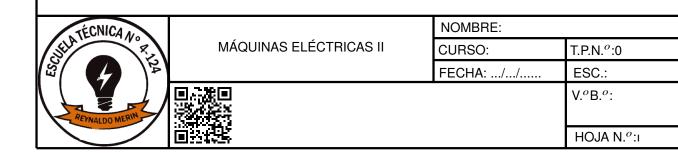
Guía de Trabajos Prácticos **MÁQUINAS ELÉCTRICAS II**

Ferreyra G.

Año: 2020



Año 2020 classroom.google.com código de la clase: cvqhacu gustavoferreyra@outlook.com Contacto: 2 de mayo de 2020 Revisión: NOMBRE: MÁQUINAS ELÉCTRICAS II T.P.N.^o:0 CURSO: FECHA: .../.../...... ESC.: V.ºB.º: HOJA N.º:ı

Introducción

Esta propuesta formativa plantea la apropiación de las características constructivas y los fenómenos electromagnéticos que dan vida a las *Máquinas Eléctricas* y al funcionamiento de la maquinaria eléctrica más empleada en el sector técnico, ya sea como motores o generadores eléctricos. Se analizan los motores asincrónicos trifásicos, con sus principios de funcionamiento, conceptualizando comportamientos energéticos de rotores y representándolos a través de diagramas vectoriales y circuitos equivalentes. Como saberes eléctricos se destacan las curvas que hacen referencia a los arranques de los motores eléctricos, ya sea de forma directa o estrella-triángulo, dependiendo de la potencia eléctrica instalada. También se analizarán los tipos de arranque resistivo, reactivo, con empleo diverso de capacitores, etc., al observar el funcionamiento de las máquinas monofásicas en particular.

Las teorías de fundamento desarrolladas con anterioridad en Circuitos Eléctricos II, Máquinas Eléctricas I y Electrotecnia II propician la comprensión de los campos electromagnéticos alternativos y rodantes, con sus fuerzas electromotrices respectivas. Se desarrollan proyectos articulados con los espacios curriculares de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Laboratorio de Mediciones Eléctricas II, Obras Eléctricas, Electrónica Industrial y Operaciones de Taller de Electricidad II. Es importante la permanente articulación con el Laboratorio de Ensayos Eléctricos, para efectuar las prácticas con el instrumental correspondiente, tanto de los motores asincrónicos trifásicos, como de las máquinas monofásicas, motores de denominación universal y todas las máquinas que son objeto de estudio de este espacio curricular.

La presente propuesta formativa integra teoría y práctica, conforme lo establece el artículo 35 de la Resolución CFE 229/14.

1. FUNDAMENTOS DE MÁQUINAS MONOFÁSICAS

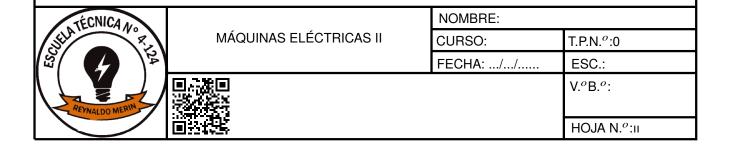
- Reconocer los principios básicos que fundamentan el funcionamiento de una máquina eléctrica con energía alterna.
 - Explicitación de las leyes electromagnéticas presentes en una máquina eléctrica.
 - Interpretación de los campos electromagnéticos originados por corriente alterna.
 - Distinción de la frecuencia y la velocidad de sincronismo en una máquina eléctrica.
 - Caracterización de la electrodinámica en máquinas industriales.
- Interpretar las teorías electrodinámicas eléctricas en una máquina rotativa.

2. MOTORES ASINCRÓNICOS TRIFÁSICOS EN DIVERSOS ENSAYOS ELÉCTRICOS

- Conocer la naturaleza eléctrica de las máquinas asincrónicas.
- Analizar críticamente los ensayos eléctricos característicos de un motor asincrónico que fundamentan los distintos fenómenos energéticos.

3. ENSAYOS EN MÁQUINAS SINCRÓNICAS

- Comprender el funcionamiento de las partes constitutivas de una máquina sincrónica.
- Valorar la utilidad industrial de una máquina sincrónica considerando su importancia tecnológica eléctrica.



Índice general

1.	Prin	ner cuatrimestre 1	
	1.1.	Electromagnetismo	
	1.2.	Interacción electromagnética	
	1.3.	Motor paso a paso	
		1.3.1. Tipos de motores paso a paso	
		1.3.2. Motores paso a paso unipolares	
		1.3.3. Motores paso a paso bipolares	
		1.3.4. Control de las bobinas	
	1.4.	Servomotor	
		1.4.1. Control de posición	
		1.4.2. Utilización	
	1.5.	Motor eléctrico sin escobillas	
		1.5.1. Partes	
		1.5.2. Funcionamiento	
		1.5.3. ESC (Electronic Speed Controller)	
		1.5.4. Ventajas, desventajas y aplicaciones	
		1.5.5. Nomenclatura	
2.	Segu	ando cuatrimestre 21	
	2.1.	Alternador trifásico	
	2.2.	Motor asincrónico	



Capítulo 1

Primer cuatrimestre

1.1. Electromagnetismo

6 Contenido:

Campo magnético creado por una corriente eléctrica, intensidad de campo, inducción,permeabilidad magnética,fuerza magnetomotriz,electroimanes.

Actividad: Resolver los siguientes problemas

Cuadro 1.1: Relación entre intensidad de campo magnético H e Inducción magnética B.

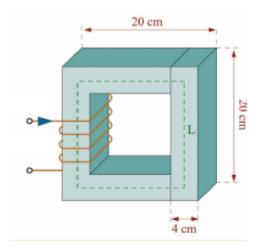
	H(Av/m)					
B(Teslas)	Hierro forjado	Chapa normal	Chapa Silicio			
0,1	80	50	90			
0,3	120	65	140			
0,5	160	100	170			
0,7	230	180	240			
0,9	400	360	350			
1,1	650	675	530			
1,3	1000	1200	1300			
1,5	2400	2200	5000			
1,6	5800	3500	9000			
1,7	7000	5000	16500			
1,8	11000	10000	27500			
1,9	17000	16000				
2	27000	32000				

TÉCNICANO		NOMBRE:	NOMBRE:		
SULA TÉCNICA NO PE	MÁQUINAS ELÉCTRICAS II	CURSO:	T.P.N. ^o :1		
		FECHA://	ESC.:		
	/ 具成数型	9			
REYNALDO MERIN	Electroma	gnetismo			
		HOJA N.º:1			

