

## APENDICES

### A.1.

#### NÚMEROS COMPLEJOS.

Un número complejo “A”, es la suma de un número real “a” , y un número imaginario “b”, que lo podemos expresar como:

$$A = a + jb$$

donde **a** y **b** son reales, y definimos a la unidad imaginaria como “j”, denotada por:  $j = \sqrt{-1}$ .

El número complejo **A** puede representarse sobre un plano de coordenadas rectangulares, llamado plano complejo, interpretandolo com un punto (a,b), como se muestra en la Fig. A1.1. Este número puede ser situado en el plano complejo especificando la distancia “r” sobre una línea recta a partir del origen, formando un el angulo  $\theta$  con respecto al eje real. A partir del triángulo rectángulo que se forma de este modo, podemos ver que:

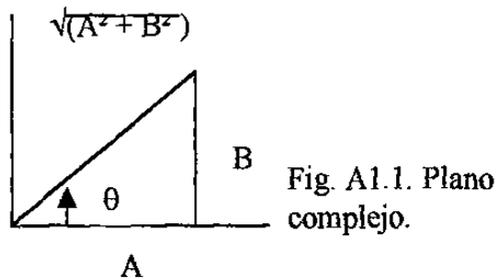
$$r = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$\theta = \text{Arc tan } (b/a)$$

$$\therefore a = r\cos\theta \ \& \ b = r\text{sen}\theta$$

a esta última expresión se le designa como la forma rectangular del número complejo. Tambien podemos denotar la representación del número complejo por:

$$A = r\angle\theta$$



que se conoce como la forma polar. El número  $r$  se conoce como magnitud y se le puede denotar por:

$$r = |A|$$

y, al ángulo  $\theta$  como el argumento de  $A$ .

## A.2.

### TRANSFORMACIONES ESTRELLA – DELTA.

En muchos casos dentro de los sistemas de potencia es importante tener la posibilidad de convertir una carga conectada en  $Y$  a su equivalente en  $\Delta$  y viceversa. Esto se debe a que en ciertos casos, es mucho más fácil reducir los circuitos, ya que en los casos cuando se tengan conexiones  $Y$ - $\Delta$  en paralelo, si la  $Y$  se reemplaza por su equivalente en  $\Delta$ , ésta sería mucho más fácil de reducir, ya que las impedancias de la carga estarían en paralelo.

Para convertir la  $Y$  a  $\Delta$  o  $\Delta$  a  $Y$ , consideremos las conexiones de la Fig. A1.2. Para efectuar una transformación  $Y$ - $\Delta$ , necesitamos de una expresión para  $Y_{ab}$ ,  $Y_{bc}$  y  $Y_{ca}$  de la delta en términos de  $Y_a$ ,  $Y_b$  y  $Y_c$  de la estrella para que la conexión delta sea equivalente a la estrella en las terminales  $A$ ,  $B$  y  $C$  [1]. Es decir, si la  $Y$  es reemplazada

por la  $\Delta$ , aparecerán los mismos voltajes de nodo  $V_A$ ,  $V_B$  y  $V_C$  si se hace que fluya las corrientes  $I_1$  e  $I_2$ . Inversamente, una transformación  $\Delta$ -Y es la expresión de los parámetros Y en términos de los parámetros  $\Delta$ .

Las ecuaciones de nodo para ambos circuitos, si se toma el nodo C como referencia, en el caso de la Y, tenemos:

$$\begin{aligned} Y_a V_A - Y_a V_D &= I_1 \\ Y_b V_B - Y_b V_D &= I_2 \\ -Y_a V_A - Y_b V_B + (Y_a + Y_b + Y_c) V_D &= 0 \end{aligned}$$

resolviendo para  $V_D$  en la tercera ecuación y sustituyendo su valor en las dos primeras, obtenemos después de simplificar:

$$\begin{aligned} \frac{Y_a Y_b + Y_a Y_c}{Y_a + Y_b + Y_c} V_A - \frac{Y_a Y_b}{Y_a + Y_b + Y_c} V_B &= I_1 \\ \frac{Y_a Y_b}{Y_a + Y_b + Y_c} V_A + \frac{Y_a Y_b + Y_b Y_c}{Y_a + Y_b + Y_c} V_B &= I_2 \end{aligned}$$

las ecuaciones de nodo para el circuito  $\Delta$  son:

$$\begin{aligned} (Y_{ab} + Y_{ca}) V_A - Y_{ab} V_B &= I_1 \\ -Y_{ab} V_A + (Y_{ab} + Y_{ca}) V_B &= I_2 \end{aligned}$$

igualando coeficientes de términos similares en estas ecuaciones y en las anteriores tenemos la transformación Y- $\Delta$ :

$$Y_{ab} = \frac{Y_a Y_b}{Y_a + Y_b + Y_c}$$

$$Y_{bc} = \frac{Y_b Y_c}{Y_a + Y_b + Y_c}$$

$$Y_{ca} = \frac{Y_c Y_a}{Y_a + Y_b + Y_c}$$

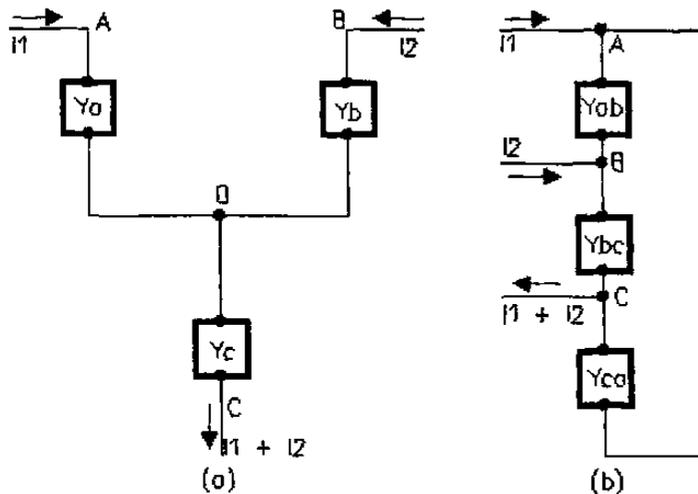


Fig. A1.2 (a) Conexión Y, (b) Conexión  $\Delta$

Si imaginamos los circuitos Y y  $\Delta$  superpuestos sobre un diagrama único como el de la fig. A1.3, entonces  $Y_a$  y  $Y_b$  son adyacentes a  $Y_{ab}$ , sucediendo lo mismo con  $Y_{bc}$  y  $Y_{ca}$ . De este modo, podemos postular que[1]: La admitancia de un ramal de la  $\Delta$  es igual al producto de las admitancias de los ramales adyacentes de la Y dividida por la suma de las admitancias de la Y.

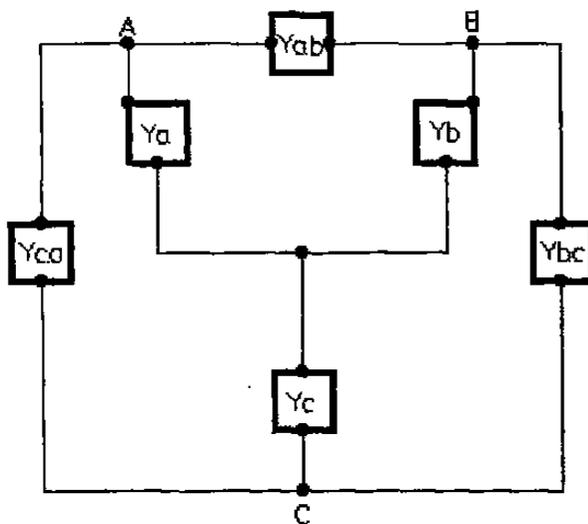


Fig. A1.3. Conexiones superpuestas para la transformación Y -  $\Delta$ .

