

Transformación de un Motor de 15 Cv

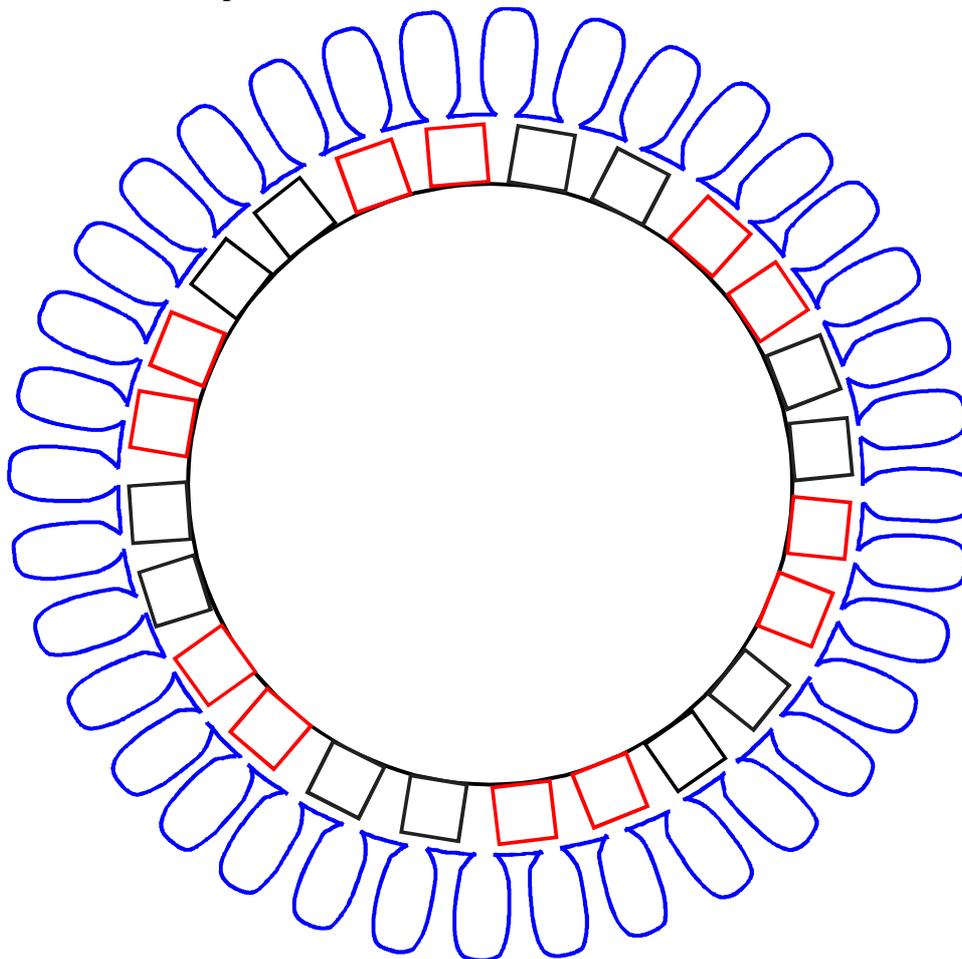
Las características de este motor son:

Longitud de rotor y estator: 200 mm.
Diámetro de rotor y estator:130 mm.
Número de dientes de hierro.....36

El rotor se deberá rebajar hasta un diámetro de $130 - 25 = 105$ mm. Aunque en la circunferencia del rotor caben 36 imanes de 10 mm. de ancho y 10 mm. de grosor, solo pondremos 24. Si se pusieran los 36 imanes, se quedarían totalmente enfrentados a los 36 dientes del estator y aparecería el fenómeno del “cogging”, esto es, el generador giraría paso a paso y se necesitaría mucha fuerza para que empezara a girar. Como el largo del imán es de 40 mm. cabrán 5 imanes en la longitud del rotor. El total de imanes del rotor será pues $24 \times 5 = 120$ imanes de $40 \times 10 \times 10$.