- 1. ¿Cuál es la inducción magnética B existente en la cara de un imán de sección circular del parlante de un equipo de audio con radio r = 3cm si es atravesado por un flujo de $\Phi = 8mWb$?
- 2. ¿Cuál es el flujo magnético Φ que existe en el campo magnético producido por una bobina de una electroválvula si tiene esta un núcleo cilíndrico de diámetro d=4cm y la inducción magnética en la misma es de B=1,5T?
- 3. ¿Cuál sería la sección de un electroimán que teniendo una inducción de B=1T produce un flujo magnético de $\Phi=10mWb$?
- 4. Se desea fabricar un electroimán de fuerza magnetomotriz $\mathcal{F} = 221Av$, si solamente se puede fabricar con un número entero de vueltas y corriente (ej:1v,2v,3v...nv)(ej:1A, 2A, 3A ...nA) ¿Cuáles son las 4 únicas formas de fabricación posibles?
- 5. Calcular la intensidad del campo H en el interior de una bobina que tiene 400 vueltas, una corriente I = 9A y una longitud media de L = 60cm.
- 6. Si el campo magnético que se produce en una bobina de L = 80cm al circular I = 2A de corriente por ella es de H = 5000Av/m, calcular el número de espiras que posee.
- 7. Una intensidad de campo de H = 4000Av/m produce una f.m.m. de 500Av. Averiguar la longitud media del núcleo.
- 8. Calcular el campo magnético H de un electroimán solenoide comercial de 24VDC que también funciona con 12VDC. Si este en 24VDC funciona con I=0,43A tiene una bobina de 1000 vueltas y 38mm de longitud de núcleo; Tendrá la misma intensidad de campo con ambas tensiones?
- 9. Comercialmente se venden solenoides que son electroimanes de núcleo móvil, que tienen 5Kg de fuerza de agarre, y funcionan con 220V. La fuerza que puede realizar está dada por la siguiente fórmula $F = 40000B^2S$. Sabiendo que la sección es cuadrada de 2cm de lado. Determinar la inducción magnética B necesaria para que dicha fuerza sea posible.
- 10. Hay electroimanes en lavadoras automáticas para accionar el cierre de válvulas de purga, estas requieren de fuerza de apertura como para cierre, el cierre es producido por un resorte antagonista conectado a un núcleo móvil que cuando se energiza vence la fuerza del resorte e impulsa al núcleo hacia dentro del solenoide solidario a la válvula. Si la electroválvula posee un núcleo de acero forjado de longitud de núcleo L = 2cm y sección $s = 2cm^2$, una bobina de 200 vueltas y consume una corriente I = 0,58A; Cuál es la fuerza de accionamiento?
- 11. Se está fabricando un brazo robot que necesita levantar una lata de conservas de durazno al natural que está hecha de hojalata recubierta por una capa de estaño despreciable (equivalente a chapa normal), para esto el equipo de producción pensó en diferentes alternativas, una de ellas es fabricar un electroimán. para ello se hizo un electroimán con núcleo de chapa silicio con las siguientes características: N = 150, $i = 0,4A,S = 3cm^2,L = 3cm$ ¿Podrá levantar la lata?

TÉCNICANO		NOMBRE:		
TÉCNICA NO PLOS	MÁQUINAS ELÉCTRICAS II	CURSO:	T.P.N. ^o :1	
		FECHA://	ESC.:	
	国系数 国			
REYNALDO MERIN	Electromag	netismo		
			HOJA N.º:2	

- 12. Determinar la fuerza con la que atraerá un electroimán de armadura de hierro si la inducción que aparece en el núcleo es de 1, 3T y la superficie de total de contacto entre el núcleo y el hierro móvil es de $4cm^2$
- 13. Se desea conseguir que el electroimán de un contacto automático desarrolle una fuerza de atracción al bloque de contactos móviles de 2*Kg*. Teniendo en cuenta que el núcleo está fabricado de hierro forjado, que posee 2000 espiras y que las dimensiones y forma del circuito magnético de dicho electroimán son las que se muestran en la siguiente figura, calcular la intensidad de la corriente eléctrica para conseguirlo.



- 14. Calcular la permeabilidad absoluta para una lámina de hierro que si es afectada por una intensidad de campo de 400Av/m adquiere una inducción magnética B = 1Tesla.
- 15. Si $\mu_r = \mu/\mu_o$ y $\mu_o = 4\pi 10^{-7} H/m$. Calcular la permeabilidad relativa μ_r para el problema anterior.
- 16. Una chapa de silicio es sometida a un campo magnético de 9000Av/m según el cuadro 1 determinar la inducción *B* en Teslas.
- 17. Usando el cuadro 1 determinar la permeabilidad absoluta μ para Chapa normal con intensidades de campo de H=100Av/m, H=1200Av/m, H=10000Av/m
- 18. Usando el cuadro 1 determinar la permeabilidad relativa μ_r para hierro forjado expuesto a intensidad de campo H=120, H=2400, H=27000 y H=580.
- 19. Completar la siguiente tabla completando las permeabilidades relativas y absolutas ¿La permeabilidad varía?

TÉCNICA NO		NOMBRE:	
TECNICA NO.	MÁQUINAS ELÉCTRICAS II	CURSO:	T.P.N. ^o :1
E		FECHA://	ESC.:
	国系数 国	V.ºB.º:	
REYNALDO MERIN	Electromaç	jnetismo	
		HOJA N.º:3	

🖒 Ejemplo:

Calculamos la permeabilidad absoluta μ y la relativa μ_r

$$\mu = B/H = 0.1/80 = 0.00125$$
 (1.1)

$$\mu_o = 4\pi x 10^{-7} \tag{1.2}$$

$$\mu_r = \mu/\mu_o = \mu/(4\pi x 10^{-7}) = 0.00125/(4\pi x 10^{-7}) = 994.72$$
 (1.3)

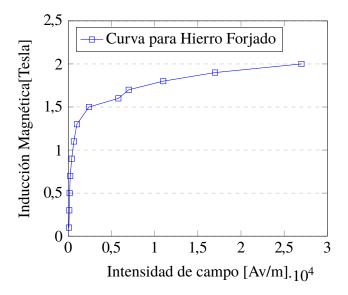
		H(Av/m)		μ	(Per.abs.)	μ	r(Per.rel.	.)
B(Teslas)	H.Forj.	CH.Nor.	H.Sil.	H.Forj.	CH.Nor.	H.Sil.	H.Forj.	CH.Nor.	H.Sil.
0,1	80	50	90	0.00125			994.72		
0,3	120	65	140	0.0025			1989.43		
0,5	160	100	170						
0,7	230	180	240						
0,9	400	360	350						
1,1	650	675	530						
1,3	1000	1200	1300						
1,5	2400	2200	5000						
1,6	5800	3500	9000						
1,7	7000	5000	16500						
1,8	11000	10000	27500						
1,9	17000	16000							
2	27000	32000							

TÉCNICANO		NOMBRE:	NOMBRE:		
\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\	MÁQUINAS ELÉCTRICAS II	CURSO:	T.P.N. ^o :1		
\$\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2}		FECHA://	ESC.:		
		V.ºB.º:			
REYNALDO MERIN	Electromagn	etismo			
			HOJA N.º:4		

20. Construya 2 gráficos chapa normal y chapa silicio. Donde el eje x sea la la intensidad de campo H[Av/m] y el eje Y sea la inducción magnética B[Teslas] Ejemplo para Hierro Forjado:

x:H[Av/m]	y:B[Teslas]
80	0,1
120	0,3
160	0,5
230	0,7
400	0,9
650	1,1
1000	1,3
2400	1,5
5800	1,6
7000	1,7
11000	1,8
17000	1,9
27000	2

