

7.- PROTOTIPO P-2

7.1.- DEFINICIÓN

Se elige un transformador de dimensiones considerables para utilizarlo como transformador de intensidad.

El transformador elegido es un transformador de geometría toroidal porque permite una gran simetría. Su rendimiento es superior en un 40% respecto a los de plancha apilada. Es susceptible de ser construido con núcleo de ferrita y la distribución del primario sobre el núcleo magnético puede construirse uniformemente.

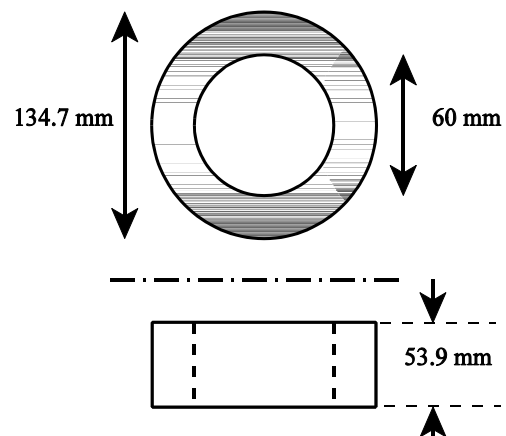
Dimensiones y características del transformador utilizado:

Transformador Superomega 40 V - 220W
Tipo: CS-22040 50-60 Hz Intelecsa BCN

Primario: 1.25 A - 220 V
Secundario: 5.5 A - 40 V

Número de espiras del devanado de baja: 190

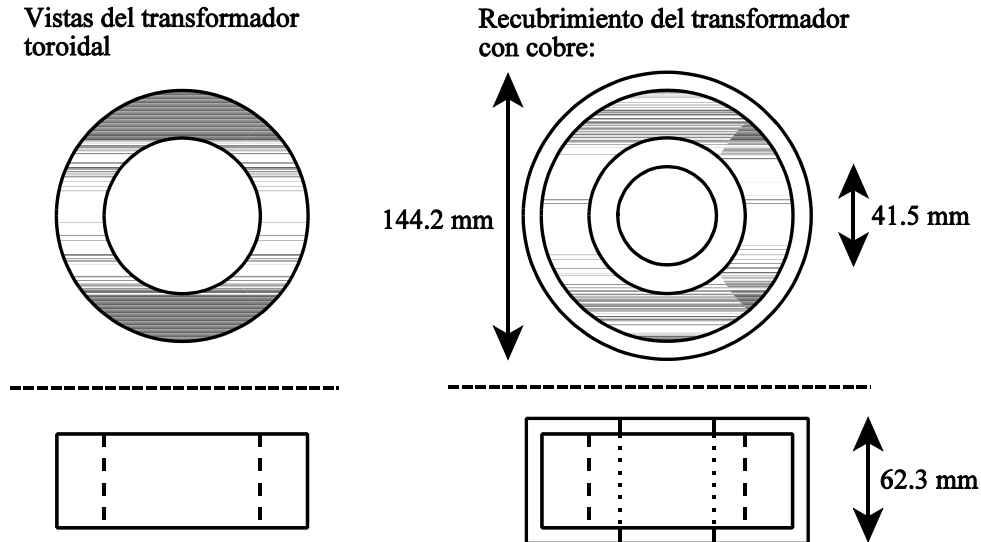
Relación de transformación 11/84



Dibujo 7.1: Dimensiones del transformador

Ambos devanados pasarán a formar parte de lo que llamaremos inductor primario, en el que inyectaremos corriente por uno u otro y así inducir una intensidad de corriente por la espira singular que formará el inductor secundario.

El transformador lo recubriremos totalmente con una capa metálica de cobre de 1.5 mm de espesor que pasará a formar lo que llamaremos inductor secundario, cuyas corrientes deberán originar unas fems en el rotor. El movimiento del rotor será posible si la interacción entre las corrientes del inductor secundario y las del rotor son adecuadas.



Dibujo 7.2: Transformador de intensidad y su recubrimiento

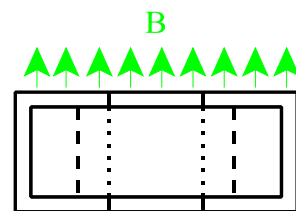
De esta forma, si conectamos sólo una de las entradas del transformador, el secundario será el propio recubrimiento de cobre del transformador, equivalente a una sola espira en cortocircuito.

El transformador se recubre totalmente con plancha de cobre de 1.5 mm de espesor. Este recubrimiento se desglosa en tres partes, los tramos con geometría cilíndrica (uno interior y otro exterior), y dos elementos planos circulares, en forma de disco, que sirven para cerrar el conjunto. De los dos planos circulares, el superior se utilizará para crear unos caminos de corrientes, definiendo unos cortes en el mismo. A este plano circular con caminos de corriente definidos, se le llamará a partir de ahora plano de corrientes inductoras o plano activo.

