T
621.3137
T153

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA

D E L

L I T O R A L

FACULTAD DE INGENIERIA

ELECTRICA

"ANALISIS DE LA GENERACION Y PROPAGACION DE LAS SEÑALES ARMONICAS ORIGINADAS POR LOS CONVERTIDORES ESTATICOS DE POTENCIA"

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE

INGENIERO EN ELECTRICIDAD

ESPECIALIZACION POTENCIA

GIL ALBERTO TAMA FRANCO

GUAYAQUIL

1986-1987

ESPOL
CIB
D-7060

BIBL

A G R A D E C I M I E N T O

Agradezco al PROF. G.T. HEYDT y muy en especial a los INGS. LEO SALOMON y GUSTAVO BERMUDEZ quienes con la participación de sus conocimientos y filosofías, así como de sus críticas y sugestiones, han sido de gran valor para la realización de éste trabajo.



D E D I C A T O R I A

Dedico la presente

TESIS DE GRADO:

A DIOS

A MIS PADRES Y

A MIS HERMANOS.

ING. GUSTAVO BERMUDEZ FLORES
SUB-DECANO DE LA FACULTAD DE
INGENIERIA ELECTRICA

ING. LEO SALOMON F.
DIRECTOR DE TESIS

ING. ALBERTO HANZE BELLO
MIEMBRO PRINCIPAL

ING. JORGE FLORES M.
MIEMBRO PRINCIPAL

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en ésta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL).



GIL ALBERTO TAMA FRANCO

R E S U M E N

El presente estudio es para analizar la conveniencia de la instalación de trampas de armónicas en los sistemas de potencia, con el fin de poder realizar un control minucioso en la generación y propagación de dichas señales armónicas.

En primer lugar se realiza un estudio teórico de la manera como los rectificadores pueden introducir armónicos en los sistemas de potencia, analizando así, las principales fuentes de armónicas, comenzando el estudio desde el elemental rectificador monofásico de media onda hasta las más variadas cargas no lineales que son responsables de los efectos que producen las señales armónicas en todos los equipos eléctricos.

En el Capítulo 2 se realiza un análisis de la forma de onda de la corriente en la carga y en la línea y fase del transformador que alimenta al equipo rectificador, tanto para los equipos con rectificadores

trifásicos como para los equïpos con rectificadores hexafásicos-estrella, realizando finalmente una comparación cualitativa y cuantitativa de estos dos tipos de rectificadores.

Las formas para la reducción de armónicas en los sistemas de potencia y las alternativas para la correcta selección de filtros para atenuar dichas señales armónicas, se presentan en el Capítulo 3.

En el Capítulo 4 se realiza el análisis de un sistema real, el análisis del comportamiento de un sistema de potencia al producirse el flujo de las señales armónicas, todo esto se resume en la obtención de la característica Impedancia-Frecuencia de dicho sistema de potencia.

Finalmente se realiza el estudio del flujo de armónicas al sistema de potencia y al sistema de filtros diseñados en el Capítulo 4, con el cual se tiene un doble propósito; en primer lugar, suministrar compensación de reactivos; y en segundo lugar, realizar el control de la propagación y atenuación de las armónicas al sistema de potencia.



I N D I C E G E N E R A L

Pág.

RESUMEN ---------- VI

INDICE GENERAL ---------- VIII

INDICE DE FIGURAS ---------- XV

INDICE DE TABLAS ---------- XXI

INTRODUCCION ---------- 22

CAPITULO 1

GENERALIDADES

1.1 MANERA COMO LOS RECTIFICADORES PUEDEN INTRODUCIR ARMONICOS EN LOS SISTEMAS DE POTENCIA ---------- 25

1.2 ANALISIS DE LAS FUENTES DE ARMONICAS ---------- 29

1.3 ESTUDIO ELEMENTAL DE RECTIFICADORES ---------- 34

1.3.1 RECTIFICADORES MONOFASICOS DE MEDIA ONDA ---------- 37

1.3.1.1 CALCULO DE LOS COEFICIENTES DE FOURIER DE LA CORRIENTE EN LA CARGA DEL RECTIFICADOR ---------- 39

1.3.1.2 FORMA DE ONDA DE DICHO RECTIFICADOR ---------- 41

1.3.2 RECTIFICADORES MONOFASICOS DE ONDA COMPLETA ---------- 42

1.3.2.1 CALCULO DE LOS COEFICIENTES DE FOURIER DE LA CORRIENTE EN LA CARGA DEL RECTIFICADOR MONOFASICO DE ONDA COMPLETA ---------- 45

