



**EDITORIAL DE LA
UNIVERSIDAD
TECNOLÓGICA
NACIONAL (UTN)**



Generalidades sobre bobinado de máquinas eléctricas giratorias trifásicas.

**Diego M. Ferreyra
Omar D. Gallo**

**Facultad Regional San Francisco
Universidad Tecnológica Nacional
2017**

©[Copyright]

edUTecNe, la Editorial de la U.T.N., recuerda que las obras publicadas en su sitio web son de libre acceso para fines académicos y como un medio de difundir la producción cultural y el conocimiento generados por autores universitarios o auspiciados por las universidades, pero que estos y edUTecNe se reservan el derecho de autoría a todos los fines que correspondan.

Generalidades sobre bobinado de máquinas eléctricas giratorias trifásicas

Autores: Diego M. Ferreyra ⁽¹⁾, Omar D. Gallo ⁽²⁾

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional San Francisco
Avenida de la Universidad 501 (2400) San Francisco. Provincia de Córdoba. ARGENTINA.
Tel. ++54-3564-421147/435402, <http://www.sanfrancisco.utn.edu.ar/>

⁽¹⁾ Director grupo **GISENER** (Grupo de Investigación Sobre **ENERGÍA**)

⁽²⁾ Director grupo **CIDEME** (Cálculo e Investigación, Desarrollo y Ensayo de **Máquinas Eléctricas**)

⁽¹⁾: dferreyra@sanfrancisco.utn.edu.ar; ⁽²⁾: odgallo@gmail.com

Resumen

En el presente trabajo, se calculan y construyen paso a paso dos esquemas de bobinados sencillos para máquinas eléctricas giratorias trifásicas. En ambos casos, se determinan los parámetros numéricos y geométricos más importantes que hacen a la funcionalidad del bobinado, que es establecer un campo magnético giratorio en el entrehierro de la máquina. Se establecen comparaciones didácticas entre los dos bobinados presentados y se enumeran variantes para la disposición de las cabezas de bobina. La experiencia de los autores demuestra que los esquemas y cálculos aquí presentados permiten introducir rápidamente en estos temas a estudiantes de cursos de ingeniería o de cursos técnicos sobre el tema.

Palabras clave

máquinas eléctricas giratorias, generadores, motores eléctricos, bobinado, devanados

Objetivos

- Describir paso a paso, de manera sencilla, el diseño geométrico de dos bobinados estáticos de ejemplo para una máquina eléctrica giratoria, ya sea sincrónica o asincrónica
- Proporcionar un material de utilidad para una introducción a la construcción de bobinados de máquinas eléctricas giratorias en asignaturas de ingeniería u otros ámbitos similares de formación técnica

Introducción

Este material se basa en la bibliografía tradicional ya disponible sobre el tema, una muestra de la cual se enumera en la sección Referencias. Para la comprensión del presente trabajo, se considera necesario un conocimiento mínimo previo sobre el principio de funcionamiento de las máquinas eléctricas giratorias sincrónicas o asincrónicas. Como complemento a este material, se sugiere especialmente trabajar con la herramienta en línea gratuita <http://www.progebo.com/>, donde se puede generar un usuario para construir con comodidad esquemas lineales y circulares de bobinados con cantidades de ranuras mayores que las que aquí se presentan.

En todo este trabajo, se aplican indistintamente los términos “bobinado” y “devanado”. Dado que este material se considera introductorio, se restringen las explicaciones exclusivamente a bobinados diametrales. En los dos bobinados trifásicos que aquí se presentan, se dibuja solo una de las fases en los esquemas desarrollados del estator y, al menos en una de las configuraciones propuestas, se indican las posiciones relativas de las entradas y salidas correspondientes a las otras dos fases.

En cada caso, se calculan los siguientes parámetros que describen un bobinado:

- cantidad de ranuras por fase N_{rf}
- cantidad de ranuras por polo y por fase N_{rpf}
- paso diametral τ_d , en cantidad de ranuras
- paso entre fases τ_{UVW} , en cantidad de ranuras
- ángulo mecánico de ranura α_{mr}
- ángulo eléctrico de ranura α_{er}
- cantidad de conductores útiles por fase N_{cf}
- factor de arrollamiento k_a

En la Fig. 1, se muestra un típico esquema lineal o desarrollado de un estator tal como se lo vería desde el rotor, donde la numeración de cada ranura se encuentra a su izquierda. Se adopta un estator de 12 ranuras por su simplicidad didáctica.

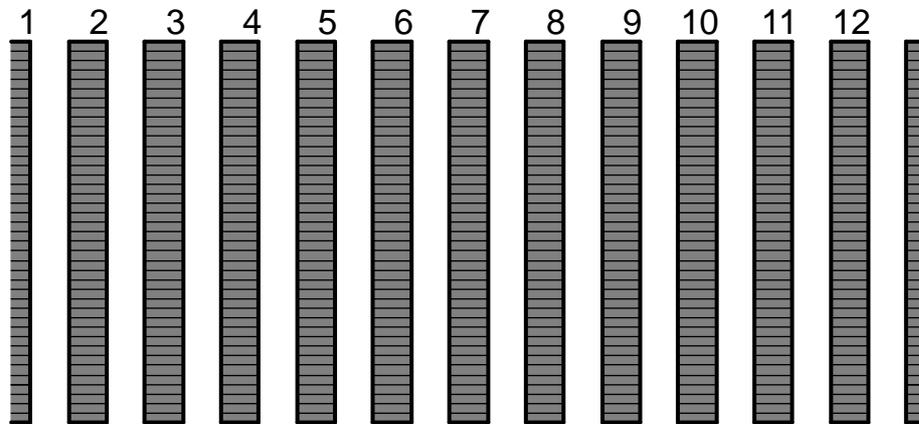


Figura 1. Esquema lineal o desarrollado de un estator de 12 ranuras

Convencionalmente, se indicarán las entradas y salidas de cada bobinado en la parte inferior del esquema. La parte superior del esquema se reserva para la representación de las cabezas de bobina posteriores, es decir, las del lado donde no hay conductores por conectar. De esta manera, la parte inferior del esquema lineal corresponde al frente del estator sobre el cual el bobinador debe trabajar para concretar las conexiones, mientras que la parte superior se corresponde con la parte posterior, donde el bobinador solo se limita a aislar cabezas de bobina entre sí y coserlas.