Se hará un bobinado trifásico, y en zig-zag, por un agujero de cada tres, dejando por tanto dos agujeros libres para los otros dos bobinados. Por comodidad en el bobinado se usarán 54 cables de 1 mm. de diámetro. La longitud de cada cable es de 4 metros. Los imanes se agruparan de dos en dos con el mismo polo magnético. En el siguiente dibujo se ve la distribución de los imanes con sus polos en una circunferencia del rotor.

En rojo son los imanes cuyo polo Norte se dirige hacia los dientes de hierro, y en negro los imanes con el polo Sur hacia los dientes de hierro.



Bobinado del estator del motor

Para el bobinado de un motor eléctrico y reconvertirlo en generador hay que tener en cuenta varios factores:

- la longitud de cada agujero del estator: esta magnitud determina la longitud total de cada hilo de cobre
- el tamaño o sección de dicho agujero: esta magnitud determina el número de hilos de cobre que caben dentro del agujero
- la separación entre agujeros: esta magnitud determina la forma del bobinado, esto es, la anchura de la bobina o el número de agujeros intermedios que dejaremos para los otros bobinados.

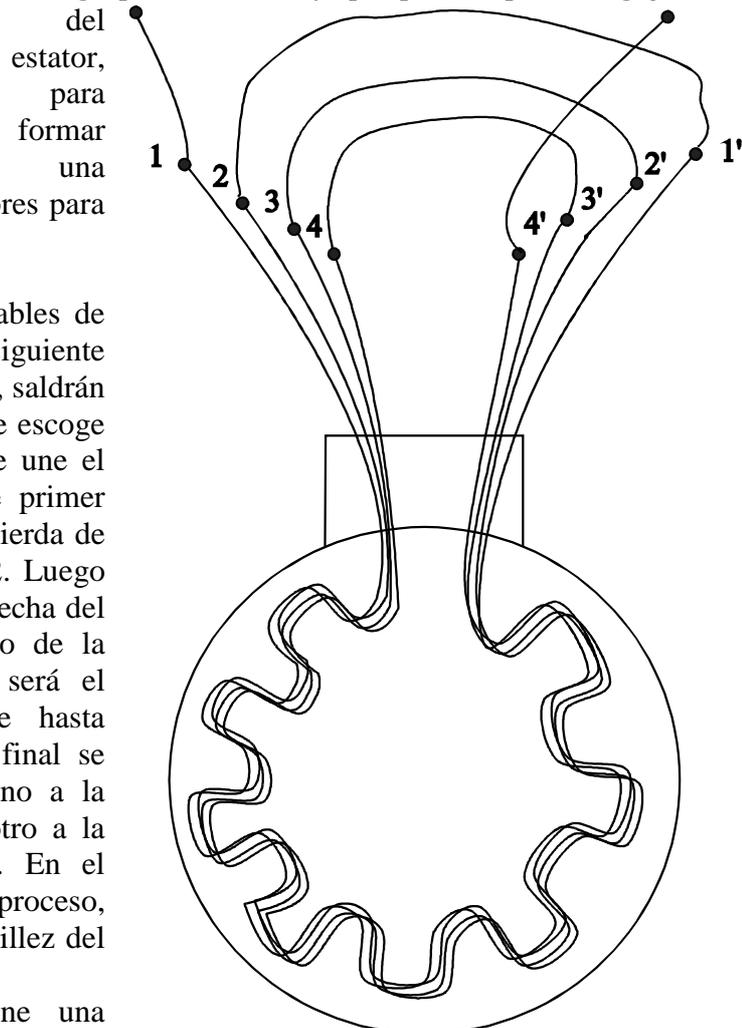


Este grupo de hilos hay que pasarlo por 12 agujeros del estator, para formar una bobina, dejando dos agujeros libres para las otras dos bobinas.

La conexión entre los cables de cada bobina se explica en el siguiente dibujo: puesto que hay 18 cables, saldrán 36 extremos fuera del motor. Se escoge un cable como el número 1. Se une el extremo de la derecha de este primer cable, con el extremo de la izquierda de otro cable que será el número 2. Luego se une el extremo libre de la derecha del segundo cable, con un extremo de la izquierda de otro cable, que será el número 3. Así sucesivamente hasta completar los 18 cables, y al final se tendrán dos extremos libres, uno a la izquierda del primer cable, y otro a la derecha del cable número 18. En el dibujo adjunto se explica el proceso, pero con solo 4 cables, por sencillez del dibujo.