1.3.2.2 ANALISIS DE LA FORMA DE ONDA, DEPENDIENDO DE LA CARGA QUE ESTA ALIMENTANDO DICHO RECTIFICADOR ------ 46

CAPITULO 2

RECTIFICADORES DE CARGAS DISTRIBUIDAS EN LOS SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA

2.1 INTRODUCCION Y GENERALIDADES ----- 49

2.2 LA GENERACION, PROPAGACION Y ATENUACION DE LAS SEÑALES ARMONICAS - 53

2.2.1 RECTIFICADORES TRIFASICOS -------- 57

2.2.2.1 ANALISIS Y FORMA DE ONDA DE LA CORRIENTE EN LA CARGA ALIMENTADA POR UN RECTIFICADOR TRIFASICO -------- 65

2.2.1.2 ANALISIS Y FORMA DE ONDA DE LA CORRIENTE EN LA LINEA DEL TRANSFORMADOR ---------- 69

2.2.1.3 ANALISIS Y FORMA DE ONDA DE LA CORRIENTE EN LA FASE DEL TRANSFORMADOR ---------- 74

2.2.1.4 PROGRAMA PARA LA OBTENCION DE LOS COEFICIENTES DE FOURIER EN FORMA RECURSIVA DE LAS CORRIENTES EN LA CARGA, EN LA LINEA Y EN LA FASE DEL TRANSFORMADOR ---------- 77

2.2.1.5 ANALISIS DE LOS RESULTADOS, FORMAS DE PREVENIR DAÑOS ---------- 94

2.2.2 RECTIFICADORES HEXAFASICOS ESTRELLA ---------- 101

2.2.2.1 ANALISIS Y FORMA DE ONDA DE LA CORRIENTE EN LA CARGA DEL TRANSFORMADOR ---------- 106

2.2.2.2 ANALISIS Y FORMA DE ONDA DE LA CORRIENTE EN LA LINEA DEL TRANSFORMADOR ---------- 108

2.2.2.3 ANALISIS Y FORMA DE ONDA DE LA CORRIENTE EN LA FASE DEL TRANSFORMADOR ---------- 113

2.2.2.4 PROGRAMA PARA LA OBTENCION DE LOS COEFICIENTES DE FOURIER EN FORMA

RECURSIVA DE LAS CORRIENTES EN LA CARGA, EN LA LINEA Y EN LA FASE DEL TRANSFORMADOR ---------- 113

2.2.2.5 ANALISIS DE LOS RESULTADOS Y FORMAS DE PREVENIR POSIBLES DAÑOS --- 126

2.2.3 COMPARACION DE LOS DOS TIPOS DE RECTIFICADORES ---------- 128

CAPITULO 3

FORMAS DE REDUCIR LAS ARMONICAS EN LOS SISTEMAS DE POTENCIA

3.1 EFECTOS DE LAS SEÑALES ARMONICAS EN LOS EQUIPOS ELECTRICOS ------- 131

3.2 EFECTOS DE LAS SEÑALES ARMONICAS SOBRE LAS MAQUINAS ELECTRICAS ---- 132

3.3 ALTERNATIVAS PARA LA CORRECTA SELECCION DE FILTROS PARA ATENUAR LAS SEÑALES ARMONICAS ---------- 134

3.3.1 DIVERSOS TIPOS DE FILTROS UTILIZADOS PARA LA ATENUACION DE LAS SEÑALES ARMONICAS EN LOS SISTEMAS DE POTENCIA ---------- 135