Bobinado trifásico diametral de 2 polos en 12 ranuras

La primera consigna propuesta es construir un bobinado trifásico de 2 polos diametral en un paquete estático de 12 ranuras, suponiendo bobinas conectadas en serie de 10 espiras cada una. Dada la cantidad total de ranuras $N_r = 12$, se obtienen los siguientes valores:

- $N_{rf} = \frac{N_r}{m} = \frac{12}{3} = 4$ ranuras por fase, donde m es la cantidad de fases
- $N_{rpf} = \frac{N_r}{m \cdot P} = \frac{12}{3 \times 2} = 2$ ranuras por polo y fase, donde P es la cantidad de polos
- $\tau_d = \frac{N_r}{P} = \frac{12}{2} = 6$ ranuras
- $\alpha_{mr} = \frac{360^\circ}{N_r} = \frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$
- $\alpha_{er} = \frac{p \cdot 360^\circ}{N_r} = \frac{1 \times 360^\circ}{12} = 30^\circ$, donde p es la cantidad de pares de polos

En la Fig. 2, se indican las ranuras ocupadas por una fase, cada una con un sentido convencional de fem o de corriente a fin de cumplir con la cantidad de polos de la máquina en cuestión. En estos esquemas sencillos, el hecho de concentrarse con mayor interés sobre las fems o sobre las corrientes puede depender de si se desea resaltar el funcionamiento de una máquina sincrónica o asincrónica, respectivamente.

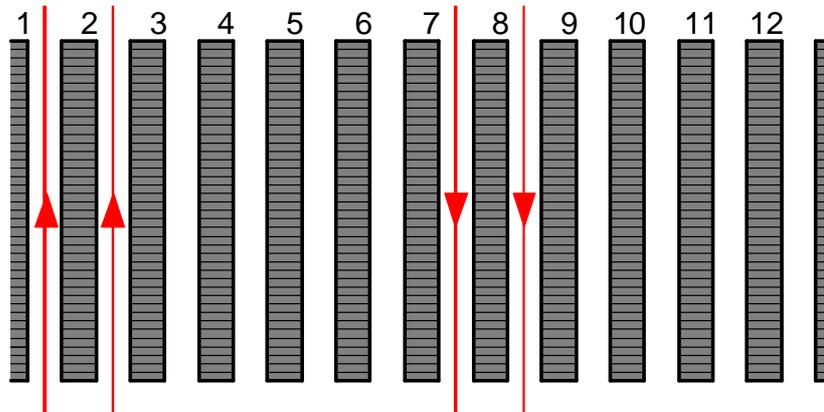


Figura 2. Ranuras ocupadas por una fase y sentidos convencionales de fem o de corriente

En este esquema, se comienza arbitrariamente en la ranura denominada como “1”. Se ocupan las ranuras 1 y 2 ($N_{rpf} = 2$) para uno de los dos polos de la máquina (p. ej., puede asignarse el Norte), por lo cual los sentidos convencionales de corriente (o de fem) son coincidentes. Dejando iguales cantidades para las otras 2 fases, las ranuras 7 y 8 corresponden al otro polo de la máquina (p. ej., Sur para este ejemplo), con lo cual los sentidos convencionales indicados están invertidos con respecto a las ranuras 1 y 2.

Dado que este bobinado es diametral, también el criterio para distanciar uno y otro grupo de ranuras es simplemente utilizar el paso diametral: el primer grupo de ranuras ocupadas comienza en la ranura 1, y el segundo grupo de ranuras, correspondiente al otro polo de la máquina, comienza en la ranura $1 + \tau_d = 1 + 6 = 7$.

Es importante notar que, a esta altura del dibujo del bobinado, la ubicación de los conductores de la primera fase ya está completamente definida, es decir, ya se han fijado las ranuras que se utilizarán para esa fase. Solo resta indicar luego las conexiones de las cabezas de bobina, que en realidad obedecen a la conveniencia de fabricación de las bobinas y a las variantes para su inserción.

En cada ranura, se alojan $N_{cr} = 10$ conductores, porque cada bobina tiene 10 espiras y cada uno de los lados de una bobina ocupa una ranura completa, ya que el bobinado es diametral y no fraccionario. Se dispone de $N_{rf} = 4$ ranuras por fase. Por lo indicado en la consigna, todos los conductores de una misma fase van conectados en serie, entonces puede obtenerse $N_{cf} = N_{cr} \cdot N_{rf} = 10 \times 4 = 40$ conductores útiles por fase, teniendo en cuenta que se denominan conductores útiles a aquellos que quedan expuestos al campo magnético principal de la máquina (es decir, este concepto excluye todos los conductores que conforman la cabeza de bobina).