Cuadro 1.2: Tabla para Hierro Forjado



Resumen de formulas

$$H = \frac{NI}{L}$$
; $B = \mu H$; $\mathcal{F} = NI$; $\mu_r = \mu/\mu_o$; $\mu_o = 4\pi 10^{-7} H/m$; $F = 40000 B^2 S$

TÉCNICA NO		NOMBRE:	NOMBRE:		
SHATÉCNICA NO.	MÁQUINAS ELÉCTRICAS II	CURSO:	T.P.N. ^o :1		
		FECHA://	ESC.:		
	国系数国		V.ºB.º:		
REYNALDO MERIN	Electroma	gnetismo			
	画数线 器		HOJA N.º:5		

1.2. Interacción electromagnética

6 Contenido:

Interacción entre la corriente eléctrica y campo magnético, generación de f.e.m y fuerzas. f.e.m inducida por un conductor que se mueve en un campo magnético

6 Fórmulas:

$$\epsilon = Blv = f.e.m$$
 $\epsilon_{auto} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$

$$e_{auto} = L \frac{\Delta I}{\Delta t} \qquad L = N \frac{\Phi}{I}$$

$$F = BlI$$
 $\Phi = Bs$

siendo:

s: sección (m^2)

Φ: Flujo magnético. (Tesla m^2)

 $\Delta \Phi = \Phi_{final} - \Phi_{inicial}$: Variación de flujo magnético.

 $\Delta t = t_{final} - t_{inicial}$: Variación de tiempo.

I: Corriente (Ampere)

 $\Delta I = I_{final} - I_{inicial}$: Variación de corriente. (Ampere)

L: Coeficiente de autoinducción.

N: Número de espiras.

F: Fuerza (Newtons)

 ϵ : f.e.m. inducida.(Volts)

 ϵ_{auto} : f.e.m. de auto inducción.(Volts)

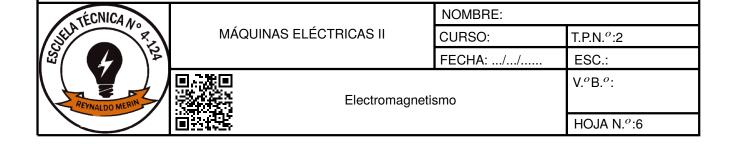
B: Inducción magnética.(Tesla)

l: Longitud del conductor.(metros)

v: Velocidad del conductor (m/s)

Actividad: Resolver los siguientes problemas

- 1. Un conductor se desplaza a una velocidad lineal de v = 10m/s dentro de un campo magnético fijo de B = 1,5T de inducción. Determinar el valor de la f.e.m. inducida en el mismo si posee una longitud de l = 1m.
- 2. A que velocidad se deberá mover un conductor de longitud l=0.5m para que dentro de una inducción de campo magnético de B=1T produzca una f.e.m de e=5V.
- 3. Determinar la inducción de campo magnético B, que será necesaria para que un conductor de l = 1m de longitud que se mueve a v = 10m/s cortando las líneas del campo magnético produzca una f.e.m de e = 12V.



- 4. ¿Cuál la f.e.m de auto-inducción si el flujo magnético Φ que existe en el campo magnético producido por una bobina de una electroválvula si tiene esta un núcleo cilíndrico de diámetro d = 4cm y la inducción magnética en la misma crece de B = 0T a B = 1,5T en $\Delta t = 0,3s$?
- 5. Calcular el valor de la f.e.m de auto-inducción que se desarrollará una boina con coeficiente de auto-inducción de 50 milihernios si se aplica una corriente que crece desde cero hasta I = 20A en un tiempo de $\Delta t = 0$, 1seg.
- 6. Cuanto tiempo habrá que esperar para que la f.e.m de auto-inducción se reduzca a $e_{auto} = 1V$ si se hace circular I = 10A por una bobina con un coeficiente de auto-inducción de L = 60mH
- 7. Cual es la f.e.m de auto inducción del problema anterior cuando pasa 1 milisegundo de tiempo t = 0,001seg y ¿Cuál es el valor de la fem de auto-inducción después de 1 minuto?
- 8. Con los datos del problema anterior elaborar un gráfico donde en el eje vertical(ordenadas) se coloque el valor de f.e.m auto-inducción e_{auto} en el eje de las abscisas los valores de tiempo para $t_1 = 0.01s$, $t_2 = 0.1s$, $t_3 = 0.5s$, $t_4 = 0.8s$, $t_5 = 1s$, $t_6 = 2s$, $t_7 = 4s$, $t_8 = 5s$ y $t_9 = 10s$
- 9. Una bobina de N=200 espiras se mueve cortando perpendicularmente un campo magnético. La variación de flujo experimentado es uniforme y va desde los $\Phi_1=5mWb$ a los $\Phi_2=10mWb$ en un intervalo de tiempo de $\Delta t=0.5s$. Averiguar la f.e.m inducida.
- 10. Una bobina de N=100 espiras corta con un ángulo de 45^{o} un campo magnético uniforme, la variación de flujo experimentada es uniforme y es de $\Delta\Phi=4mWb$ en $\Delta t=1s$. Averiguar la f.e.m inducida.
- 11. Los terminales de una bobina son conectados a una resistencia $R=1\Omega$ y se genera una corriente de I=0,5A y cuando esta se mueve produce una variación de flujo de $\Delta\Phi=5mWb$ en $\Delta t=2s$ ¿Cuántas espiras N tiene?
- 12. Hallar la longitud que tiene que tener un conductor que corta perpendicularmente un campo magnético el cual posee una inducción de B=3T, y moviéndose a una velocidad de v = 5m/s genera una f.e.m de e = 10V.
- 13. Calcular el valor de la f.e.m. de autoinducción que desarrollará una bobina con un coeficiente de autoinducción de L = 50mH, si se aplica una corriente que crece regularmente desde cero hasta I = 10A en un tiempo de t = 0.01s.
- 14. Calcular el coeficiente de autoinducción si se genera una f.e.m de e = 60V con una corriente que va desde $I_i = 0A$ a $I_f = 12A$ en el tiempo de $\Delta t = 0$, 1s.
- 15. Calcular cuánto debe variar la corriente de forma uniforme para que se produzca una f.e.m. de e = 12V en una bobina con coeficiente de autoinducción de L = 60mH, en el tiempo de $\Delta t = 0, 1s$.
- 16. Una bobina posee N = 500 espiras y produce un flujo magnético de $\Phi = 10mWb$ cuando es atravesada por una corriente de I = 10A. Determinar el coeficiente de autoinducción.