3.3.1.1 FILTROS SINTONIZADOS ---------- 136

3.3.1.2 FILTROS PASA BAJO ---------- 142

3.4 LIMITES ADMISIBLES DE ARMONICAS EN LOS SISTEMAS DE POTENCIA --------- 144

CAPITULO 4

PREVENSION Y ATENUACION DE LAS ARMONICAS EN LOS SISTEMAS DE POTENCIA

4.1 ANALISIS DE UN SISTEMA REAL ------ 148

4.2 ANALISIS DE LA CARACTERISTICA IMPEDANCIA-FRECUENCIA COMO UNA FUNCION DEL FACTOR DE CALIDAD "Q" -------- 156

4.2.1 PROGRAMA PARA LA OBTENCION DE LA CARACTERISTICA IMPEDANCIA-FRECUENCIA (VARIANDO LA CAPACIDAD DEL BANCO DE CONDENSADORES Y EL FACTOR DE CALIDAD) ---------- 159

4.3 DISEÑO DE FILTROS ---------- 163

4.3.1 PROGRAMA QUE PERMITE LA OBTENCION DEL TIPO DE FILTRO MAS FUNCIONAL - 166

CAPITULO 5

ESTUDIO DEL FLUJO DE POTENCIA DE ARMONICAS

5.1 FORMULACION DEL FLUJO DE POTENCIA DE ARMONICAS ---------- 168

5.2 APLICACION PRACTICA ---------- 173

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1 CONCLUSIONES ---------- 176

2 RECOMENDACIONES ---------- 177

ANEXOS

1 PROGRAMA GENERAL QUE PERMITE OBTENER:

1. LA CARACTERISTICA IMPEDANCIA-FRECUENCIA COMO UNA FUNCION DEL FACTOR DE CALIDAD "Q".
2. EL TIPO DE FILTRO MAS FUNCIONAL PARA LA ATENUACIÓN DE LAS SEÑALES ARMONICAS EN LOS SISTEMAS DE POTENCIA. ---------- 180

2 PROGRAMA GENERAL QUE PERMITE OBTENER:

1. EL FLUJO DE POTENCIA DE LAS SEÑALES ARMONICAS, VALORES DE

	LAS CORRIENTES ARMONICAS. ----	193
3	PROGRAMA GENERAL QUE PERMITE OBTENER:	
	1. EL FLUJO DE CARGA DE UN SISTEMA DE POTENCIA EN EL QUE SE CONSIDERA LA PRESENCIA DE FILTROS DE LAS SEÑALES ARMONICAS, SE LO HACE EN BASE DEL FLUJO DE CARGA DE NEWTON-RAPHSON. --	207
4	APLICACION PRACTICA ----------	221
	BIBLIOGRAFIA ----------	395

INDICE DE FIGURAS

Fig. #		Pág.
1	Sistema Eléctrico Simplificado. --	28
2	Forma de Onda Resultante, incluye la Fundamental y armónicos de orden: quinto, séptimo, undécimo y décimotercero. ----------	31
3	Circuito de un Convertidor Trifásico de Onda Completa tipo Puente, seis pulsos. ----------	31
4	Rectificador Monofásico de Media Onda. ----------	38
5	Forma de Onda de un Rectificador Monofásico de Media Onda. --------	38
6	Rectificador Monofásico de Onda Completa. ----------	43
7	Ruta de Conducción para el semiciclo positivo de un Rectificador Monofásico de Onda Completa (Tipo Puente). ----------	44
8	Ruta de Conducción para el semici-	

	clo negativo de un Rectificador Monofásico de Onda Completa (Tipo Puente). ----------	44
9	La impedancia equivalente vista por el Convertidor Estático de Potencia es igual a la impedancia Z_C en paralelo con Z_S y en paralelo con $(Z_t + Z_{C1})$. ----------	52
10	Distorsión de voltaje producida por la resonancia de un circuito de potencia a la Quinta armónica.-	52
11	Rectificador Trifásico, conexión Triángulo-Estrella. ----------	58
12	Rectificador Trifásico, conexión Estrella-Estrella. ----------	59
13 (a)	Circuito Rectificador Trifásico, Norma ANSI-24. ----------	60
13 (b)	Circuito Rectificador Trifásico, Norma ANSI-23. ----------	61
14 (a)	Voltajes en los devanados DC del Transformador, Norma ANSI-23. ----	63
14 (b)	Corriente en los elementos utilizados para Rectificación. ----------	63