El factor de arrollamiento k_a puede calcularse realizando un sencillo análisis gráfico de los fasores de fem correspondientes a una cantidad de ranuras igual a N_{rpf} ¹. Dichos fasores están desfasados entre sí en el tiempo un ángulo igual a α_{er} . Lo que se evalúa es el cociente entre la suma fasorial y la suma algebraica de los fasores en cuestión. En este caso, como se representa en la Fig. 3 y como se expresa en la Ec. (1), $N_{rpf} = 2$ y $\alpha_{er} = 30^\circ$, y se adopta un valor genérico v de fem para el conjunto de los conductores útiles insertados en una ranura:

¹ Debe observarse que se destaca el carácter fasorial de las magnitudes eléctricas asociadas con los conductores del bobinado. Particularmente, el factor de arrollamiento tiene más sentido en la evaluación de las fems, y no de las corrientes, ya que tiene aplicación en la expresión de Faraday-Lenz adaptada a las máquinas eléctricas giratorias.

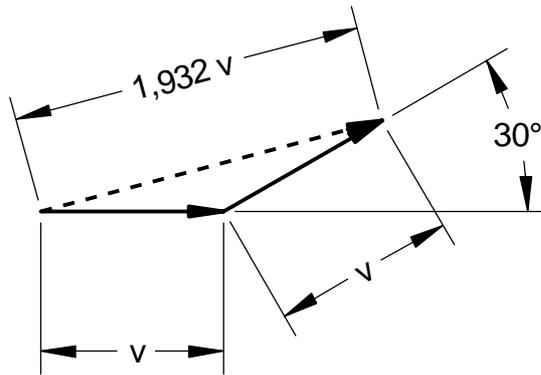


Figura 3. Esquema fasorial para el cálculo del factor de arrollamiento del bobinado

$$k_a = \frac{\Sigma \text{fasorial}}{\Sigma \text{algebraica}} = \frac{1,932 \cdot v}{2 \cdot v} = 0,966 \quad (1)$$

Dado que se trata de un bobinado diametral, es decir que el factor de paso o factor de acortamiento $k_p = 1$, también puede usarse la expresión genérica de la Ec. (2) para el cálculo del factor de distribución k_d . A su vez, con la Ec. (3), se obtiene el valor del factor de arrollamiento:

$$k_d = \frac{\text{sen}(N_{rpf} \cdot \alpha_{er}/2)}{N_{rpf} \cdot \text{sen}(\alpha_{er}/2)} = \frac{\text{sen}(2 \times 30^\circ/2)}{2 \times \text{sen}(30^\circ/2)} = 0,966 \quad (2)$$

$$k_a = k_p \cdot k_d = 1 \times 0,966 = 0,966 \quad (3)$$

Hasta aquí, se han definido datos geométricos sobre la disposición de los conductores en las ranuras y la asignación de ranuras a una sola fase de la máquina. Por otro lado, más allá de estos valores, deben establecerse los pasos constructivos de las bobinas, que son los que interesan al bobinador a fin de construir las bobinas. Con este fin, deben definirse las formas de las cabezas de bobina, para lo cual se presentan a continuación diferentes variantes.

Variante 1 de cabezas de bobina: bobinas concéntricas

En la Fig. 4, se presenta una de las alternativas para adaptarse a los sentidos de fem indicados en el esquema anterior:

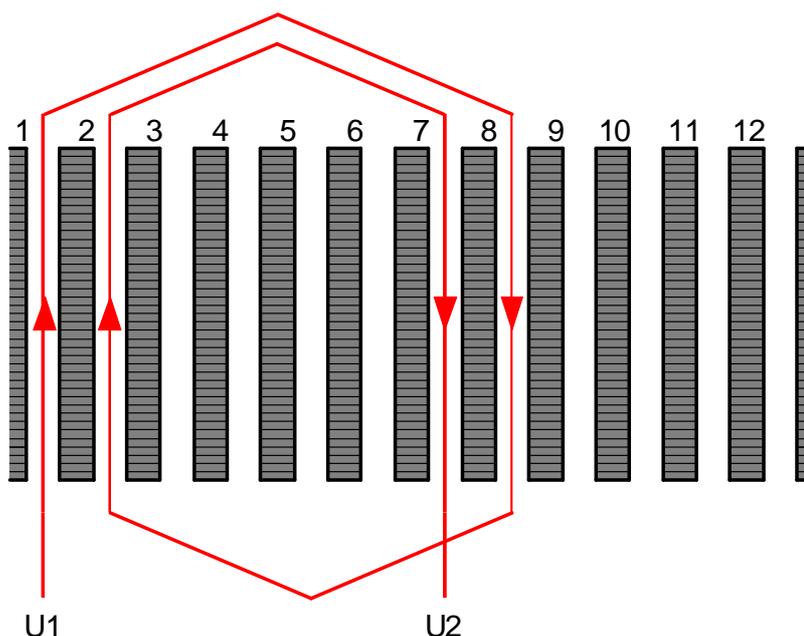


Figura 4. Primera variante propuesta para las cabezas de bobina

En esta disposición, que consta de un único grupo de bobinas concéntricas, se utilizan dos bobinas:

- una menor, de 5 ranuras de paso, cuyo paso desde el punto de vista constructivo se denomina 1-6
- otra bobina mayor, con un paso de 7 ranuras, cuyo paso constructivo se denomina 1-8

Las denominaciones 1-6 y 1-8 no necesariamente tienen relación directa con la numeración impuesta a las ranuras, sino que es una forma de denominar las bobinas construidas según surge de la jerga específica del bobinador.

Los extremos denominados convencionalmente U1 y U2 indican los terminales de inicio y final convencionales de la fase dibujada.