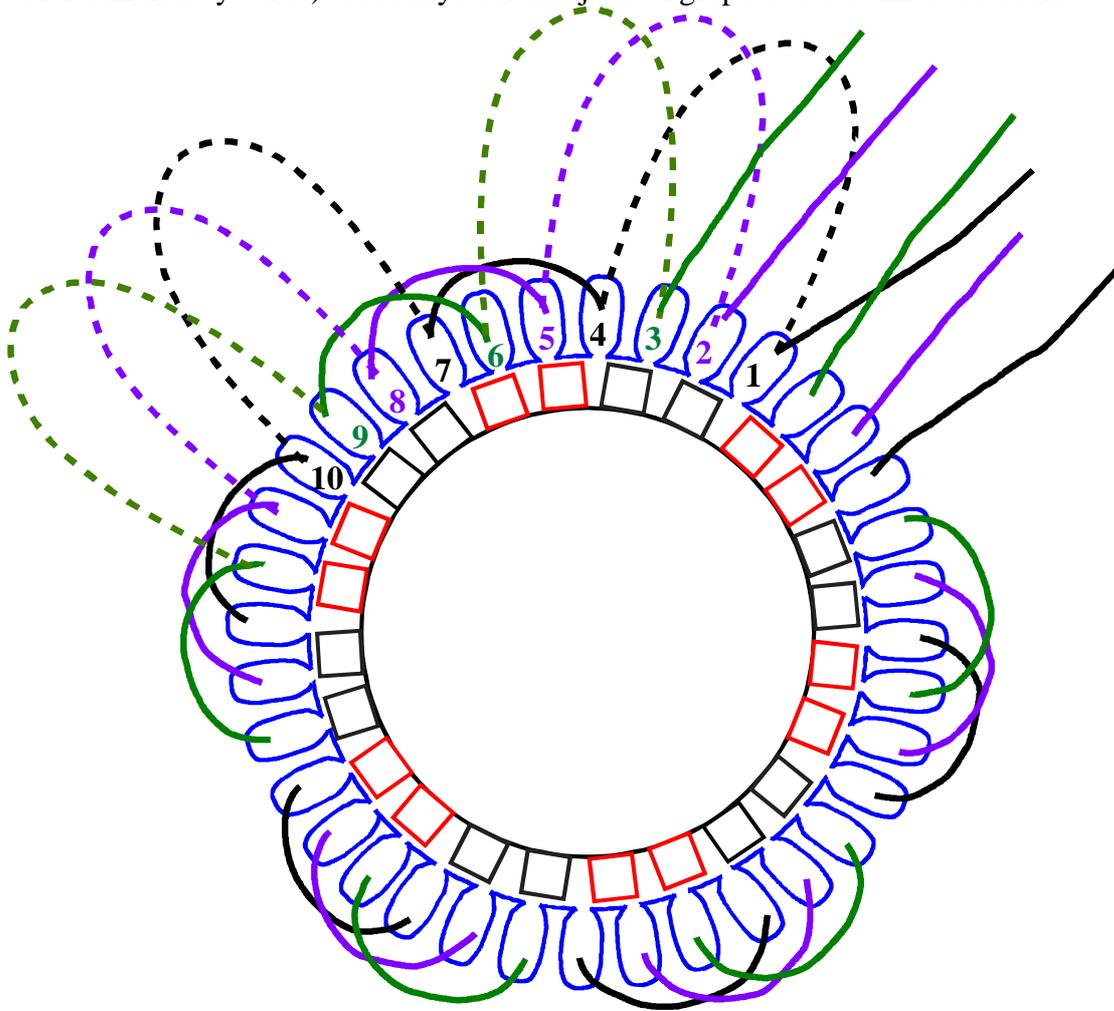
De este modo se tiene una bobina, formada por un cable triple (tres

Analizadas estas tres magnitudes para el presente motor, se ha decidido usar 54 hilos de cobre de 1 mm. de diámetro, de longitud 3.90 metros cada hilo, y bobinados de tres en tres agujeros, o sea, dejando dos agujeros intermedios para otras dos bobinas. Además, agruparemos los hilos de tres en tres para formar 18 cables de tres hilos de cobre en cada cable. En la foto adjunta se muestran 54 hilos agrupados de tres en tres y soldados en un extremo..

