

TK 255
B4

PROLOGO

El presente texto tiene por objeto principal el brindar al alumno, en la enseñanza de los temas que forman el curso de Mecánica Eléctrica I. Concienta al alumno con que se trata de un curso de información técnica avanzada. No obstante, los temas son expuestos con el mismo rigor matemático y de información práctica elemental, adecuada para la buena comprensión de los mismos. La obra está estructurada en 11 capítulos.

El capítulo 1 es una visión panorámica de los conceptos elementales del electromagnetismo y una descripción de las propiedades de los materiales ferromagnéticos. Al final del texto se incluye una tabla (t) que relaciona las unidades magnéticas en los distintos sistemas en uso actualmente.

En el capítulo 2 se hace un estudio de los circuitos magnéticos en base a la analogía eléctrica, recordando para el caso de Teoría Electromagnética el análisis del campo. Se incluye al final del texto una tabla de analogía (ii) para referencia breve.

El capítulo 3 es un estudio comparado del cálculo de imanes permanentes y del comportamiento energético del campo magnético, aplicado a los relevadores.

Se hace un análisis detallado en el capítulo 4 de las pérdidas que se presentan en un material ferromagnético al estar sometido a campos magnéticos variables.

En el capítulo 5 se parte de los conceptos fundamentales de inducción electromagnética aplicada a devanados acoplados magnéticamente para llevar paulatinamente al circuito equivalente del transformador real con núcleo de hierro. Se hace una breve descripción en la introducción de este capítulo, se aplican conceptos de circuitos de corriente alterna, explicando su aplicación en los casos que se consideró pertinente en cada caso.

En el capítulo 6 se describen las pruebas fundamentales para determinar los parámetros del circuito equivalente del transformador y de la conexión que debe aplicarse a la resistencia de los devanados por efecto de las temperaturas y campos magnéticos alternos.

El capítulo 7 expone la forma de utilizar el circuito equivalente del transformador para determinar sus características de funcionamiento en un circuito eléctrico.

En el capítulo 8 se elabora un estudio del comportamiento ideal y real del autotransformador, haciendo un análisis comparativo de sus ventajas y economías sobre el transformador de dos circuitos.

En el capítulo 9 se estudian las aplicaciones de los transformadores como elementos básicos de transmisión de potencia. Se describen las características del transformador teórico y el análisis de condiciones térmicas tanto reales (para cálculos rápidos de tensiones y corrientes, estimativamente) como no térmicas (análisis de caídas de tensión en las líneas, impedancias de los transformadores, desajuste de las tensiones entre primario y secundario debido a estas).

Se expone finalmente en este capítulo el método de análisis de sistemas eléctricos balanceados en base al cálculo de una sola fase.

En el capítulo 10 se analiza la necesidad de emplear transformadores y bancos de transformadores para un eficiente suministro de energía eléctrica, explicándose cada uno de los reducidos a tener en cuenta el mejor emparejamiento.

Finalmente, el capítulo 11 nos enseña algunas prácticas de laboratorio que servirán para la mejor comprensión de algunas temas aquí desarrollados.