El esquema presentado en la Fig. 4 incluye una simplificación importante que debe tenerse en cuenta para comprender cabalmente la conexión de las bobinas: cada una de las bobinas que se construye debe tener la cantidad de espiras necesarias para cumplir con la cantidad de conductores por ranura especificada. Solo el último conductor de cada bobina se conecta con la siguiente bobina, como se muestra en la Fig. 5, válido para un ejemplo con bobinas de 3 espiras cada una, con lo cual se tienen 3 conductores por ranura:

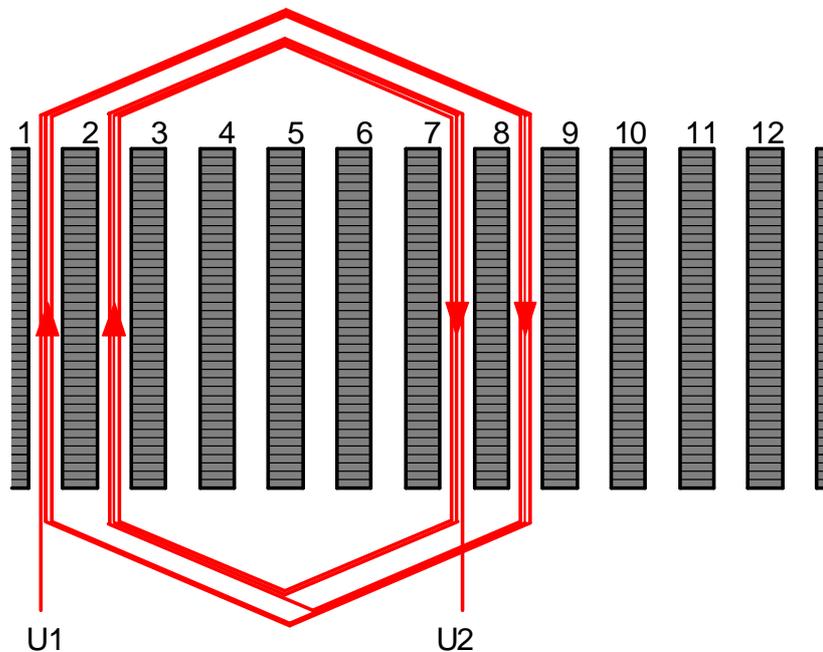


Figura 5. Detalle adicional para la primera variante propuesta para las cabezas de bobina

Por obvias razones de simplicidad, se descarta este último formato de representación de la Fig. 5, donde se incluirían innecesariamente todos los conductores de cada bobina.

Variante 2 de cabezas de bobina: bobinas iguales imbricadas

En la Fig. 6, se muestra un único grupo de dos bobinas iguales, ambas con un paso de 6 ranuras y un paso constructivo 1-7.

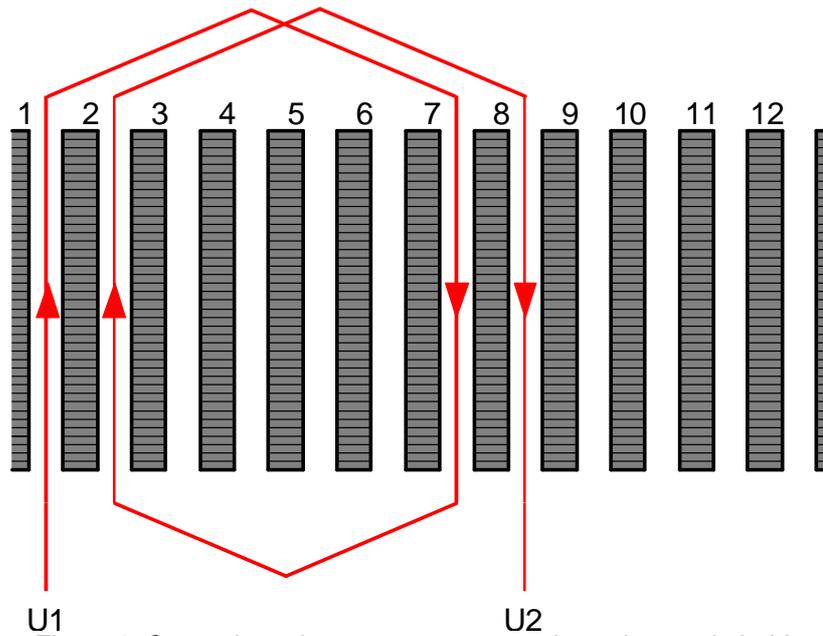


Figura 6. Segunda variante propuesta para las cabezas de bobina

Este formato de bobinado con bobinas iguales y cabezas de bobina superpuestas suele denominarse “imbricado”. Es de notar que, al cambiar la construcción de las bobinas, cambia la ranura donde aparece el terminal U2 en comparación con los esquemas de las Fig. 4 y 5.

Variante 3 de cabezas de bobina: bobinas iguales no imbricadas

En la Fig. 7, se muestra una tercera alternativa, donde las dos bobinas también son iguales entre sí, con paso de 6 ranuras y un paso constructivo 1-7, pero su inserción es diferente, con lo cual se desplaza la posición relativa de los terminales de manera tal que se asemeja a la de la primera variante (ranuras 2 y 8 en lugar de 1 y 7).