Para obtener la transformación  $\Delta$ -Y, resolvemos para las admitancias Y escribiendo dos conjuntos de ecuaciones de trayectorias cerradas para los circuitos Y y  $\Delta$ . En este caso tendremos el dual del procedimiento que nos llevo a las ecuaciones anteriores, en donde resulta la transformación  $\Delta$ -Y:

$$Z_a = \frac{Z_{ab}Z_{ca}}{Z_a + Z_b + Z_c}$$

$$Z_b = \frac{Z_{bc}Z_{ab}}{Z_a + Z_b + Z_c}$$

$$Z_c = \frac{Z_{ca}Z_{bc}}{Z_a + Z_b + Z_c}$$

Donde las  $Z$  son los recíprocos de las  $Y$  en la Fig. A1.3. La regla es la siguiente [1]: La impedancia de un ramal de la  $Y$  es igual al producto de las impedancias de los ramales adyacentes de la  $\Delta$  divididas por la suma de las impedancias de la  $\Delta$ .

### A.3.

#### EL OPERADOR $a$ .

En los números imaginarios utilizamos el operador  $j$ , que tiene el efecto de girar un fasor un ángulo de  $90^\circ$  sin afectar su magnitud, en forma similar definimos al operador  $a$  como un operador que hace girar un ángulo de  $120^\circ$  sin afectar su magnitud, por lo tanto:

$$a = 1 \angle 120^\circ = -0.5 + j0.866$$

de manera similar:  $a^2 = 1 \angle 240^\circ = -0.5 - j0.866$

$$a^3 = 1 \angle 360^\circ = 1 \angle 0^\circ = 1 + j0$$

si efectuamos la sumatoria de  $(1 + a + a^2)$  tenemos que:

$$1 + a + a^2 = 1 + (-0.5 + j0.866) + (-0.5 - j0.866) = 0$$

esta relación nos es muy útil en el análisis de la componentes simétricas. Cuando tomamos como base a las componentes del vector  $V_A$ , tenemos las siguientes relaciones con respecto a los vectores  $V_B$ , y  $V_C$ :

$$\begin{array}{lll} V_{b1} = a^2 V_{a1} & V_{b2} = a V_{a1} & V_{b0} = V_{a0} \\ V_{c1} = a V_{a1} & V_{c2} = a^2 V_{a1} & V_{c0} = V_{a0} \end{array}$$

Estas relaciones se utilizan cuando se quieren calcular todos los voltajes y corrientes de secuencias en un sistema de potencia, ya que, para las corrientes se tiene una relación similar a la expuesta para el voltaje.

## REFERENCIAS

- [9] Arrillaga, J; Arnold, C. P; y Harker, B. J. Computer Modelling of Electrical Power Systems, John Willey and Sons. 1983.
- [18] Betancourt Ramírez, Fernando Mnuel. Curso de Sistemas de Potencia Avanzado 1, Universidad Autónoma de Nuevo León, Agosto de 1997.
- [19] Betancourt Ramírez, Enrique. Curso de Transitorios Electromagnéticos, Universidad Autónoma de Nuevo León, Agosto de 1997.
- [20] Elizondo González, Cesar. Curso de Control Robusto Paramétrico, Universidad Autónoma de Nuevo León, Agosto de 1997.
- [16] Electromagnetic Transients Program (EMTP) Primer, Westinghouse Electric Corporation. 1985.
- [17] Glover, J. Duncan y Sarma Mulukutla, Power System Analysis Design whit Personal Computer Applications, PWS Publishing Company. 1994.
- [5] Grainger, John J. y Stevenson Jr, William D, Análisis de Sistemas de Potencia, McGraw Hill. 1996.
- [10] Greenwood, Allan. Electrical Transients in Power Systems, John Willey and Sons. 1990.
- [7] Gross, Charles A. Análisis de Sistemas de Potencia, Interamericana. 1982.
- [2] Hyatt, William H. y Kimberley, Análisis Básico de Circuito en Ingeniería, McGraw Hill. 1995.
- [3] Irvin, J. David. Análisis Básico de Circuitos en Ingeniería, Prentice Hall. 1997.
- [1] Johnson, David E., Hilburn, John L., Johnson, Johnny R. y Scott, Peter D. Análisis Básico de Circuitos Eléctricos, Prentice Hall. 1996.
- [13] MatLab, Edition de Estudiante Versión 4ª, Prentice Hall. 1996
- [10] Merino Capellini, Manuel. Curso de sistemas de Potencia II, Universidad Veracruzana, 1982.
- [14] MicriSim DesignLab Evaluation Software. 1994.