Si se aplica una tensión a uno de los devanados del transformador, el recubrimiento de cobre actúa como una espira en cortocircuito y por ella empezará a pasar corriente. Teniendo en cuenta la relación de transformación, y la baja resistencia del recubrimiento, la intensidad que teóricamente debe circular, será sumamente elevada, solo limitada por la impedancia de la citada lámina, y por la potencia que pueda transmitirle el núcleo magnético desde el inductor primario..

La intensidad del plano de corrientes inducidas, se intentará utilizar o manipular para obtener un campo magnético giratorio similar al producido en cualquier motor de flujo axial. También se pretende obtener el efecto de las espiras de sombra. Esto, si fuese posible, significaría una notable simplificación constructiva.

La idea inicial es utilizar el campo magnético variable creado por las corrientes inducidas en el plano activo:



Dibujo 7.3: Campo magnético que se quiere utilizar.

7.2.- PROPUESTA DE CAMINO DE CORRIENTE

La intensidad inducida en el plano activo, se encontrará toda ella en fase, ya que la genera una única fuente; el transformador toroidal conectado en monofásico. Por lo tanto será preciso orientar la densidad de corriente de la placa para poder obtener el efecto buscado.

Los caminos obligados a la corriente se producen por cortes sobre el plano de corrientes inducidas. Estos cortes son de 0.5 mm de espesor y, por lo tanto en buena aproximación, se puede indicar que los conductores se comportan como planchas en las que hay densidades superficiales de corriente, capas de corriente.



Foto 30: Fotografía del primer plano activo. Se observa los cortes que definen los caminos de corriente.

Sería interesante poder observar si se generaría un campo magnético giratorio, en sentido horario o antihorario, que pudiese utilizarse para mover un rotor de disco.

Con esta intención se dibuja, sobre una de las placas circulares del recubrimiento de cobre, unos posibles caminos por los que se supone circulará la corriente. Esta placa con caminos marcados es la que se definió como plano activo. La interacción de las corrientes que circulan por el plano activo con las inducidas sobre el rotor han de originar el par útil del prototipo.



Foto 31: Plano circular inferior. No es un plano activo. Está soldado con estaño a los tramos cilíndricos

El prototipo P-1 se definió con cuatro pares de polos. Por continuar con la misma filosofía, se realiza un esquema que pueda dar lugar a una distribución equivalente a esos cuatro pares de polos:

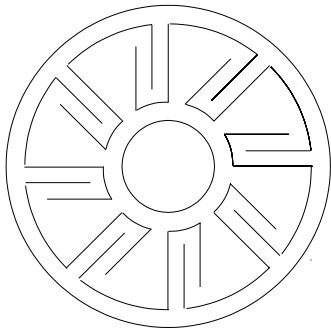


figura 7.4: Forma en la que queda la cara útil. Se observa los ocho polos.

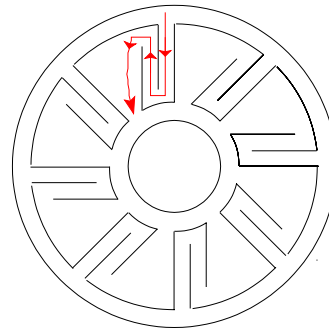


figura 7.5: Esquema de caminos forzados a la corriente sobre la cara útil en un cierto instante.

En la figura podemos suponer que la intensidad de corriente en un instante concreto pueda circular desde el exterior al interior teniendo que seguir el camino en zig-zag que el dibujo presenta.

La asimetría en forma de triángulos, es para intentar producir un efecto similar a la espira de sombra, de los motores monofásicos.

Aunque no se consiga la rotación, se trata de solucionar, en lo posible, todos los problemas constructivos, de aislamiento, refrigeración y medida que esta nueva geometría conlleva.

7.3.- ENSAYOS

7.3.1.- PRUEBAS EXPERIMENTALES

Se coloca un rotor conductor en forma de disco y de muy bajo peso. Prácticamente es una hoja de papel de aluminio de 0.05 mm de grueso. Se es consciente de que un rotor de este estilo no puede trabajar con carga. Pero es que sólo se desea observar si efectivamente hay interacción entre corrientes.

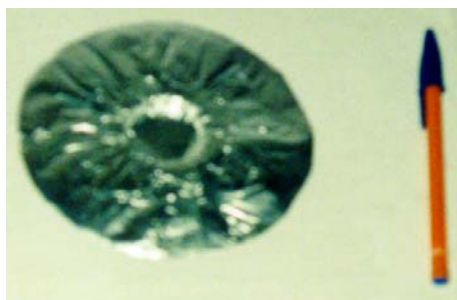


Foto 32: Muestra de primer tipo de rotor utilizado con los transformadores de intensidad. Su elevada resistividad le hizo inadecuado para su utilización como rotor.