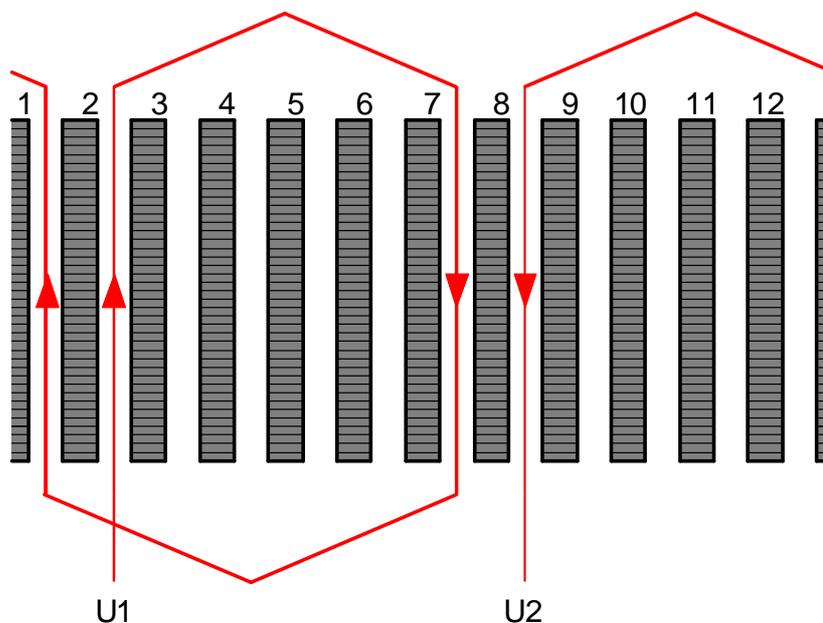


Figura 7. Tercera variante propuesta para las cabezas de bobina

Debe quedar claro que todas estas variantes constructivas son igualmente funcionales, ya que todas respetan el sentido convencional de circulación de corrientes por los conductores de las ranuras (o bien el sentido convencional de las fems).

Sin embargo, esta última suele ser la más usada (2 grupos para 2 polos), porque significa menor esfuerzo manual para la inserción y se logra una mejor presentación del devanado.

Posición relativa de los terminales de las fases

Hasta aquí, se han propuesto variantes para representar el bobinado de una fase. El siguiente paso es ubicar al menos las entradas (U1, V1 y W1) y salidas (U2, V2 y W2) de los bobinados de las otras dos fases.

En un bobinado regular, que por lo general es el formato más frecuente, los bobinados de las tres fases son idénticos entre sí. Por eso, no es imprescindible dibujar las tres fases, pero sí resulta de sumo interés indicar las ranuras donde comienzan y terminan las dos fases no dibujadas. A su vez, esto depende del formato constructivo adoptado para las bobinas. Para este ejemplo, se adoptará la primera variante propuesta en la Fig. 4, de bobinas concéntricas.

La primera clave es determinar cuál es la cantidad de ranuras que representa los 120° eléctricos correspondientes al desfase entre fases consecutivas, ya que esto determina la posición relativa de los terminales de cada una de las tres fases:

$$\tau_{UVW} = \frac{120^\circ}{\alpha_{er}} = \frac{120^\circ}{30^\circ} = 4 \text{ ranuras} \quad (4)$$

Esto significa que si, en el ejemplo inicial, U1 se ubica en la ranura 1, el terminal homólogo V1 (para la fase V) se ubicará en la ranura $1 + \tau_{UVW} = 1 + 4 = 5$, y el terminal W1 (de la fase W) estará en la ranura $5 + \tau_{UVW} = 5 + 4 = 9$.

De manera similar, como se muestra en la Fig. 8, puede determinarse que V2 estará en la ranura 11 y que W2 estará en la ranura 3, teniendo en cuenta que el desarrollo que se presenta es de una sección circular continua.

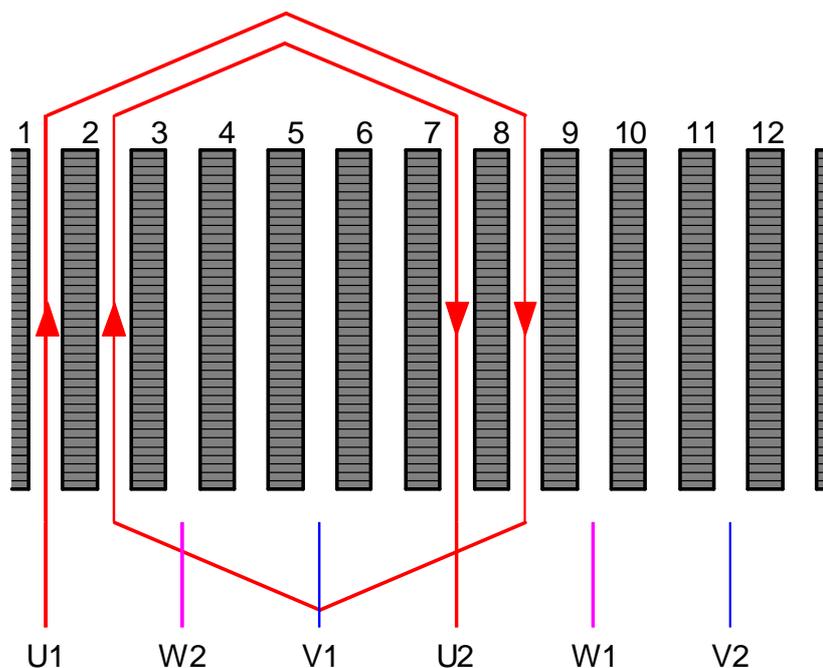


Figura 8. Posición relativa de los terminales de las tres fases

Asignación de polos

En los esquemas presentados, la asignación de un polo a cada grupo de conductores tiene un significado más tangible en máquinas sincrónicas, ya que representa el sentido de la fem de los conductores enfrentados a cada polo. Puede usarse otra convención basada en la regla del tirabuzón o en la de la mano derecha: se identifican los polos formados al circular las corrientes de los sentidos indicados. Por ejemplo, en la Fig. 9, se muestran los polos según esta convención.