14 (c)	Corriente en el devanado R1, Norma ANSI-23. ----------	63
14 (d)	Corriente en el devanado R2, Norma ANSI-23. ----------	63
14 (e)	Corriente en la Línea, Norma ANSI-23. ----------	63
15	Forma de Onda de la corriente en la carga que alimenta un Rectificador Trifásico. ----------	68
16	Diagramas vectoriales de tensión y corriente en un transformador conectado en - , donde el lado es el lado de alta tensión. ------	70
17 (a)	Corriente en la Línea A (I_A), para el Rectificador Trifásico de la Fig. # 11. ----------	72
17 (b)	Corriente en la Línea B (I_B), para el Rectificador Trifásico de la Fig. # 11. ----------	72
17 (c)	Corriente en la Línea C (I_C), para el mismo caso. ----------	72
18 (a)	Corriente entre las fases C y A de un Rectificador Trifásico. -------	75

18 (b)	Corriente entre las fases A y B de un Rectificador Trifásico. -------	75
18 (c)	Corriente entre las fases B y C de un Rectificador Trifásico. -------	75
19	Diagrama de Flujo para la obtención de los coeficientes de FOURIER de las corrientes en la línea, fase y carga. ----------	82
20	Efecto de la Superposición sobre la tensión de Corriente Contínua.	96
21	Rectificador Hexafásico Estrella.-	102
22	Corrientes del primario y del secundario, Rectificador Hexafásico Estrella. ----------	105
23	Forma de Onda de la Corriente en la LINEA del Transformador que alimenta un Rect. Hexafásico Estrella. ----------	110
24	Forma de Onda de la Corriente en la FASE del Transformador que alimenta un Rect. Hexafásico Estrella. ----------	112
25	Localización de la resonancia para	

	lelo en función de MVA_{SC} y los $MVAR_{capac.}$ ----------	136
26	Típico Sistema Industrial con cuatro filtros sintonizados. --------	137
27 (a)	IMPEDANCIA-FRECUENCIA, filtros de RESONANCIA PARALELO. ----------	140
27 (b)	Filtros TRAMPA DE ONDA. -------	140
28 (a)	Característica ideal de un FILTRO PASA BAJO. ----------	143
28 (b)	Diagrama Esquemático de un FILTRO PASA BAJO (FILTRO PARALELO NO SINTONIZADO). ----------	143
29	Diagrama unifilar que contiene FUENTES DE ARMONICAS y su correspondiente circuito equivalente(por fase). ----------	149
30 (a)	Factores de Distribución de corriente Armónica vs el Orden del Armónico. Sin el Reactor Sintonizado. ----------	153
30 (b)	Factores de Distribución de corriente Armónica vs el Orden del Armónico. Con el Reactor Sintonizado. ----------	155

31	Diagrama de Flujo para la obtención de la característica IMPEDANCIA-FRECUENCIA. ----------	162
32	Diagrama de Flujo para la obtención del Flujo de Potencia de Armónicas. ----------	172
33	Diagrama unifilar de un Sistema de Potencia a estudiar su Flujo de Señales Armónicas. ----------	175

INDICE DE TABLAS

TABLA #		Pág.
1	CORRIENTES ARMONICAS PRESENTES EN LOS CONVERTIDORES ESTATICOS DE POTENCIA EN POR UNIDAD DE LA CORRIENTE FUNDAMENTAL ----------	33
2	CORRIENTES ARMONICAS PERMISIBLES EN LOS SISTEMAS DE POTENCIA, RECOMENDACION REALIZADA POR THE BRITISH ELECTRICITY COUNCIL ---------	146
3	MAXIMA CARGA A INSTALARSE EN LOS CONVERTIDORES CORRESPONDIENTES A LAS CORRIENTES ARMONICAS DE LA TABLA # 2 ----------	147

INTRODUCCION

Desde 1947 con la invención del transistor, una nueva era fue abierta para la ingeniería eléctrica, se disponen de nuevas herramientas, los dispositivos semiconductores vendrían a ser utilizados. El diodo, el transistor, el thyristor, el termistor y todos sus relativos fueron hechos para ser utilizados por el diseñador en la conversión y el control de la potencia eléctrica, incrementando de ésta manera su utilidad para el hombre. Las grandes plantas electroquímicas operaban con sistemas rectificadores que utilizaban ya sea diodos ó rectificadores de arco de mercurio, utilizados ambos por tener elevada eficiencia y un alto factor de potencia.

