c

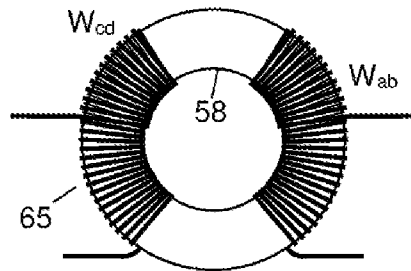


Fig. 10a

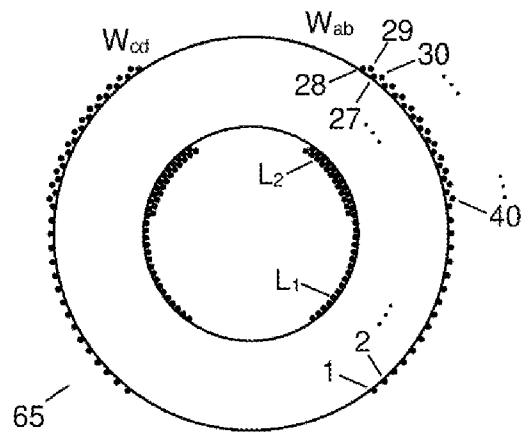


Fig. 10b

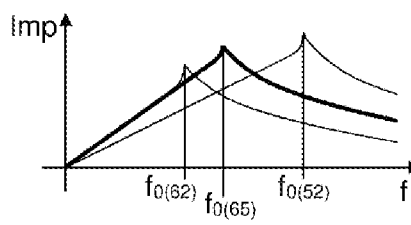


Fig. 10d

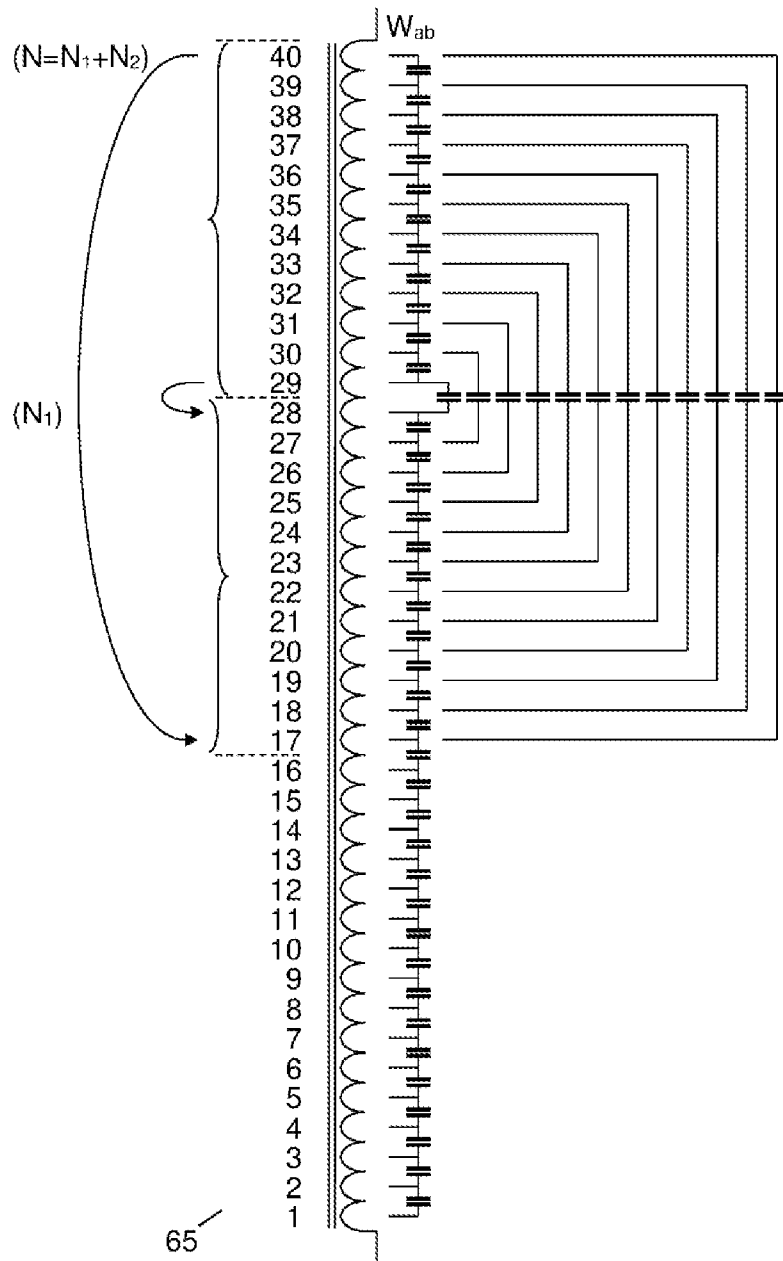


Fig. 10c