TÉCNICANO		NOMBRE:		
TÉCNICA NO PES	MÁQUINAS ELÉCTRICAS II	CURSO:	T.P.N. ^o :2	
		FECHA://	ESC.:	
	国系数 国		V.ºB.º:	
REYNALDO MERIN	Electromaç	netismo		
			HOJA N.º:7	

- 17. Una bobina que posee N=500 espiras tiene un coeficiente de autoinducción L=0,5H. Averiguar si produce un flujo magnético de $\Phi=10mWb$ ¿Cuánta corriente circula por la misma?
- 18. Averiguar el número de espiras que tiene una bobina que produce una variación de flujo magnético de $\Delta\Phi=0,01Wb$ cuando es travesada por una corriente de 10A y tiene un coeficiente de autoinducción igual a L=0,5H.
- 19. Un conductor de l=25cm se mueve en forma circular dentro de un campo magnético cortando el flujo magnético según la función $sen(\alpha)$ si el flujo máximo $\Phi=50mWb$. Si demora t=1s en dar una vuelta. Realizar un gráfico donde el eje de las ordenadas sea el tiempo en segundos y las ordenadas el valor de la f.e.m generada.
- 20. Un imán produce una inducción $\Phi = 100mWb$ en una superficie de $s = 20cm^2$ determinar el valor de la inducción del imán.
- 21. Un super imán de B=10T tiene sección hexagonal de cuyo radio que lo circunscribe es r=10cm. Determinar el flujo magnético en una cara del imán Φ .
- 22. Un imán de B = 3T tiene una longitud de 50cm, se pasa sobre el imán un conductor cuyo longitud es l = 20cm con una velocidad del v = 5m/s. Determinar el valor de la f.e.m. que se produce. A que velocidad hay que hacerlo pasar para obtener 10V?
- 23. Diseñar un generador para que genere una f.em. 10V, cuando posea un conductor que mueva a la velocidad de 3.14m/s.

TECNICANO			NOMBRE:		
1/30/ _ \r,\	MÁQUINAS ELÉCTRICAS II		CURSO:	T.P.N. ^o :2	
			FECHA://	ESC.:	
	国際		V.ºB.º:		
REYNALDO MERIN	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	Electromagnetis	smo		
				HOJA N.º:8	

1.3. Motor paso a paso

El motor paso a paso (*Stepper en inglés*) conocido también como motor de pasos es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa que es capaz de girar una cantidad de grados (paso o medio paso) dependiendo de sus entradas de control.

⊞ Funcionamiento de motor paso a paso.



https://www.youtube.com/watch?v=EV1Ypc6cfy4

El motor paso a paso se comporta de la misma manera que un conversor digital-analógico (D/A) y puede ser gobernado por impulsos procedentes de sistemas digitales. Este motor presenta las ventajas de tener precisión y repetitividad en cuanto al posicionamiento. Entre sus principales aplicaciones destacan los robots, drones, radiocontrol, impresoras digitales, automatización, fotocomponedoras, preprensa, etc.



Figura 1.1: Motor paso a paso.

1.3.1. Tipos de motores paso a paso

Existen 3 tipos fundamentales de motores paso a paso: el motor de reluctancia variable, el motor de magnetización permanente, y el motor híbrido.

TÉCNICANO		NOMBRE:	NOMBRE:		
SS SS	V —	CURSO:	T.P.N. ^o :3		
ES P		FECHA://	ESC.:		
			V.ºB.º:		
REYNALDO MERIN	Motor paso	a paso			
			HOJA N.º:9		

- El motor de pasos de reluctancia variable (VR): Tiene un rotor multipolar de hierro y un estátor devanado, opcionalmente laminado. Rota cuando el (o los) diente(s) más cercano(s) del rotor es (o son) atraído(s) a la(s) bobina(s) del estátor energizada(s) (obteniéndose por lo tanto, la ruta de menor reluctancia). La respuesta de este motor es muy rápida, pero la inercia permitida en la carga es pequeña. Cuando los devanados no están energizados, el par estático de este tipo de motor es cero.
- El motor de pasos de rotor de imán permanente: Permite mantener un par diferente de cero cuando el motor no está energizado. Dependiendo de la construcción del motor, es típicamente posible obtener pasos angulares de 7.5, 11.25, 15, 18, 45 o 90°. El ángulo de rotación se determina por el número de polos en el estátor.
- El motor de pasos híbrido: Se caracteriza por tener varios dientes en el estátor y en el rotor, el rotor con un imán concéntrico magnetizado axialmente alrededor de su eje. Se puede ver que esta configuración es una mezcla de los tipos de reluctancia variable e imán permanente. Este tipo de motor tiene una alta precisión y alto par, se puede configurar para suministrar un paso angular tan pequeño como 1.8°.

1.3.2. Motores paso a paso unipolares

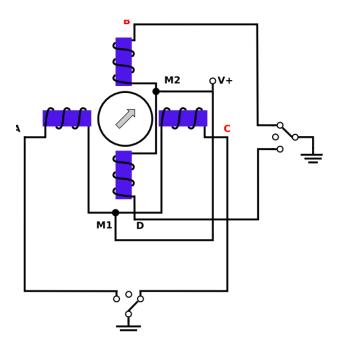


Figura 1.2: Modelo conceptual de motor unipolar.

Estos motores suelen tener 5 o 6 cables de salida dependiendo de su conexión interna. Este tipo se caracteriza por ser más simple de controlar, estos utilizan un cable común a la fuente de alimentación y posteriormente se van colocando las otras líneas a tierra en un orden específico para generar cada paso, si tienen 6 cables es porque cada par de bobinas tienen un común separado, si

ATÉCNICANO		NOMBRE:	NOMBRE:	
	MÁQUINAS ELÉCTRICAS II	CURSO:	T.P.N. ^o :3	
ESO (2)		FECHA://	ESC.:	
			V.ºB.º:	
REYNALDO MERIN	Motor paso	a paso		
	III 公共			

tiene 5 cables es porque las cuatro bobinas tienen un polo común; un motor unipolar de 6 cables puede ser usado como un motor bipolar si se deja las líneas del común al aire.

1.3.3. Motores paso a paso bipolares

Estos tienen generalmente 4 cables de salida. Necesitan ciertos trucos para ser controlados debido a que requieren del cambio de dirección de flujo de corriente a través de las bobinas en la secuencia apropiada para realizar un movimiento.

Secuencia de rotación en un motor Bipolar: Obsérvese cómo la variación de la dirección del campo magnético creado en el estator producirá movimiento de seguimiento de parte del rotor del imán permanente, el cual intentará alinearse con el campo magnético inducido por las bobinas que excitan los electroimanes (en este caso A y B). Vcc es la alimentación de corriente continua (por ejemplo: 5V, 12V, 24V...)

1.3.4. Control de las bobinas

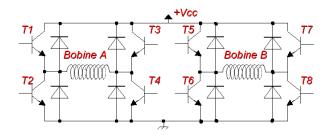


Figura 1.3: Topología de "puente en H"para las bobinas A y B

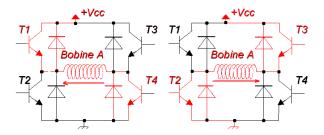


Figura 1.4: Variación de la alimentación según los transistores T1, T2, T3, T4

Para el control del motor paso a paso de este tipo (bipolar), se establece el principio de "Puente H", si se activan T1 y T4, permiten la alimentación en un sentido; si cambiamos el sentido de la alimentación activando T2 y T3, cambiaremos el sentido de alimentación y el sentido de la corriente.