Se conecta el bobinado de alta del transformador a un varivolt. Se eleva la tensión hasta el valor nominal (220 V). No se observa ninguna intención de movimiento sobre el rotor. Se conecta ahora el bobinado de baja del transformador. Se eleva la tensión hasta el valor nominal (40 V). En esta ocasión tampoco se observa intención de movimiento sobre el rotor.

Por otro lado se comprueba un calentamiento del recubrimiento de cobre, hecho que evidencia cualitativamente que se han superado los 40 A/mm^2 . El plano activo es el que más se calienta, debido a que es en él donde la densidad de corriente es más elevada..

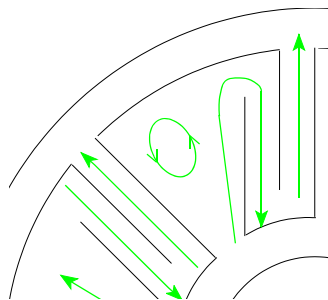
Se cambia de rotor y se utilizan otros, uno con forma de casquete esférico -sus dimensiones se adaptan a la geometría del transformador- otro plano y circular de algo menos de 1 mm de espesor. Con ninguno de ellos se observa intención alguna de movimiento.

El rozamiento de estos rótores con el transformador es elevado. Se plantea la posibilidad de utilizar un colchón de aire para ver si efectivamente hay posibilidades de interacción entre las corrientes de la cara útil -primer inducido- y las del rotor -segundo inducido-.

De cualquier forma, antes de iniciar la construcción de ese colchón de aire, se realiza un breve estudio teórico de lo que ocurre:

7.3.2.- ESTUDIO TEÓRICO

La suposición de partida es que a bajos valores de intensidad, el camino sea mejor por ser de menor impedancia. A medida que crece el flujo magnético Φ , se centra en la parte triangular de los caminos de corriente, debido a la circulación de la intensidad de espira de sombra:



Dibujo 7.6: Suposición de caminos de corriente.

Supongamos que se toma un cuarto del disco (un cuadrante), y visto desde el eje del cilindro, miramos las distribuciones superficiales de corriente para observar el tipo de campo magnético que crearía:

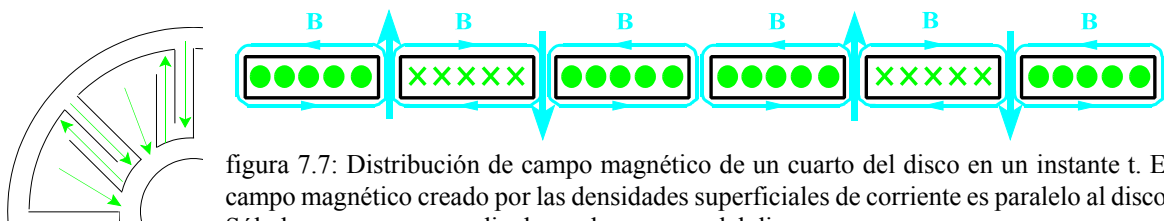


figura 7.7: Distribución de campo magnético de un cuarto del disco en un instante t. El campo magnético creado por las densidades superficiales de corriente es paralelo al disco. Sólo hay campo perpendicular en las ranuras del disco.

La figura anterior muestra la distribución de campo magnético en un cierto instante. En un tiempo posterior, diferente sólo en un dt , la densidad de corriente inducida será ligeramente superior o inferior en valor, pero la dirección y sentido del campo magnético no habrá variado.

Pero esto no es siempre así. En el instante en el que la densidad de corriente pasa de un valor positivo a negativo, o viceversa, el campo magnético cambia de orientación:

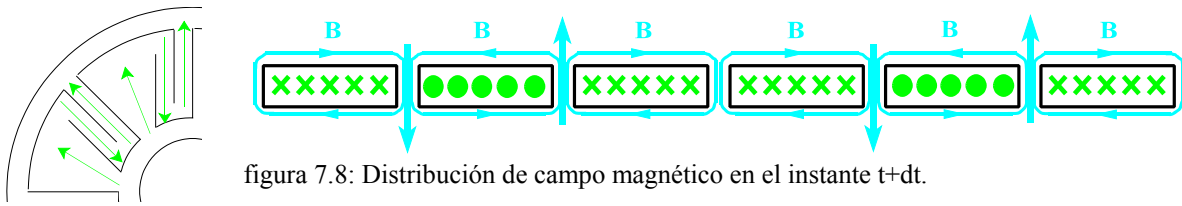
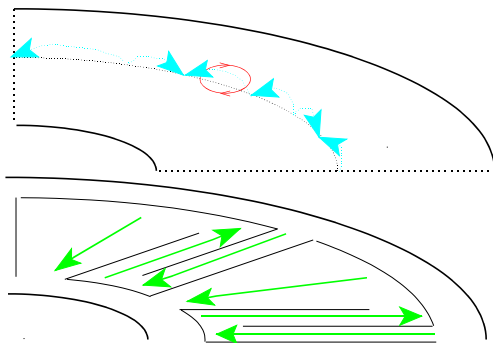