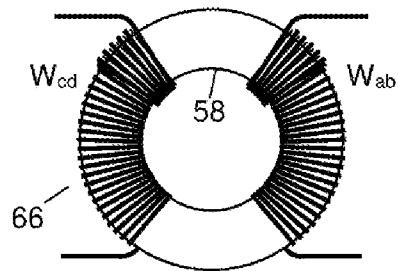


Fig. 11a

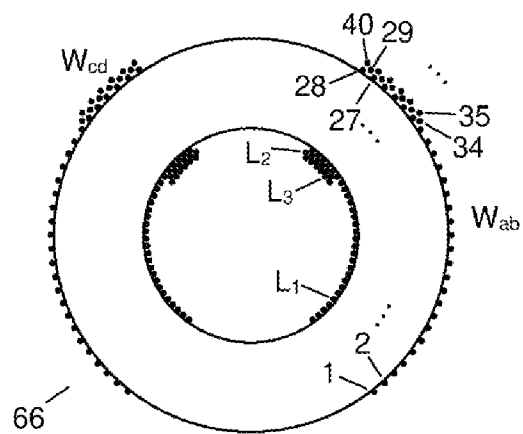


Fig. 11b

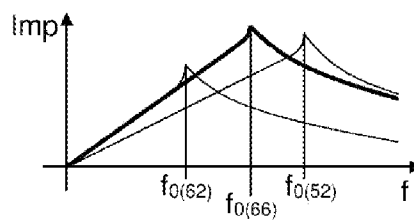


Fig. 11d

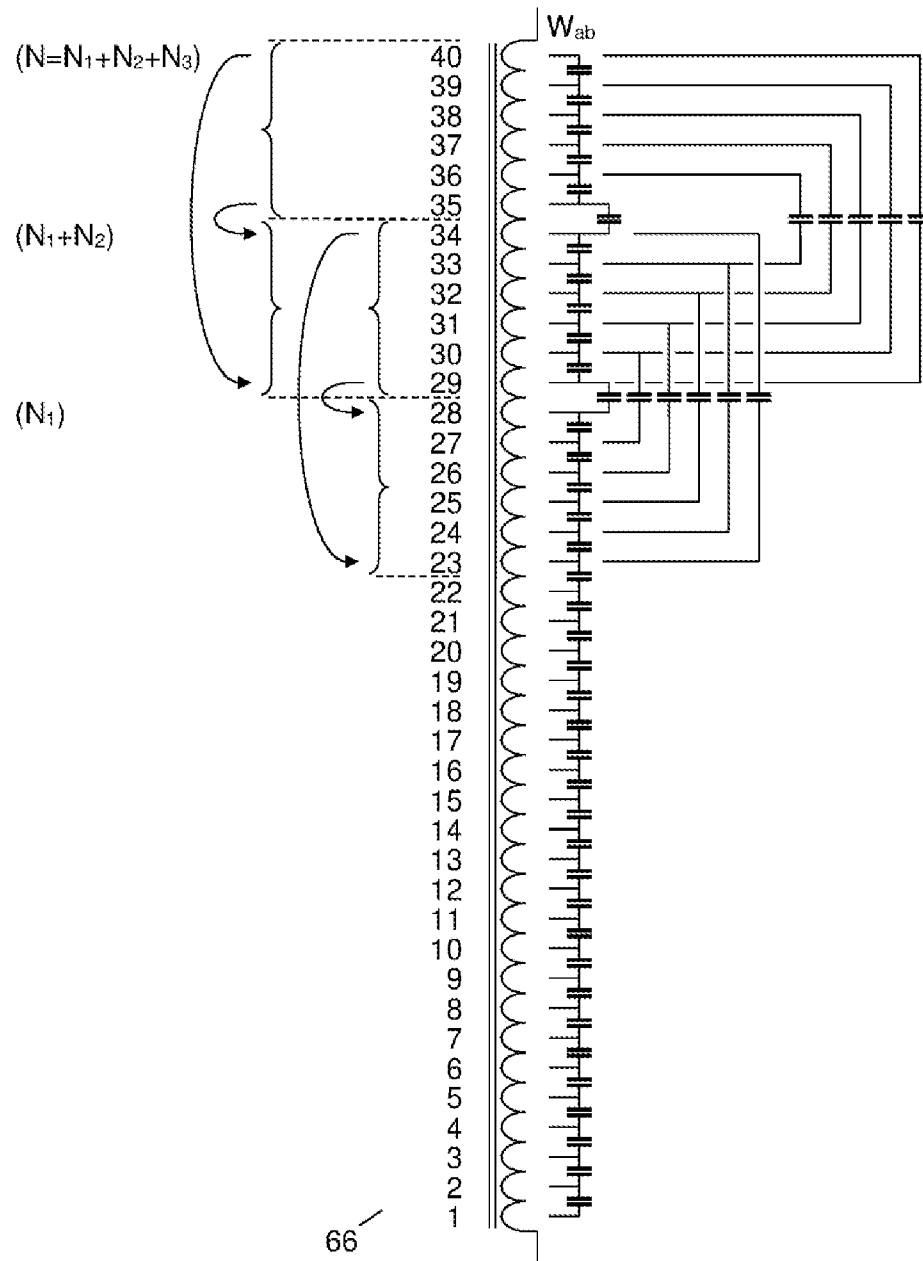


Fig. 11c

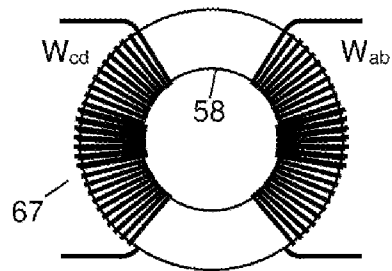