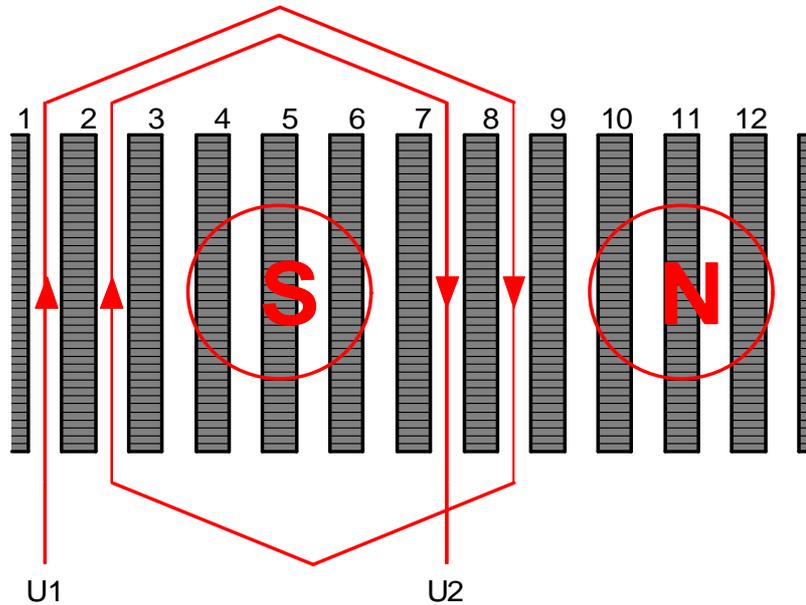


Figura 9. Asignación de polos formados en el estator

En la Fig. 10, se proporciona la misma información, pero con una vista frontal de las laminaciones: se aprecian los conductores insertados en las ranuras 1, 2, 7 y 8 con sus respectivos sentidos de corrientes, las líneas de campo magnético, y los polos que se forman.

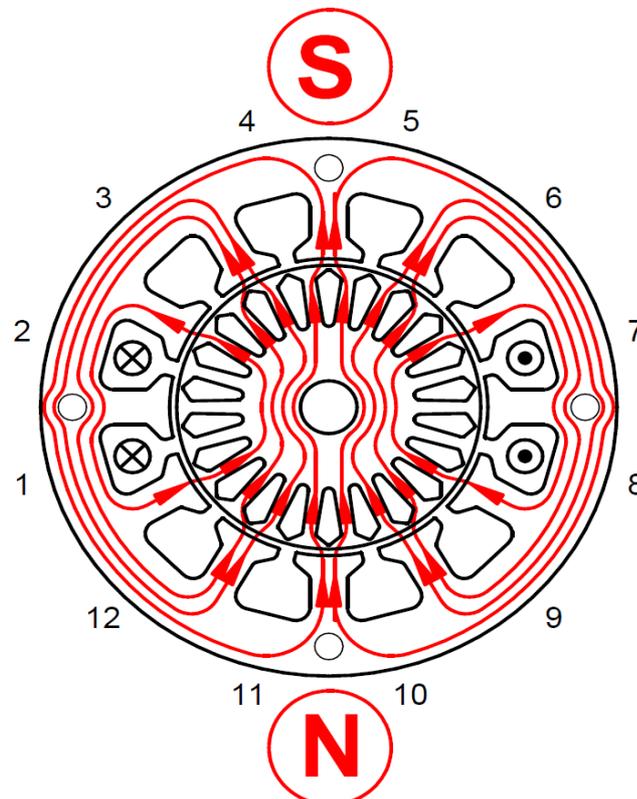


Figura 10. Polos formados en el estator, vista frontal

Alternativa de representación circular

Continuando con el formato utilizado en la Fig. 10, en la Fig. 11 se muestran esquemas circulares generados con la herramienta ProGeBo para una variante muy similar a las propuestas hasta aquí, particularmente similar a la 3.

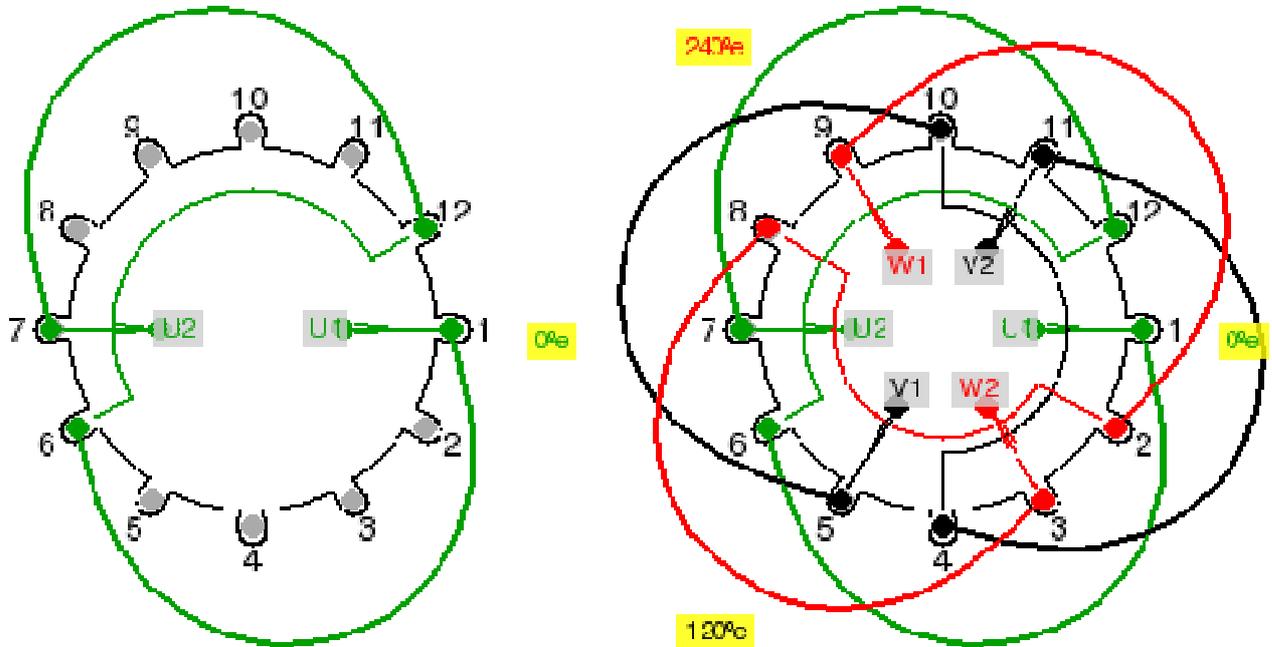


Figura 11. Esquemas circulares del bobinado

El bobinado que se describe con estos esquemas circulares (el de la izquierda corresponde al bobinado de una sola fase y en el de la izquierda se representan las tres fases) cumple exactamente las mismas condiciones de circulación de corrientes o sentido convencional de fems que los tres formatos ya dibujados con anterioridad.