- [6] Neuenswander, John R. Modern Power Systems, International Texbook. 1971.
- [12] Nilsson, James W. y Susan A. Riedel, Susan A. Using Tools for Electric Circuits, Addison-Wesley Publishing. 1996.
- [11] Rashid, Muhammad H. Spice for Electronics and Electric Power, Prentice Hall. 1993.
- [15] Saadat, Hadii. Computacional Aids in Control Systems Using Matlab, McGraw Hill. 1993.
- [8] Shipley, R. Bruce. Introduction to Matrices and Power Systems, John Willey and Sons. 1991.
- [4] Stevenson Jr, William D. Elementos de Análisis de Sistemas de Potencia, McGraw Hill. 1975.

**RESUMEN AUTOBIOGRÁFICO.**

**NOMBRE:** ALFREDO GONZÁLEZ FUENTEVILLA

**FECHA DE NACIMIENTO:** JUNIO 1 DE 1960

**EDAD:** 38 AÑOS

**LUGAR DE NACIMIENTO:** COATZACOALCOS, VERACRUZ.

**DIRECCIÓN:** SAN SIMÓN # 1220

**COLONIA:** FRAC. BALCONES DE SANTO DOMINGO

**CIUDAD:** SAN NICOLAS DE LOS GARZAS, N.L.

**TELÉFONO:** 01 ( 8 ) 3 53 39 85  
01 (921) 2-27-91

**S.M.N.:** 10872710

**R.F.C.:** GOFA 600601-7X9

**FECHA DE EXÁMEN  
PROFESIONAL:** ENERO 27 DE 1989.

**TÍTULO OBTENIDO:** INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICISTA.

**PROFESIONAL:** UNIVERSIDAD VERACRUZANA  
1977 - 1982. COATZACOALCOS, VER.

**MAESTRÍA EN CIENCIAS:  
ÁREA CONTROL Y  
POTENCIA** UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO EÓN  
1997 - ACTUAL, MONTERREY, NUEVO LEÓN.

## CURSOS RECIBIDOS.

NOMBRE DEL CURSO	INSTITUCIÓN O COMPAÑÍA
CALIDAD INTEGRAL	CELANESE MEXICANA S.A. 1985
OBSTACULO A LA CREATIVIDAD	CELANESE MEXICANA S.A. 1985
ADMINISTRACIÓN POR OBJETIVOS	CELANESE MEXICANA S.A. 1984
ANÁLISIS DE PROBLEMAS Y TOMA DE DECISIONES.	CELANESE MEXICANA S.A. 1985
SEGURIDAD INDUSTRIAL	CELANESE MEXICANA S.A. 1982
ANÁLISIS DE PROBLEMAS POTENCIALES.	CELANESE MEXICANA S.A. 1986
AIRE ACONDICIONADO Y REF.	CELANESE MEXICANA S.A. 1987
PROTECCIONES ELÉCTRICAS	UNIVERSIDAD VERACRUZANA 1984
PRUEBAS A TRANSFORMADORES	UNIVERSIDAD VERACRUZANA 1985
COMPUTACIÓN	CENTRO DE COMPUTACIÓN DE ORIENTE 1982.
INGLES	UNIVERSIDAD VERACRUZANA 1995-1996.