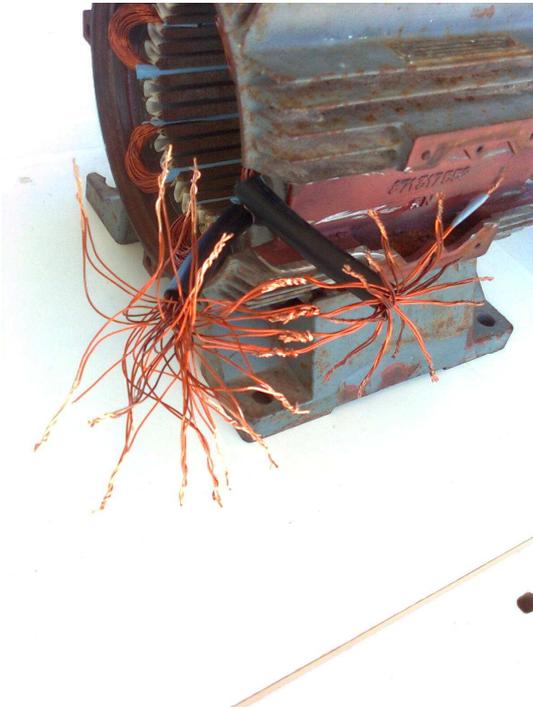


hilos de cobre en paralelo) que da 18 vueltas completas por el interior del estator. En el siguiente dibujo se intenta explicar el bobinado del estator. Por el agujero 1 se meten los hilos de cobre de la bobina de color negro (una fase), que recorren la longitud de estator (línea a rayas) y desde la parte trasera del mismo, regresan por el agujero 4 y salen por la parte frontal, para volver a meterse por el agujero 7. Recorren todo el agujero 7 del estator hasta la parte trasera, desde donde regresan por el agujero 10. Así sucesivamente hasta recorrer todo el estator y salir fuera del motor.

El mismo proceso se repite para las otras dos bobinas o fases del generador (de colores morado y verde). Cada raya del dibujo es el grupo de 54 hilos de cobre.



En la foto se muestra un polímetro empleado para localizar los extremos de cada cable triple. En la foto siguiente se ve como se van empalmando entre sí los extremos de los 18 cables triples, según el esquema anterior.



En la foto superior derecha se muestran dos bobinas ya terminadas. En las fotos siguientes se muestra como se realiza la tercera bobina en el estator.



Para colocar o pasar el manajo de cables por el agujero, se dobla todo el manajo de cables, y se van colocando dentro del agujero a través de la rendija, poco a poco.



Para que no se salgan del agujero, hay que tapar la rendija con un tira de plástico u otro material aislante, como se ve en las siguientes fotos



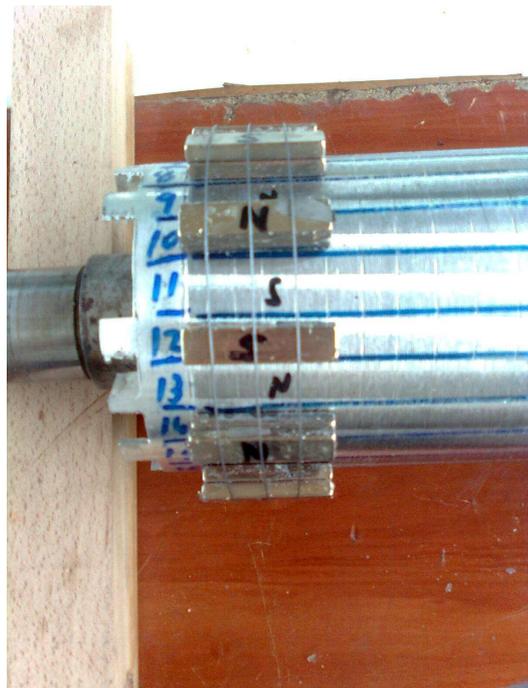


En la foto contigua, se muestra el motor-generador con los tres bobinados ya terminados