Esta otra perspectiva puede clarificar mejor la disposición de las cabezas de bobina, que debe considerarse desde el punto de vista constructivo para permitir el ingreso lo más cómodo posible del rotor y para que la totalidad de las cabezas de bobina conformen un conjunto compacto. En los diagramas circulares, la parte externa del círculo que contiene las ranuras estáticas se reserva para las cabezas de bobina posteriores, mientras que la parte interna del esquema circular se utilizar para indicar los extremos de las bobinas y las interconexiones entre ellos.

Bobinado trifásico diametral de 4 polos en 12 ranuras

La consigna propuesta es construir un bobinado trifásico de 4 polos diametral en un paquete estático de 12 ranuras, bobinas conectadas en serie de 10 espiras cada una. De manera similar al caso anterior, puede resolverse todo lo siguiente:

- $N_{rf} = \frac{N_r}{m} = \frac{12}{3} = 4$ ranuras por fase
- $N_{rpf} = \frac{N_r}{m \cdot P} = \frac{12}{3 \times 4} = 1$ ranura por polo y por fase
- $\tau_d = \frac{N_r}{P} = \frac{12}{4} = 3$ ranuras
- $\alpha_{mr} = \frac{360^\circ}{N_r} = \frac{360^\circ}{12} = 30^\circ$

- $\alpha_{er} = \frac{p \cdot 360^\circ}{N_r} = \frac{2 \cdot 360^\circ}{12} = 60^\circ$

En la Fig. 12, se muestra el esquema elemental que representa este bobinado.

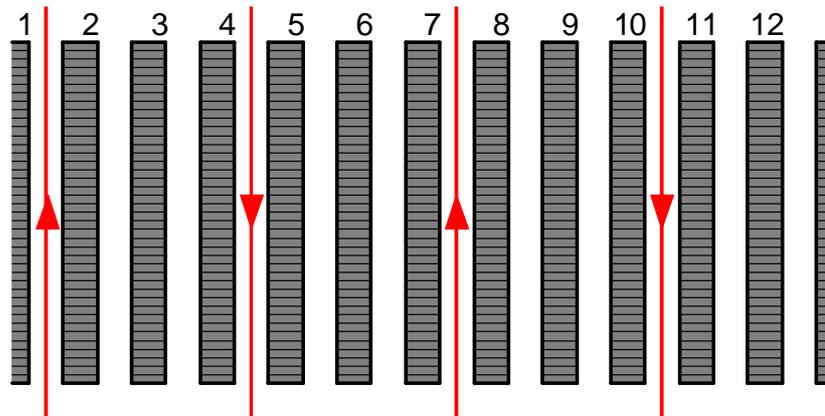


Figura 12. Ranuras ocupadas por una fase y sentidos convencionales de fem o corriente

De igual manera que en el caso anterior, se comienza arbitrariamente por la ranura denominada como "1". Se ocupa solo la ranura 1 para uno de los cuatro polos de la máquina, de la misma denominación magnética que el asignado a la ranura 7 (p. ej., Norte, aunque depende del sentido de giro adoptado como convencional). Las ranuras 4 y 10 corresponden a los otros dos polos de la máquina (p. ej., Sur para este ejemplo), por lo cual los sentidos convencionales indicados están invertidos.

Dado que el bobinado es diametral, el criterio para distanciar una y otra ranura (o sea, uno y otro polo) es utilizar el paso diametral: la primera ranura ocupada es la 1 (p. ej., correspondiente a un polo Norte), y la siguiente ranura, correspondiente a un polo diferente de la máquina (p. ej., Sur para este ejemplo), comienza en la ranura $1 + \tau_d = 1 + 3 = 4$. De manera consecutiva, van obteniéndose las demás posiciones sumando un paso diametral, o sea que la tercera ranura ocupada (el tercer polo puesto en juego, otro Norte para este ejemplo) se ubica en la ranura $4 + \tau_d = 4 + 3 = 7$ y la cuarta ranura ocupada por esta fase (el cuarto polo de la máquina, otro Sur para este ejemplo) se ubica en la ranura $7 + \tau_d = 7 + 3 = 10$.

Por el mismo razonamiento que en el caso anterior (se dispone de $N_{rf} = 4$ ranuras por fase), también hay $N_{cf} = 40$ conductores útiles por fase.

El factor de arrollamiento podría calcularse realizando un análisis gráfico de los fasores correspondientes a una cantidad de ranuras igual a N_{rpf} , pero se observa que, para este bobinado, simplemente valen $N_{rpf} = 1$ y $\alpha_{er} = 60^\circ$, con lo cual el factor de arrollamiento es $k_a = 1$, lo cual ratifica lo que se ve a simple vista, que el bobinado es lo que se denomina concentrado.

También puede observarse que, así como $k_p = 1$ por tratarse de un bobinado diametral, también se cumple que $k_d = 1$, lo cual puede corroborarse con la expresión analítica utilizada en el caso anterior.

De manera similar a la consigna anterior, el bobinado puede construirse de diversas maneras, pero lo más habitual y simple sería hacerlo con dos bobinas de paso 3, o sea paso constructivo 1-4, como se muestra en la Fig. 13.