INDICE

CONTENIDO

PAGINA

CAP.-1 CONCEPTOS ELEMENTALES DEL MAGNETISMO

1.1 EL CAMPO MAGNETICO

1.2 CAMPO MAGNETICO PRODUCIDO POR CARGAS EN MOVIMIENTO

1.3 FUERZAS SOBRE CARGAS EN MOVIMIENTO EN EL SENO DE UN CAMPO MAGNETICO

1.4 EL CAMPO MAGNETICO PRODUCIDO POR UN IMAN

1.5 LA BOBINA O SOLENOIDE

1.6 INDUCCION MAGNETICA Y FLUJO MAGNETICO

1.7 PROPIEDADES MAGNETICAS DE LA MATERIA

1.8 CURVA DE IMANACION

1.9. EL LAZO DE HISTERESIS

CAP. II.- CIRCUITOS MAGNETICOS

2.1 CONCEPTO DE CIRCUITO MAGNETICO

2.2 ANALOGIA ENTRE CIRCUITOS ELECTRICOS Y MAGNETICOS

2.3 RELACIONES PARA EL CALCULO DE CIRCUITOS MAGNETICOS

2.3.1 EL FLUJO MAGNETICO

2.3.2 DENSIDAD DE FLUJO

2.3.3 FUERZA MAGNETOMOTRIZ

2.3.4 CAIDA DE FUERZA MAGNETOMOTRIZ

2.3.5 INTENSIDAD DE CAMPO MAGNETICO

2.3.6 RELUCTANCIA

2.4 EL CIRCUITO EQUIVALENTE DE PARAMETROS CONCENTRADOS

2.5 LEYES DEL CIRCUITO MAGNETICO

2.5.1 LEY DEL CIRCUITO DEL CAMPO MAGNETICO

2.5.2 LEY DE GAUSS DEL MAGNETISMO

2.5.3 LEY DE OHM PARA EL CIRCUITO MAGNETICO

2.6 CALCULO DE CIRCUITOS MAGNETICOS

TK 25
B4

INDICE

2.6.1 CIRCUITO MAGNETICO SERIE CON SECCION RECTA CONSTANTE

2.6.2 CIRCUITO MAGNETICO DE SECCION CONSTANTE CON UN
ENTREHIERRO INTERCALADO

2.6.3 FACTOR DE APILAMIENTO

2.6.4 CIRCUITO MAGNETICO PARA UN NUCLEO LAMINADO CON
SECCION RECTA Y VARIABLE

2.6.5 CIRCUITO MAGNETICO CON RAMAS EN PARALELO

2.6.6 CIRCUITO MAGNETICO CON DOBLE EXCITACION

CAP. III IMANES PERMANENTES

3.1 IMANES PERMANENTES

3.2 CALCULO DE IMANES

3.3 REDISEÑO PARA LA MINIMA CANTIDAD DE MATERIAL FERROMAGNETICO

3.4 ENERGIA QUE ALMACENA EL CAMPO MAGNETICO

3.5 FUERZA DE ATRACCION MAGNETICA

**CAP. IV.- PERDIDAS EN NUCLEOS MAGNETICOS QUE CONTENGAN FLUJOS
VARIABLES EN EL TIEMPO**

4.1 PERDIDA POR HISTERESIS

4.2 PERDIDA POR CORRIENTES PARASITAS

4.3 PERDIDA TOTAL

CAP. V.- TRANSFORMADORES

5.1 GENERALIDADES

5.2 EL TRANSFORMADOR IDEAL

5.2.1 INTRODUCCION ELECTROMAGNETICA

5.2.2 TEORIA ELEMENTAL DEL TRANSFORMADOR

5.3 SENTIDOS POSITIVOS DE CORRIENTES, VOLTAJES Y FLUJOS

5.4 EL TRANSFORMADOR REAL

5.4.1 EL CIRCUITO EQUIVALENTE DEL TRANSFORMADOR IDEAL

5.4.2 EL CIRCUITO EQUIVALENTE DEL TRANSFORMADOR REAL

5.4.3 REFLEXION DE IMPEDANCIAS

5.5 DIAGRAMAS FASORIALES DEL TRANSFORMADOR REAL

**CAP. VI.- OBTENCION DE LOS PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE DEL
TRANSFORMADOR**

6.1 PRUEBA DE CORTO CIRCUITO

6.2 PRUEBA DE VACIO O DE CIRCUITO ABIERTO

6.3 CORRECCION DE RESISTENCIAS POR TEMPERATURA

6.3.1 CORRECCION POR TEMPERATURA Y POR PERDIDAS EN
CORRIENTE ALTERNA

CAP. VII.- EFICIENCIA Y REGULACION

7.1 DATOS DE PLACA

CAP. VIII.- EL AUTOTRANSFORMADOR

8.1 RELACIONES DE TENSIONES Y CORRIENTES

8.2 EL CIRCUITO EQUIVALENTE

8.2.1 EL CIRCUITO EQUIVALENTE REFERIDO AL EXTREMO DE ALTA TENSION

8.2.2 EL CIRCUITO EQUIVALENTE REFERIDO AL EXTREMO DE BAJA TENSION

8.2.3 PARAMETROS DEL CIRCUITO EQUIVALENTE DEL
AUTOTRANSFORMADOR

8.3 CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO DEL AUTOTRANSFORMADOR

8.3.1 VALORES NOMINALES

8.3.2 RELACIONES DE TRANSFORMACION Y ECONOMIA EN EL COBRE

8.3.3 APLICACION, VENTAJAS Y DESVENTAJAS

**CAP. IX.- CONEXIONES DE TRANSFORMADORES Y APLICACIONES A SISTEMAS
DE POTENCIA**

9.1 POLARIDAD DE LAS TERMINALES

9.2 CONEXIONES DE LOS TRANSFORMADORES EN CIRCUITOS MONOFASICOS

9.3 EL TRANSFORMADOR TRIFASICO

9.4 CONEXIONES TRIFASICAS

9.4.1 CONEXIONES ESTRELLA-ESTRELLA

9.4.2 CONEXIONES DELTA-DELTA

9.4.3 CONEXIONES DELTA-ESTRELLA

9.4.4 CONEXIONES ESTRELLA-DELTA

9.4.5 CONEXION DELTA ABIERTA O "V"

TK 25
B4

9.4.6 CONEXION 'T'

9.5 EJEMPLOS DE ANALISIS DE CONEXIONES TRIFASICAS IDEALES

9.6 TRANSFORMADORES NO IDEALES EN SISTEMAS BALANCEADOS

CAP. X.-EMPARALELAMIENTO DE TRANSFORMADORES

10.1 OBJETIVOS DEL EMPARALELAMIENTO

10.2 CIRCUITO EQUIVALENTE

10.3 CARACTERISTICAS DEL EMPARALELAMIENTO PARA UN FUNCIONAMIENTO IDONEO

10.3.1 POLARIDAD

10.3.2 TENSIONES NOMINALES

10.3.3 RELACIONES DE TRANSFORMACION

10.3.4 RELACIONES ENTRE IMPEDANCIAS

10.3.5 RELACIONES DE X/R

10.4 EMPARALELAMIENTO DE CONEXIONES TRIFASICAS

8.3.1 VALORES NOMINALES

8.3.2 RELACIONES DE TRANSFORMACION Y ECONOMIA EN EL COBRE

8.3.3 APLICACION, VENTILAS Y DESVENTILAS

CAP. IX. CONEXIONES DE TRANSFORMADORES Y APLICACIONES A SISTEMAS DE POTENCIA

8.1 POLARIDAD DE LAS TERMINALES

8.2 CONEXIONES DE LOS TRANSFORMADORES EN CIRCUITOS MONOFASICOS

8.3 EL TRANSFORMADOR TRIFASICO

8.4 CONEXIONES TRIFASICAS

8.5 CONEXIONES DELA ABERTA O V

8.6 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.7 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.8 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.9 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.10 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.11 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.12 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.13 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.14 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.15 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.16 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.17 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.18 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.19 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.20 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.21 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.22 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.23 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.24 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.25 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.26 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.27 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.28 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.29 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.30 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.31 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.32 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.33 