## CURSOS Y CONFERENCIAS IMPARTIDAS.

NOMBRE	INSTITUCIÓN O COMPAÑÍA
MATEMÁTICAS I Y III	UNIVERSIDAD VERACRUZANA 1984 - 1996
MÁQUINAS ELÉCTRICAS II	UNIVERSIDAD VERACRUZANA 1984 - 1996
CIRCUITOS ELÉCTRICOS I Y II	UNIVERSIDAD VERACRUZANA 1984 - 1996
SISTEMAS DE CONTROL I	UNIVERSIDAD VERACRUZANA 1993 - 1996

TERMODINÁMICA	UNIVERSIDAD VERACRUZANA 1986 - 1992
PRUEBAS A EQUIPOS ELECT. Y TRANSFORMADORES.	UNIVERSIDAD VERACRUZANA 1990 (CONFERENCIA).
MANTENIMIENTO A EQUIPOS ELÉCTRICOS.	CELANESE MEXICANA S.A. 1986 - 1988
DISTRIBUCIÓN DE ALUMBRADO	UNIVERSIDAD VERACRUZANA 1992 (CONFERENCIA)
MANEJO DEL PSPICE	UNIVERSIDAD VERACRUZANA 1994 - 1996 (6 CONFERENCIAS)
SERIES DE POTENCIA	UNIVERSIDAD VERACRUZANA 1997 (CURSO DE ACTUALIZACIÓN)

#### DATOS DE TRABAJOS

COMPAÑIA O INSTITUCIÓN	PUESTO
COMISIÓN FEDERAL DE ELÉCTRICIDAD 1981	ING. EN ENTRENAMIENTO
CELANESE MEXICANA S.A. 1982 - 1984	SUPERVISOR ÁREA ACETILOS
CELANESE MEXICANA S.A. 1984	SUPERVISOR ÁREA SERVICIOS
CELANESE MEXICANA S.A. 1984 - 1986	SUPERVISOR AREA EXTERIOR
CELANESE MEXICANA S.A. 1986 - 1988	JEFE DE DEPARTAMENTO
UNIVERSIDAD VERACRUZANA 1982 - 1996	CATEDRÁTICO
PROYECTOS Y MANTENIMIENTO DEL GOLFO. 1988 - 1996	JEFE DE DEPARTAMENTO

**TRABAJOS REALIZADOS.**

**PRUEBAS A TRANSFORMADORES DE POTENCIA DE 750KVA, 5MVA Y 10MVA**

**CAMBIO DE RADIADOR A TRANSFORMADOR DE POTENCIA DE 10MVA.**

**MANTENIMIENTO CORRECTIVO A EQUIPO DE AIRE ACONDICIONADO DE 20 Y 30 TONELADAS.**

**COLOCACION DE BANCO DE CAPACITORES DE 20 Y 30 KVA EN C.C.M.**

**AJUSTE DE RELEVADORES DE IMAGEN TERMICA A TRANSFORMADOR DE POTENCIA.**

**MANTENIMIENTO A MOTORES DE INDUCCION HASTA DE 500HP EN 4160V.**

**INSTALACION DE ALUMBRADO PERIMETRAL ENTRE OTROS.**

**OTROS:**

**PRESIDENTE DE JURADO DE EXÁMEN PROFESIONAL.**

**JURADO DE EXÁMENES DE OPOSICIÓN**

**CONSEJERO MAESTRO EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD VERACRUZANA CAMPUS COATZACOALCOS DE 1992 - 1996**

**PRESIDENTE DEL CLUB DE AJEDREZ "CARLOS TORRE REPETTO A. C." DE 1984 - 1996.**

**PRESIDENTE HONORARIO DEL CLUB DE AJEDREZ "CARLOS TORRE REPETTO A. C." DE 1996 - ACTUAL.**