TÉCNICANO		NOMBRE:		
(4)	MÁQUINAS ELÉCTRICAS II	CURSO:	T.P.N. ^o :3	
ESC. [2]		FECHA://	ESC.:	
REYNALDO MERIN				
	国络森野		HOJA N.º:11	

1 Velocidad de rotación:

La velocidad de rotación en RPM (revoluciones por minuto) viene definida por la ecuación:

$$N = 60 \cdot \frac{f}{n} \tag{1.4}$$

Donde:

f: frecuencia del tren de impulsos (ciclos/segundo)

n: Número de de polos que forman el motor

Si bien hay que decir que para estos motores, la máxima frecuencia admisible suele estar alrededor de los 625 Hz, en caso de que la frecuencia de pulsos sea demasiado elevada, el motor puede reaccionar en alguna de las siguientes maneras:

- No realizar ningún movimiento en absoluto.
- Comenzar a vibrar pero sin llegar a girar.
- Girar erráticamente.
- Girar en sentido opuesto.
- Perder potencia

Como ayuda es recomendable que también se coloque a disposición un simulador o circuito para probar estos motores paso a paso para descartar fallas en ello.

Actividad: Investigar y Responder

- 1. ¿Cuales son las ventajas y desventajas del que posee un *motor paso a paso* con respecto a un *motor de corriente continua*?
- 2. ¿Cuáles son las aplicaciones de los stepper?
- 3. ¿Qué tipo de motores paso a paso hay?
- 4. ¿Cómo está compuesto un motor paso a paso?
- 5. ¿Qué significa que el motor sea de reluctancia variable?
- 6. ¿Qué diferencias más importantes existen entre los motores paso a paso bipolares y unipolares?
- 7. Realizar el esquema de conexión de bobinas para motores bipolares y unipolares.
- 8. ¿Cómo se realiza la identificación de las bobinas motores paso a paso?

TÉCNICANO		NOMBRE:	NOMBRE:	
TECNICA NO. P. L. S.	MÁQUINAS ELÉCTRICAS II	CURSO:	T.P.N. ^o :3	
33 P		FECHA://	ESC.:	
	国施数 国		V.ºB.º:	
REYNALDO MERIN	Motor paso	a paso		
			HOJA N.º:12	

1.4. Servomotor

Partes de un Servo motor

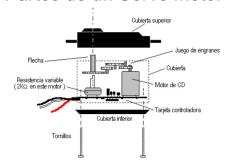


Figura 1.5: Partes del servomotor

Un servomotor es un dispositivo actuador que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y de mantenerse estable en dicha posición. Está formado por un motor de corriente continua, una caja reductora y un circuito de control, y su margen de funcionamiento suele ser de menos de una vuelta completa.

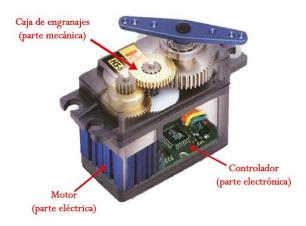


Figura 1.6: Servomotor de modelismo.

Los servos de modelismo se utilizan frecuentemente en sistemas de radiocontrol y en robótica, pero su uso no está limitado a estos.

El componente principal de un servo es un motor de corriente continua, que realiza la función de actuador en el dispositivo: al aplicarse un voltaje entre sus dos terminales, el motor gira en un sentido a alta velocidad, pero produciendo un bajo par. Para aumentar el par del dispositivo, se emplea una caja reductora, que transforma gran parte de la velocidad de giro en torsión.

ATÉCNICANO		NOMBRE:	NOMBRE:	
	MÁQUINAS ELÉCTRICAS II	CURSO:	T.P.N. ^o :4	
\$\frac{1}{2} \frac{1}{2} \frac{1}{2}		FECHA://	ESC.:	
			V.ºB.º:	
REYNALDO MERIN	Servomo	otor		
	HOJA N.º:13			



1.4.1. Control de posición

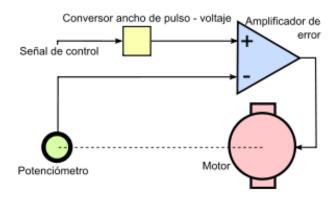


Figura 1.7: Diagrama del circuito de control implementado en un servo. La línea punteada indica un acople mecánico, mientras que las líneas continuas indican conexión eléctrica.

El dispositivo utiliza un circuito de control para realizar la ubicación del motor en un punto, consistente en un controlador proporcional.

El punto de referencia o *setpoint*: que es el valor de posición deseada para el motor, se indica mediante una señal de control cuadrada. El ancho de pulso de la señal indica el ángulo de posición: una señal con pulsos más anchos (es decir, de mayor duración) ubicará al motor en un ángulo mayor, y viceversa.(PWM)

Inicialmente, un amplificador de error calcula el valor del error de posición, que es la diferencia entre la referencia y la posición en que se encuentra el motor. Un error de posición mayor significa que hay una diferencia mayor entre el valor deseado y el existente, de modo que el motor deberá rotar más rápido para alcanzarlo; uno menor, significa que la posición del motor está cerca de la deseada por el usuario, así que el motor tendrá que rotar más lentamente. Si el servo se encuentra en la posición deseada, el error será cero, y no habrá movimiento.

Para que el amplificador de error pueda calcular el error de posición, debe restar dos valores de voltaje analógicos. La señal de control PWM se convierte entonces en un valor analógico de voltaje, mediante un convertidor de ancho de pulso a voltaje. El valor de la posición del motor se obtiene usando un potenciómetro de realimentación acoplado mecánicamente a la caja reductora del eje del motor: cuando el motor rote, el potenciómetro también lo hará, variando el voltaje que se introduce al amplificador de error.

Una vez que se ha obtenido el error de posición, este se amplifica con una ganancia, y posteriormente se aplica a los terminales del motor.

TÉCNICA NO			NOMBRE:	
[S] E]	MÁQUINAS ELÉCTRICAS II	CURS	0:	T.P.N. ^o :4
ES P		FECH/	A ://	ESC.:
	Servomotor		V.ºB.º:	
REYNALDO MERIN				
	I NACE OF THE PARTY OF THE PAR			

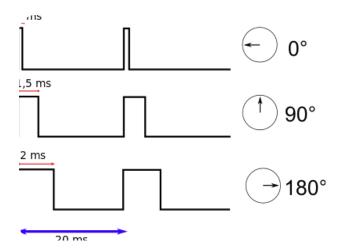


Figura 1.8: Ejemplos de señales de control utilizadas, y sus respectivos resultados de posición del servo (no están a escala). La posición del servo tiene una proporción lineal con el ancho del pulso utilizado.

1.4.2. Utilización

Dependiendo del modelo del servo, la tensión de alimentación puede estar comprendida entre los 4 y 8 voltios. El control de un servo se reduce a indicar su posición mediante una señal cuadrada de voltaje: el ángulo de ubicación del motor depende de la duración del nivel alto de la señal.