Colocación de los imanes en el rotor

En primer lugar se dibujan 24 sectores en el rotor, para poder colocar adecuadamente los 24 imanes. En la línea divisoria entre dos sectores se hacen 10 agujeros roscados a métrica 6 mm, para sujetar un hilo de acero que abrazará los imanes impidiendo que se salgan por la fuerza centrífuga cuando el rotor esté girando dentro del estator. A lo largo de cada sector del rotor habrá 5 imanes del mismo polo. Cada dos sectores contiguos tendrán el mismo polo magnético. Para colocar los imanes se seguirá el siguiente proceso:

1.- Se coloca un imán en el centro de cada sector, y en el segundo sector siguiente, un imán del polo contrario, dejando un sector vacío entre ambos. Por tanto solo se colocarán 12 imanes.

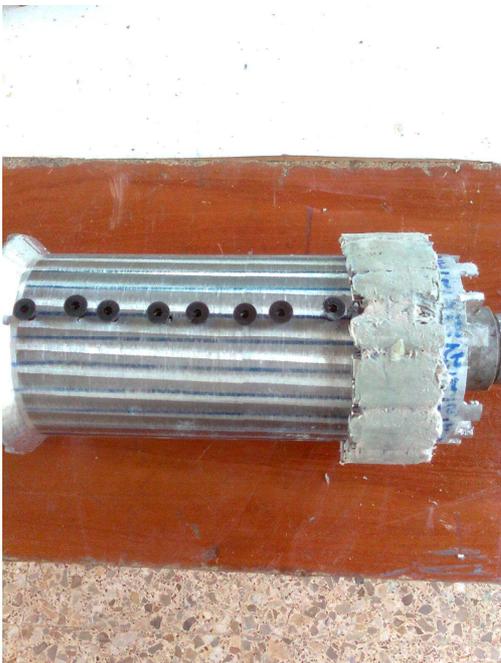


2.- Se colocan dos tornillos y se enrolla un hilo de acero dando tres vueltas de alrededor de los imanes y se fija sus extremos en los tornillos. Para que no se afloje el hilo de acero, se pone un poco de pegamento Poxipol en el propio tornillo. De este modo, al colocar los imanes que faltan, el hilo de acero impedirá que salgan despedidos por la repulencia del imán del sector contiguo que posea el mismo polo magnético.

3.- Se colocan los imanes que faltan en el centro de los sectores vacíos, empujándolos por debajo del hilo de acero. Para centrar el imán en el sector y evitar que se pegue al imán contiguo del polo contrario, se colocan separadores entre ambos imanes.