figura 7.8: Distribución de campo magnético en el instante $t+dt$.

7.4.- CONCLUSIONES

- Esta estructura magnética resulta especialmente adecuada, permite disponer de planos activos con corrientes muy importantes sin los efectos secundarios de las conexiones: pueden conseguirse simetrías con tolerancia mecánica muy baja al utilizar técnicas de CAD-CAM.
- Se han solucionado correctamente todas las problemáticas de soldadura, aislamiento y absorción de dilataciones.
- Esta estructura permite además grandes economías de escala, si se fabrica en serie, en procesos de inyección de aluminio, que permiten adoptar las formas con las que se trata.
- Al partir de una sola fase, el campo magnético resultante es pulsante. No se obtiene campo magnético giratorio apreciable.
- Las líneas de campo magnético son prácticamente paralelas al plano activo y no perpendiculares. Por lo tanto, si tenemos un rotor conductor, las corrientes inducidas sobre éste serán muy débiles, y, el tipo de corrientes inducidas que en base a la ley de Lenz se opondrían al cambio de flujo magnético, serían corrientes perpendiculares al plano del rotor:

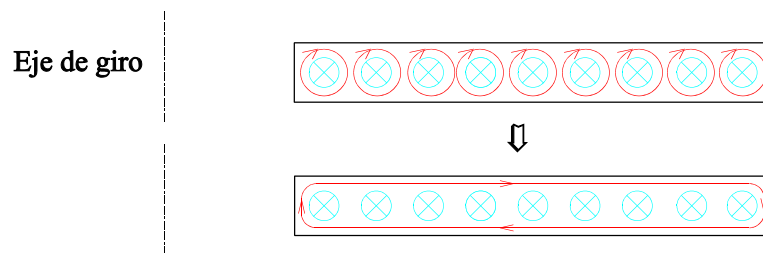


Dibujo 7.9.

Arriba: Campos magnéticos en el rotor. Si el campo está disminuyendo, se generarán corrientes inducidas como la señalada en rojo. Esta corriente se opone a la disminución de flujo magnético.

Abajo: Distribución de corrientes en el plano activo.

En la figura 7.10 se muestra las corrientes inducidas en el rotor al disminuir el flujo de campo magnético a su través. Las corrientes inducidas macroscópicamente serían corrientes radiales desde dentro hacia afuera por la superficie del mismo:



Dibujo 7.10: Distribución de corrientes inducidas en el rotor metálico.

El efecto del plano activo es de apantallamiento del campo magnético de dispersión del transformador toroidal.

No se observan efectos de espiras de sombra. No aparece fenómeno alguno de desfase de intensidades que sean equivalentes a un campo magnético giratorio.

El rotor debe tener espesor, de lo contrario, la resistencia equivalente del rotor sería demasiado alta y las corrientes inducidas se hacen despreciables. Por otro lado, no hay que dar un grosor exagerado, ya que de esta forma el peso del rotor sería demasiado elevado y la interacción entre las corrientes del inductor primario y las del inductor secundario no podrían desplazar el rotor. Es preciso un compromiso entre la masa que tendrá el rotor y el espesor de éste, para llegar a una solución intermedia.

Este prototipo ha permitido solucionar varios temas constructivos aunque no haya girado, como ya cabía esperar. Se intentará realizar alguna variación para evitar alguno de los problemas que han surgido.

Proceso constructivo a seguir:

- Para evitar que el campo magnético que observe el rotor sea paralelo al plano activo, se diseñará otra placa circular (plano activo n° 2) en la que aparecerán ventanas, esto es, la densidad de corriente inducida se volverá a intentar orientar con caminos eléctricos predefinidos, pero esta vez entre los caminos eléctricos no habrá únicamente un corte de 0.5 mm, sino que habrá una separación apreciable para que el flujo magnético no quede apantallado sino que pueda llegar al rotor.
- Se definirá un recorrido para la corriente inducida, para intentar conseguir un desfase en el campo magnético del segundo inductor o inductor secundario. Se pretende producir el efecto de espira de sombra.