Dependiendo de la marca y modelo utilizado, cada servo tiene sus propios márgenes de operación. Por ejemplo, para algunos servos los valores de tiempo de la señal en alto están entre 1 y 2 ms, que posicionan al motor en ambos extremos de giro (0°y180°, respectivamente). Los valores de tiempo de alto para ubicar el motor en otras posiciones se hallan mediante una relación completamente lineal: el valor 1,5 ms indica la posición central, y otros valores de duración del pulso dejarían al motor en la posición proporcional a dicha duración.

Es sencillo notar que, para el caso del motor anteriormente mencionado, la duración del pulso alto para conseguir un ángulo de posición ϕ estará dado por la fórmula:

$$t = 1 + \frac{\phi}{180} \tag{1.5}$$

donde t está dado en milisegundos y ϕ en grados. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que ningún valor de ángulo o de duración de pulso puede estar fuera del rango de operación del dispositivo: en efecto, el servo tiene un límite de giro de modo que no puede girar más de cierto ángulo en un mismo sentido debido a la limitación física que impone el potenciómetro del control de posición.

Para bloquear el servomotor en una posición, es necesario enviarle continuamente la señal con la posición deseada. De esta forma, el sistema de control seguirá operando, y el servo conservará su posición y se resistirá a fuerzas externas que intenten cambiarlo de posición. Si los pulsos no se envían, el servomotor quedará liberado, y cualquier fuerza externa puede cambiarlo de posición fácilmente.

TÉCNICA NO		NOMBRE:	
SHATECNICA NO P.	MÁQUINAS ELÉCTRICAS II	CURSO:	T.P.N. ^o :4
E 1		FECHA://	ESC.:
	Servomotor		V.ºB.º:
REYNALDO MERIN			
			HOJA N.º:15

Actividad: Contestar 1. ¿Cómo está formado un servomotor? 2. ¿Cuáles son las aplicaciones del servomotor? 3. ¿Qué es PWM? NOMBRE: MÁQUINAS ELÉCTRICAS II T.P.N.^o:4 CURSO:



1.5. Motor eléctrico sin escobillas

Un motor eléctrico sin escobillas o motor brushless es un motor eléctrico que no emplea escobillas para realizar el cambio de polaridad en el rotor.

Los motores eléctricos solían tener un colector de delgas o un par de anillos rozantes. Estos sistemas, que producen rozamiento, disminuyen el rendimiento, desprenden calor y ruido, requieren mucho mantenimiento y pueden producir partículas de carbón que manchan el motor de un polvo que, además, puede ser conductor.

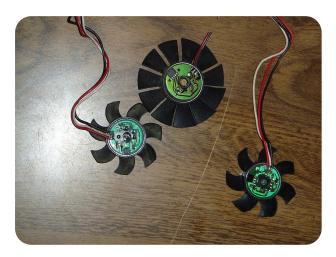


Figura 1.9: Coolers de ordenador desmontados.

Los primeros motores sin escobillas fueron los motores de corriente alterna asíncronos. Hoy en día, gracias a la electrónica, se muestran muy ventajosos, ya que son más baratos de fabricar, pesan menos y requieren menos mantenimiento, pero su control es mucho más complejo. Esta complejidad prácticamente se ha eliminado con los controladores electrónicos de velocidad ESC (Por sus siglas en inglés *Electronic Speed Control*).

Otros motores sin escobillas, que sólo funcionan con corriente continua son los que se usan en pequeños aparatos eléctricos de baja potencia, como lectores de CD-ROM, ventiladores de ordenador, casetes, etc. Su mecanismo se basa en sustituir la conmutación (cambio de polaridad) mecánica por otra electrónica sin contacto. En este caso, la espira sólo es impulsada cuando el polo es el correcto, y cuando no lo es, el sistema electrónico corta el suministro de corriente. Para detectar la posición de la espira del rotor se utiliza la detección de un campo magnético. Este sistema electrónico, además, puede informar de la velocidad de giro, o si está parado, e incluso cortar la corriente si se detiene para que no se queme. Tienen la desventaja de que no giran al revés al cambiarles la polaridad (+ y -). Para hacer el cambio se deberían cruzar dos conductores del sistema electrónico.

Un sistema algo parecido, para evitar este rozamiento en los anillos, se usa en los alternadores. En este caso no se evita el uso de anillos rozantes, sino que se evita usar uno más robusto y que frenaría mucho el motor. Actualmente, los alternadores tienen el campo magnético inductor en el rotor, que induce el campo magnético al estátor, que a la vez es inducido. Como el campo magnético del inductor necesita mucha menos corriente que la que se va generar en el inducido, se necesitan

TÉCNICANO		NOMBRE:	NOMBRE:	
SS SS	MÁQUINAS ELÉCTRICAS II	CURSO:	T.P.N. ^o :5	
ESC P		FECHA://	ESC.:	
	Motor eléctrico sin escobillas		V.ºB.º:	
REYNALDO MERIN				
			HOJA N.º:17	

unos anillos con un rozamiento menor. Esta configuración la usan desde pequeños alternadores de coche hasta los generadores de centrales con potencias del orden del megavatio.

1.5.1. Partes

El motor cuenta con tres enrollados de cable de cobre con conexión estrella, y dependiendo de cada tipo de motor, determinado número de polos para sí mismas. Comúnmente los polos de las bobinas se encuentran en el estátor y a su alrededor un número acorde a las bobinas de pequeños imanes que al energizarse cada una de las bobinas, o mejor dicho, cada par de bobinas hace girar al rotor para generar movimiento mecánico.

1.5.2. Funcionamiento

La manera de operar de estos motores llega a ser un poco diferente a cualquier otro motor de DC y AC. El principio del funcionamiento de los motores brushless consiste en que, al momento de energizar dos polos de las tres bobinas que contiene, induzca un campo magnético en las mismas para así ser repelido por los imanes en el interior.

Al girar el rotor un paso hacia una dirección, es al mismo tiempo repelido por un imán y atraído por otro. Es ahí cuando se induce Potencial eléctrico en otra terminal del embobinado para soltarse de una de las previamente conectadas. Es ligeramente complicado controlar la velocidad de giro de este tipo de motor ya que es imposible hacer los cambios de conexiones entre las terminales de los embobinados a mano, es por ello que se utiliza un ESC (Controlador Electrónico de Velocidad, por sus siglas en inglés) para poder variar las velocidades de giro por medio de Modulación por ancho de pulsos ya sea suministrado por un microcontrolador o por un transmisor de control remoto.

1.5.3. ESC (Electronic Speed Controller)

Es el dispositivo electrónico capaz de controlar el motor brushless permitiendo hacer el intercambio de conexiones o polaridades en los embobinados. Se controla por medio de pulsos o PWM.

El ESC cuenta con una serie de componentes electrónicos que en conjunto son capaces de hacer los movimientos necesarios para hacer funcionar el motor. Dependiendo del motor y de la potencia del mismo se pueden utilizar distintos tipos de controladores. Los más comunes y comerciales son los de Circuitos integrados que puede hacerlo funcionar con una potencia baja pero con una facilidad de instalación y funcionamiento.