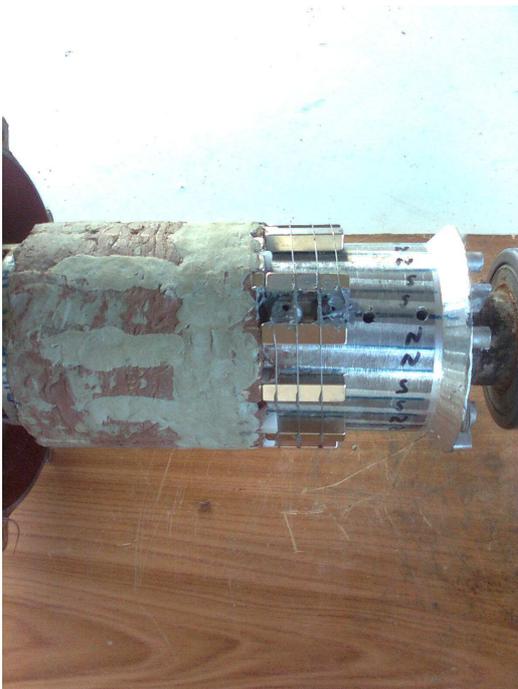


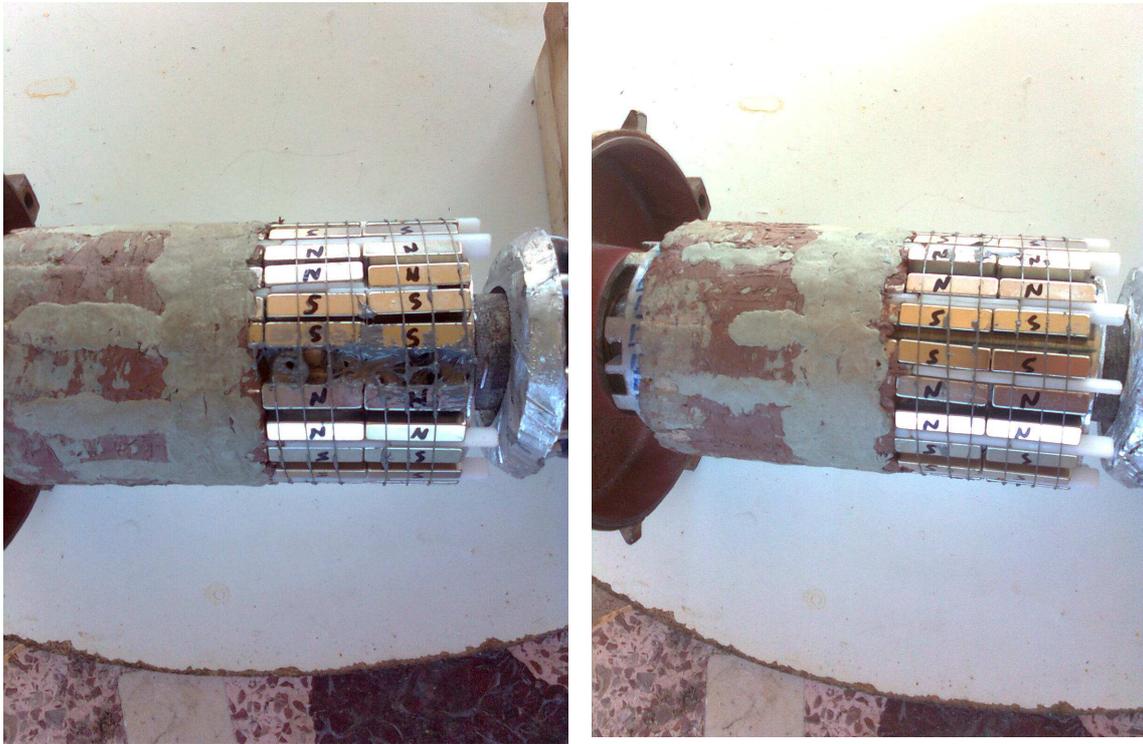
4.- Se cubren los imanes con resina Poxilina, para formar una capa que abrace aun mas a los imanes y haga cuerpo con los hilos de acero.



5.-

Este proceso se repite para cada una de las cuatro circunferencias de imanes que queda por colocar. También puede usarse masilla con fibra de vidrio (usada por los planchistas de coche) para recubrir los imanes. Los huecos entre los imanes puede rellenarse con silcona. Es conveniente que los imanes estén completamente tapados para evitar que al humedad ambiente pueda oxidarlos.





Cálculos realizados sobre el generador

La resistencia de un hilo de cobre de 3.9 metros de longitud y 1 mm de diámetro es de 0.09 ohmios. Agrupando los hilos de tres en tres, en paralelo, la resistencia del cable formado con los tres hilos, es de 0.03 ohmios. Dado que se tienen 18 cables de tres hilos cada uno, formando una bobina, su resistencia será de 0.57 ohmios para cada bobina.