Fig. 12a

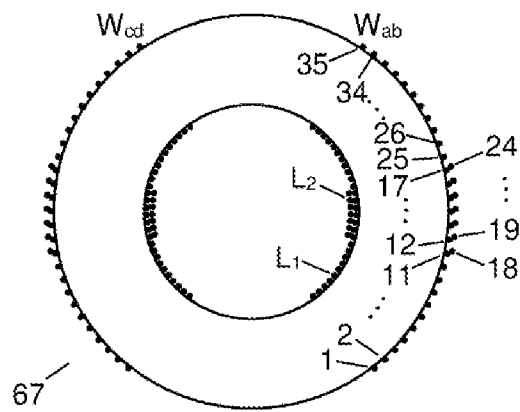


Fig. 12b

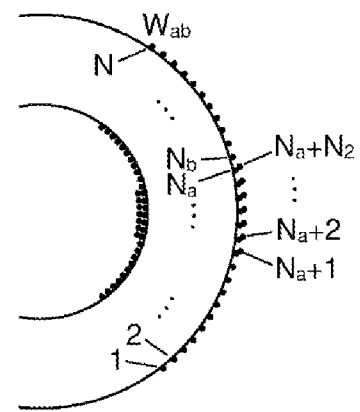


Fig. 12e

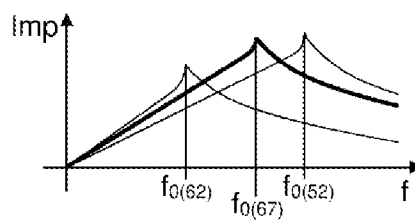


Fig. 12d

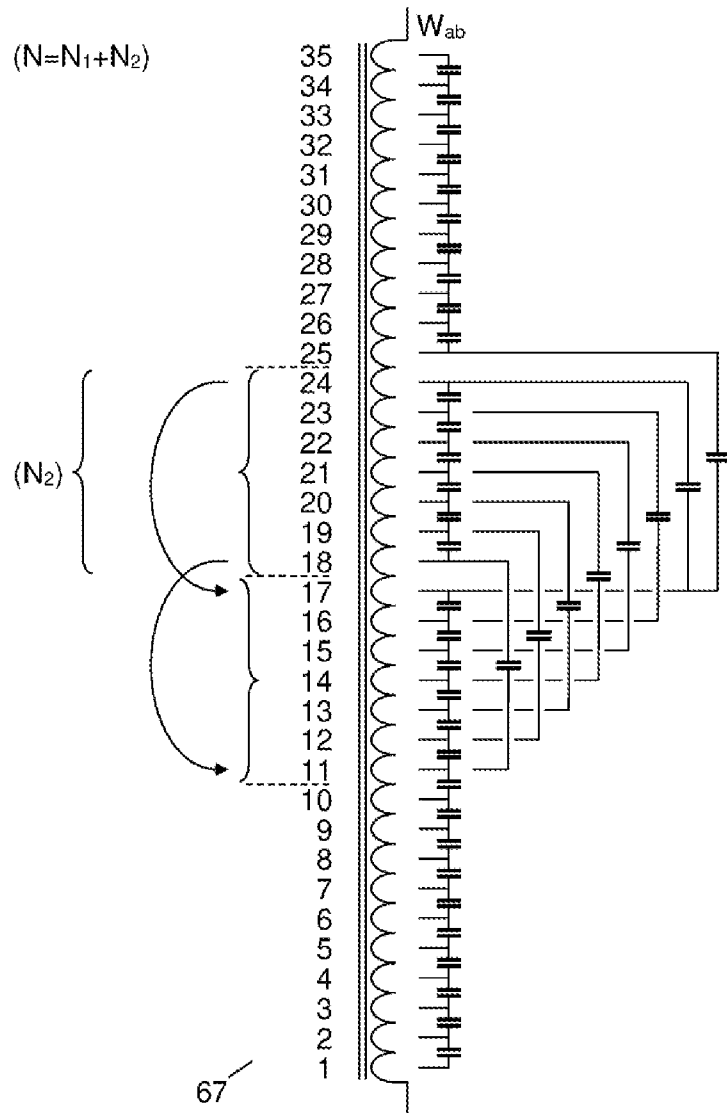


Fig. 12c