Básicamente están compuestos por Transistores encargados de la etapa de potencia y a su vez sirven como interruptores de dos vías que permiten alternar la polaridad. La otra parte importante es la de los Half-Bridge Drivers que son los que reciben las respuestas de los pulsos para hacer el cambio de polaridad en los transistores. La parte más importante en este tipo de controladores es la del controlador, ya que sin esta parte seria imposible hacer el movimiento del motor, no se puede hacer solamente mecánicamente, necesita una manipulación electrónica.

ATÉCNICA NO		NOMBRE:	
	MÁQUINAS ELÉCTRICAS II	CURSO:	T.P.N. ^o :5
		FECHA://	ESC.:
		Motor eléctrico sin escobillas	
REYNALDO MERIN			
	直络探験		HOJA N.º:18

1.5.4. Ventajas, desventajas y aplicaciones

Los motores tiene la característica de que no emplean escobillas en la conmutación para la transferencia de energía; en este caso, la conmutación se realiza electrónicamente. Esta propiedad elimina el gran problema que poseen los motores eléctricos convencionales con escobillas, los cuales producen rozamiento, disminuyen el rendimiento, desprenden calor, son ruidosos y requieren una sustitución periódica y, por lo tanto, un mayor mantenimiento.

Los motores Brushless tienen muchas ventajas frente a los motores DC con escobillas y frente a los motores de inducción. Algunas de estas son:

- Mayor relación velocidad-par motor.
- Mayor respuesta dinámica.
- Mayor eficiencia.
- Mayor vida útil.
- Menos ruido.
- Mayor rango de velocidad.



Figura 1.10: Dron impulsado con motores brushless

Además, la relación par motor-tamaño es mucho mayor, lo que implica que se pueden emplear en aplicaciones donde se trabaje con un espacio reducido.

El principal impedimento en la implementación de este tipo de motor es el coste del mismo ya que tiende a ser más elevado que cualquier otro motor; el otro es el control del mismo, ya que como se mencionó, es imposible controlarlo manualmente por lo que necesita la ayuda electrónica para funcionar.

Actualmente, los motores Brushless se emplean en sectores industriales tales como: Automóvil, Aeroespacial, Consumo, Médico, Equipos de automatización e instrumentación.

TÉCNICANO		NOMBRE:	NOMBRE:	
NA S	MÁQUINAS ELÉCTRICAS II	CURSO:	T.P.N. ^o :5	
ES PER PER		FECHA://	ESC.:	
	回点数回		V.ºB.º:	
REYNALDO MERIN	Motor eléctrico si	n escobillas		
	国致概念		HOJA N.º:19	

1.5.5. Nomenclatura

Cada motor tiene una numeración correspondiente que abarca sus características esenciales, y que define de manera clara su comportamiento y capacidades. Ej: XXXX-XXXXKV.

Las primeras cuatro cifras se leen de dos en dos y corresponden a la longitud del motor y a su altura, respectivamente. Las cuatro siguientes cifras hacen mención al coeficiente KV, que es una medida de la característica física que define la calidad del motor.

El valor expresado en KV se refiere a la constante de revoluciones del motor, en resumen el número de RPM Revolución por minuto que será capaz de ofrecer el motor cuando se le aplique 1V (un voltio) de tensión. No se debe confundir los KV del motor con kV (Prefijo "kilo" que expresa la multiplicación por 1000 por la unidad).

En los motores con KV bajos indica que el número de espiras es mayor, por lo tanto el hilo de cobre es más fino. El total de amperios que circulan por el motor es inferior a otros con KV más alto. Se utilizan en drones que necesitan mucho par y poca velocidad.

En los motores con KV altos indica que el número de espiras es menor, por lo tanto el hilo de cobre es más grueso. El total de amperios que circulan por el motor es superior a otros con KV más bajo. Se utilizan en drones de carreras, aparatos que necesitan poco par y mucha velocidad.

Actividad: Responder

- 1. ¿Qué es y cuál es la función de las escobillas?
- 2. ¿Cuales son las principales características de un motor brushless?
- 3. En base al siguiente video explicar el funcionamiento de el motor brushless.





https://www.youtube.com/watch?v=NnUiAgUundw

ATÉCNICA NO		NOMBRE:	NOMBRE:	
1/37/	MÁQUINAS ELÉCTRICAS II	CURSO:	T.P.N. ^o :5	
SE T		FECHA://	ESC.:	
	東京教 国		V.ºB.º:	
REYNALDO MERIN	Motor eléctrico sin escobillas			
			HOJA N.º:20	

Capítulo 2

Segundo cuatrimestre

2.1. Alternador trifásico

1 Contenido:

Alternadores, frecuencia del alternador, monofásicos, trifásicos, tensiones compuestas, simples, corrientes simples compuestas, carga trifásica

Actividad: Resolver los siguientes problemas

- 1. Determinar la frecuencia que produce un alternador que gira a una velocidad de n = 1500RPM si éste posee dos pares de polos.
- 2. Determinar la frecuencia que produce un alternador que gira a una velocidad de n = 3500RPM si posee 4 pares de polos.
- 3. Determinar el numero de pares de polos que posee un generador que gira a una velocidad de n = 4500rpm y genera una frecuencia de 300Hz.
- 4. Determinar el numero de pares de polos que posee un generador que gira a una velocidad de n = 3000rpm y genera una frecuencia de 100Hz.
- 5. ¿A qué velocidad deberá girar un alternador con cuatro pares de polos para producir una frecuencia de f = 50Hz?
- 6. Determinar la tensión compuesta que corresponde a un sistema trifásico que posee una tensión simple de $V_S = 223V$.
- 7. Determinar la tensión simple que corresponde a un sistema trifásico que posee una tensión compuesta de $V_C = 440V$.
- 8. Un motor trifásico posee sus bobinas conectadas en estrella. Determinar la corriente eléctrica que absorberá de la línea si al conectarlo a una red con una tensión entre fases de $V_C = 400V$