La fem alterna eficaz inducida en una bobina de un generador de flujo radial viene dada por la expresión

$$\varepsilon = 0.074 f_c (Rpm) r B N L$$

donde $f_c = 24/36 = 0.7$, porque toda la superficie del rotor esta cubierta por solo 24 x 5 imanes cuando cabrían 36 x 5 imanes. En caso de colocar los 36 x 5 = 180 imanes, aparecería el fenómeno "cogging" pues la anchura del imán es la misma que la de cada diente de hierro, y por tanto cada imán se quedaría enfrentado a un diente de hierro.

Rpm = 120 revoluciones en un minuto

r = 0.065 metros (radio de la circunferencia de los imanes)

B = 1200 gauss aproximadamente = 1.2 Teslas Los imanes de 40 x 10 x 10 crean un campo magnético aproximadamente superior en un 50% al creado por los imanes de 40 x 10 x 5 mm.

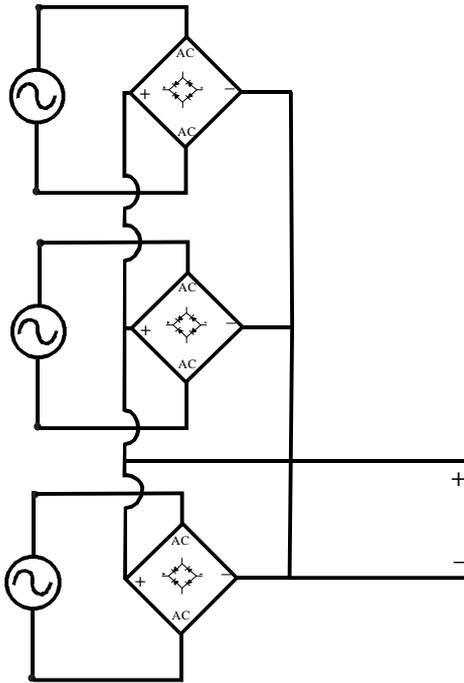
N = 18 cables (o número de veces que el cable recorre todo el estator)

L = 12 x 0.2 = 2.4 metros (longitud de un cable que recorre todos los agujeros del estator una sola vez)

Aplicando los datos numéricos a la expresión anterior resulta $fem = 20$ voltios eficaces.

Para cargar una batería de plomo, se necesita una tensión continua, por lo tanto, la fem generada en el motor-generador deberá ser rectificada con un puente de diodos. La tensión obtenida después de la rectificación es inferior a la alterna, debido a que en los diodos cae un mínimo de 0.6 voltios por diodo, y a medida que aumenta la corriente de carga a la batería, también aumenta la caída de tensión en los diodos. Supongamos una caída de al menos 2 voltios. Entonces la tensión que carga la batería sea de $20 - 2 = 18$ voltios. Aplicando finalmente la ley de Ohm, se sabrá la corriente que una bobina del motor-generador es capaz de suministrar a una batería de 12 voltios

$$I = (18 - 12) / 0.54 = 11 \text{ amperios.}$$



Si conectamos las tres fases del motor-generador a sendos puentes de diodos, y unimos en paralelo las salidas de los puentes y a la batería, la corriente de carga será el triple, o sea $I = 33$ amperios. (ver figura adjunta)

La potencia suministrada a la batería será $P = 3 \times (11 \times 12) = 396$ vatios, y la potencia pérdida en la resistencia interna del generador será $P = 3 \times (11^2 \times 0.54) = 196$ vatios. Por tanto el rendimiento energético de este generador será

$$\eta = 396 / (396 + 196) = 67 \%$$



Resultados reales obtenidos el 31 de Diciembre de 2009

Velocidad del viento = 50 Km/h

Intensidad de corriente = 40 amperios (entre todas las fases)

Tensión de batería = 14 voltios

La resistencia interna del generador es de 0.18 ohmios (las tres fases en paralelo)

La tensión que se ha generado ha sido $40 \times 0.18 + 2 + 14 = 23.2$ voltios (despreciando la resistencia de los cables de conexión del generador a la batería)

La potencia generada ha sido $23.2 \times 40 = 928$ watios

La potencia que ha llegado a la batería ha sido $40 \times 14 = 560$ watios

El rendimiento ha sido pues $560/928 = 60\%$

Las rpms del generador serian 140 rpms para generar los 23.2 voltios.