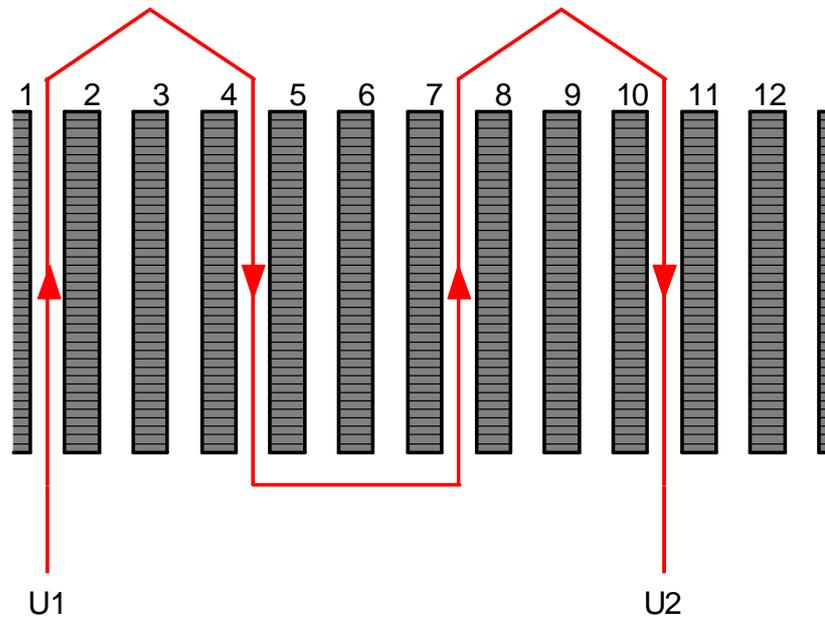


Figura 13. Variante propuesta para las cabezas de bobina

Siguiendo el mismo razonamiento que en la consigna anterior, V1 se ubica en la ranura 3, W1 en la 5, V2 en la 12 y W2 en la 2.

También sería perfectamente factible hacer una construcción con dos bobinas concéntricas, de pasos constructivos 1-4 y 1-10 (3 y 9 ranuras de paso), pero sería bastante incómodo y poco práctico constructivamente.

Discusión: observaciones

En cuanto a los conceptos introductorios presentados en este trabajo, los autores desean destacar la experiencia favorable obtenida con su aplicación tanto en cursos regulares de ingeniería como en cursos para técnicos bobinadores, cuyos ejemplos se muestran en la Fig. 14.



Figura 14. Instancias de capacitación donde se implementaron conceptos de este trabajo

Una observación muy importante para quien se introduce en el bobinado de las máquinas eléctricas es el hecho de que la cantidad de bobinas que se deben construir no necesariamente debe coincidir con la cantidad de polos de la máquina, sino que existen numerosas variantes constructivas según la comodidad para la inserción de las bobinas en las ranuras.

Otro punto importante es tener en cuenta que tanto la numeración de las ranuras como los sentidos de circulación indicados no son especificaciones absolutas sino que son convencionales: solo deben responder a ciertas disposiciones relativas.

Referencias

- [1] Omar D. Gallo, Diego M. Ferreyra, Guía de estudio de la asignatura Máquinas Eléctricas (4.º nivel de Ingeniería Electromecánica), UTN Facultad Regional San Francisco, San Francisco (Córdoba, Argentina), 2015
- [2] Diego M. Ferreyra, Guías de proyecto para la asignatura Cálculo y Control de Máquinas Eléctricas (5.º nivel de Ingeniería Electromecánica), UTN Facultad Regional Mendoza (Mendoza, Argentina), 2016
- [3] Omar D. Gallo, Javier A. Gallo, "Programa de Gestión de Bobinados (ProGeBo): Primera Parte", Revista Iberoamericana de Ingeniería Industrial, V. 6, nro. 11, 2014
- [4] Martínez Domínguez, Fernando, *Reparación y bobinado de motores eléctricos*, ITES Paraninfo, Madrid, 2006
- [5] Stephen J. Chapman, *Máquinas Eléctricas*, 4.ª edición, McGraw Hill, México D. F., 2005 (traducción de Stephen J. Chapman, *Electric Machinery Fundamentals*, 4th Edition, McGraw Hill, 2005), Apéndice B
- [6] A. E. Fitzgerald, Charles Kingsley, Jr., y Stephen D. Umans, *Máquinas Eléctricas*, 6.ª edición, McGraw Hill, México D. F., 2004 (traducción de A. E. Fitzgerald, Charles Kingsley, Jr., y Stephen D. Umans, *Electric Machinery*, 6th Edition, McGraw Hill, 2003), Apéndice B
- [7] Juan Corrales Martín, *Cálculo Industrial de Máquinas Eléctricas. Tomo I: Fundamentos del cálculo*, Marcombo Boixareu, Barcelona, 1982
- [8] Juan Corrales Martín, *Cálculo Industrial de Máquinas Eléctricas. Tomo II: Métodos de cálculo*, Marcombo Boixareu, Barcelona, 1982
- [9] Gino Crisci, *Costruzione, schemi e calcolo degli avvolgimenti delle macchine elettriche rotanti*, Società Tipografica Editrice Modenese Mucchi, Módena, 1947

El presente trabajo surgió como resultado de actividades realizadas en el ámbito de los siguientes proyectos de investigación desarrollados en la Facultad Regional San Francisco de la Universidad Tecnológica Nacional:

- "Programa de Gestión de Bobinados (ProGeBo)", Rectorado de UTN, cód. UTI1824. Desde 01/01/2013 hasta 31/12/2014.
- "Programa de Gestión de Bobinados (ProGeBo) Parte II", Rectorado de UTN, cód. UTI3554. Desde 01/01/2015 hasta 31/12/2016.