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.34 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.35 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.36 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.37 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.38 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.39 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.40 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.41 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.42 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.43 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.44 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.45 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.46 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.47 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.48 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.49 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.50 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.51 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.52 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.53 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.54 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.55 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.56 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.57 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.58 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.59 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.60 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.61 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.62 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.63 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.64 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.65 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.66 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.67 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.68 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.69 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.70 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.71 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.72 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.73 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.74 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.75 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.76 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.77 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.78 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.79 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.80 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.81 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.82 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.83 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.84 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.85 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.86 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.87 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.88 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.89 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.90 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.91 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.92 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.93 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.94 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.95 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.96 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.97 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.98 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

8.99 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

9.00 CONEXIONES DE LAS ESTRELLAS

TABLA I. SISTEMA DE UNIDADES

TABLA II. ANALOGIAS ENTRE CIRCUITOS ELECTRICOS Y MAGNETICOS

BIBLIOGRAFIA

CURVAS DE IMANACION

CURVAS DE DESIMANACION

CAPITULO I

CONCEPTOS ELEMENTALES DEL MAGNETISMO

Un campo es una región del espacio en la que cada punto tiene asociada una cantidad; si dicha cantidad es un escalar se tendrá un campo escalar, y si se trata de un vector se tendrá un campo vectorial. Experimentalmente se demuestra que el campo magnético es un campo vectorial.

Se representa al campo magnético con la letra H y la unidad en el sistema MKS es el IENK, de dimensiones Amperes-Vuelta/metro. Las unidades para otros sistemas pueden consultarse en la tabla I (pág. 363).

Una forma cualitativa de representar un campo magnético es mediante líneas de inducción, las cuales se definen propiamente en el artículo 1.6. Las líneas de inducción resultan de una secuencia de puntos del espacio en la cual cada vector de campo magnético tiene una dirección tangente. Las líneas de inducción se dibujan más próximas entre sí donde es mayor la intensidad del campo magnético, lo cual les da un carácter cuantitativo.

La existencia de un campo magnético alrededor de una carga eléctrica que se mueve con respecto a una referencia fija es consecuencia necesaria de las leyes de la electrodinámica y de la necesidad de explicar los fenómenos de inducción magnética.

El campo magnético producido por cargas en movimiento se puede explicar en términos de la existencia de un campo magnético alrededor de una carga eléctrica que se mueve con respecto a una referencia fija. La corriente eléctrica en un conductor produce un campo magnético alrededor de él, y este campo magnético produce un efecto de inducción en los conductores cercanos.

El campo magnético producido por una corriente eléctrica en un conductor recto puede explicarse en términos de la existencia de un campo magnético alrededor de una carga eléctrica que se mueve con respecto a una referencia fija. La corriente eléctrica en un conductor produce un campo magnético alrededor de él, y este campo magnético produce un efecto de inducción en los conductores cercanos.