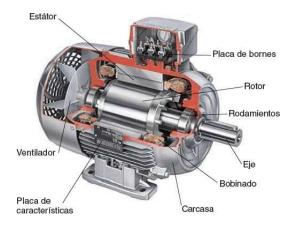
- desarrolla una potencia de P=10KW con un factor de potencia de $cos(\varphi)=0,8$, Averguar la potencia reactiva Q y aparente S del mismo.
- 9. Se conectan en estrella tres bobinas iguales a una red trifásica de $V_C = 220V$, f = 50Hz. Cada una de las mismas posee $R = 12\Omega$ de resistencia, y $X_L = 20\Omega$ de reactancia inductiva. Calcular la impedancia Z, corrientes simples, factor de potencia $cos(\varphi)$, potencia activa P potencia reactiva Q y potencia aparente S.
- 10. se desea conectar a una red trifásica con neutro y una tensión entre fases de $V_C = 400V$, 30 lámparas fluorescentes de P = 20W, $230Vcos(\varphi) = 0$,6.
 - ¿Cómo deben conectarse para que la carga esté equilibrada?
 - Averiguar la corriente simples y compuestas.
 - Calcular la potencia del conjunto y por fase.
- 11. un motor trifásico posee sus bobinas conectadas en triángulo. Determinar la corriente eléctrica que absorberá de la línea si al conectarlo a una red con tensión entre fases de $V_C = 380V$, se desarrolla una potencia de P = 15Kw, con $cos(\varphi) = 0$, 7. Averiguar la potencia reactiva Q y aparente S.
- 12. Se conectan en triángulo bobinas de $R = 10\Omega$ y $X_L = 10\omega$ a una red trifásica de $V_C = 400V$, f = 50Hz. Calcular I_C , I_S , $cos(\varphi)$, P, Q, S.
- 13. Se desean conectar 54 lámparas incandescentes de 100W, 220V, a una red trifásica con una tensión entre fases de $V_C = 220V$. ¿Cómo deben conectarse y que consumo poseen?
- 14. En un sistema trifásico con carga equilibrada se mide una intensidad de línea de $I_C = 30A$, con un factor de potencia de $cos(\varphi) = 0,75$. Si la tensión entre fases es de $V_C = 230V$. Averiguar las potencias Q, P, S.
- 15. En un sistema trifásico con carga equilibrada de tres hilos se mide una potencia en P = 36W, una intensidad de $I_C = 97, 4A$. Averiguar el factor de potencia $cos(\varphi)$ de la carga.
- 16. Un aparato de calefacción trifásico consta de tres resistencias con $R = 10\Omega$ conectadas en estrella. Determinar la potencia que consumirán cuando se aplique $V_C = 230V$ entre fases, así como la corriente simple I_S y compuesta I_C .
- 17. ¿Si conectamos en triángulo las resistencias del problema anterior que valores tomarán I_C y I_S ?
- 18. Un motor trifásico de P = 3990W y $cos(\varphi) = 0,65$ se conecta a una red de $V_C = 380V$, $f = 50h_Z$, se trata de averiguar la corriente de línea y de cada fase del motor cuando está conectado en triángulo, así como su potencia activa P reactiva Q y aparente S. Si cada una de las fases del motor se lo puede considerar como una inductancia Z que posee una reactancia inductiva X_L y una resistencia ohmica R. Determina el valor de las mismas.
- 19. Se conecta en triángulo tres bobinas iguales de $R = 16\Omega$ y $X_L = 10\Omega$ de reactancia inductiva. Si se conectan en un sistema trifásico de $V_C = 240V$ entre fases y f = 50Hz. Determinar

ATÉCNICA NO		NOMBRE:	NOMBRE:	
1/30/	MÁQUINAS ELÉCTRICAS II	CURSO:	T.P.N. ^o :1	
ES PA		FECHA://	ESC.:	
	Alternador trifásico		V.ºB.º:	
REYNALDO MERIN				
	回的 同的 是 是			

- Las corrientes simples I_S y compuestas I_C .
- Factor de potencia $cos(\varphi)$.
- La potencia Activa *P* y reactiva *Q*.
- 20. Una red trifásica alimenta tres motores monofásicos de inducción de P = 5CV (1CV = 736W), $cos(\varphi) = 0, 78, V_C = 220V$, cada uno conectados entre fase y neutro. Determinar:
 - Las corrientes simples y compuestas I_S , I_C .
 - La potencia reactiva que deberá poseer de condensadores para corregir el $cos(\varphi) = 0.9$
- 21. Una línea trifásica con neutro alimenta la instalación eléctrica de una nave de industria pesada comercial, las cargas que se conectan de forma equilibrada son las siguientes.
- 22. Una empresa demanda una potencia aparente S = 700KW a $V_C = 10KV$ en corriente alterna trifásica. Las lecturas de consumo en dos meses son para el contador de activa de Ph = 205000KWh y Qh = 150000KVAr/h. Calcular:
 - El $cos(\varphi)$ medio en dicho período de facturación.
 - Intensidades I_C , I_S
 - Potencia reactiva en un banco de capacitores necesaria para corregir el factor de potencia a $cos(\varphi) = 0,93$
 - lacktriangle Porcentaje de reducción de la corriente simple I_S una vez conectado el banco de capacitores.
- 23. Una instalación Industrial de 50kW, con un factor de potencia de $cos(\varphi) = 0$, 65, se alimenta a través de un transformador trifásico, con una tensión en el primario entre fases de $V_{C1} = 24kV$ y de $V_{C2} = 400V$ en el secundario. Averiguar:
 - La potencia nominal del transformador en kVA, así como la corriente por el primario y secundario.
 - Nuevas características del transformador si se corrige el a $cos(\varphi) = 0.98$ mediante una batería automática de condensadores conectada en el lado de baja tensión.

ATÉCNICANO	L	NOMBRE:	NOMBRE:	
	MÁQUINAS ELÉCTRICAS II	CURSO:	T.P.N. ^o :1	
		FECHA://	ESC.:	
	東森教 里		V.ºB.º:	
REYNALDO MERIN	Alternado	Alternador trifásico		
	直络網索		HOJA N.º:23	

2.2. Motor asincrónico



1 Motor Trifásico:

Deslizamiento, principio de funcionamiento, arranque.

Actividad: Trabajo práctico de investigación:

- 1. Explique que es el resbalamiento o deslizamiento en un motor asincronico.
- 2. Investigar la secuencia paso a paso del campo magnético giratorio en un motor trifásico.
- 3. Explicar la curva característica de un motor trifásico asincrónico. (curva par-velocidad)
- 4. Explicar el rendimiento de un motor y su influencia sobre el par.
- 5. Explicar como se calcula el par de un motor sus unidades, además:
 - Par máximo.
 - Par nominal.
 - Par de arranque.
- 6. Explicar la forma de conexión de devanados en un motor trifásico y las formas de conexión en la placa del motor.
- 7. Explicar los siguientes sistemas de arranque, realizar esquema de mando y potencia en caso de ser necesario.
 - Arranque Directo.
 - Arranque estrella-triángulo.
 - Arranque por devanados separados.
 - Arranque por variador de frecuencia.

ATÉCNICA NO	MÁQUINAS ELÉCTRICAS II	NOMBRE:	NOMBRE:	
SUPPLIED TO SERVE		CURSO:	T.P.N. ^o :2	
		FECHA://	ESC.:	
	回点数回		V.ºB.º:	
REYNALDO MERIN	Motor asir	ıcrónico		
			HOJA N.º:24	

- Arranque suave.
- 8. Investigar información de internet de al menos 3 motores trifásicos, obteniendo, resbalamiento, rendimiento, corrientes nominal, par máximo, par nominal, par de arranque, corriente de arranque, y comparar en una tabla.
- 9. Investigación: se desea elevar una carga de P = 1000Kg, a una velocidad lineal y constante de $v_0 = 10m/s$, se pueden usar mecanismos de reducción y poleas ¿Qué motor debería comprar?
- 10. ¿Si duplico el peso, a que velocidad podrá ascender la carga?

TÉCNICA NO PLOS		MÁQUINAS ELÉCTRICAS II	NOMBRE:	
	M		CURSO:	T.P.N. ^o :2
	12		FECHA://	ESC.:
		国系数 国		V.ºB.º:
REYNALDO MERIN	- / *#	Motor asincró	ico	
				HOJA N.º:25