Cuando se realiza la compensación de reactivos es necesario hacer un análisis de la posible resonancia paralelo entre el banco de capacitores utilizado para la compensación de reactivos y la reactancia inductiva del sistema de potencia. Los convertidores estáti

cos de potencia utilizados como rectificadores ó como inversores, son equipos que requieren de una cantidad determinada de potencia reactiva, estos convertidores estáticos de potencia, pueden considerarse que son generadores ó verdaderas fuentes de armónicas en un sistema de potencia AC. Estas corrientes armónicas se propagarán por el camino de menor impedancia, pudiendo darse el caso de resonancia paralelo, causando oscilaciones de corrientes verdaderamente elevadas las cuales fluyen a través de impedancias; dando lugar a la producción de voltajes armónicos, los cuales en adición de la onda fundamental de voltaje, produce formas de onda de voltaje distorsionado. Esta distorsión de voltaje, puede causar corrientes armónicas a fluir hacia otros circuitos, pudiendo de ésta manera interferir con los circuitos de regulación de voltaje y los circuitos de comunicación.

El método que aquí presento se basa en el CONTROL DE LA GENERACION, PROPAGACION Y ATENUACION DE LAS SEÑALES ARMONICAS CAUSADAS POR LOS CONVERTIDORES ESTATICOS DE POTENCIA, utilizando el banco de capacitores que sirve para compensar reactivos con un doble beneficio, el mencionado anteriormente y el control de la propagación y atenuación de las señales armónicas.

La propagación de éstas señales armónicas causadas por los convertidores estáticos de potencia, puede ser reducida por el uso y conveniente aplicación de adecuados sistemas de filtros. EL DISEÑO DE ESTOS FILTROS, DEBERIA ELIMINAR LA ITERACCION ENTRE LOS SISTEMAS DE POTENCIA Y LA CARGA Y, REDUCIR EL FLUJO DE LAS CORRIENTES ARMONICAS.

C A P I T U L O 1

GENERALIDADES

1.1.- MANERA COMO LOS RECTIFICADORES PUEDEN INTRODUCIR ARMONICOS EN LOS SISTEMAS DE POTENCIA

En los últimos 50 ó 60 años, el desarrollo de la tecnología de los rectificadores, convertidores e inversores-semiconductores comenzó a surgir de una manera muy rápida, aplicándose especialmente su utilización en fábricas de papel, industrias de todo tipo, en especial, electroquímicas y de fundición, etc.

Los convertidores-semiconductores, producen señales armónicas en los sistemas de potencia, el verdadero problema presente es; la nolinealidad de ciertas cargas a la corriente alterna, es decir que su característica de impedancia no es lineal al aplicársele corriente alterna. Sus formas de onda de corriente eléctrica, son distorsionadas en comparación con ondas puramente sinusoidales a frecuencia fundamental. En el lenguaje del análisis de Fourier, dichas formas de onda, contienen componentes armónicas ó simplemente armónicas.

Con el advenimiento de grandes equipos asociados al control por medio de thyristores, considerable atención ha sido dirigida a las corrientes armónicas requeridas por tales cargas y los voltajes armónicos producidos por el paso de tales corrientes a través del sistema de potencia en consideración.

Los capacitores de potencia han sido y son utilizados para suministrar compensación de reactivos en algunos sistemas de potencia, el problema radica principalmente en que se debe tener cuidado de la posible resonancia en paralelo entre el banco de condensadores y la reactancia inductiva equivalente del sistema de potencia. La operación a bajo factor de potencia, hace que sea deseable la compensación de los reactivos. La resonancia entre los capacitores y la reactancia del sistema puede producir grandes voltajes armónicos causados por las corrientes armónicas generadas por los convertidores. Esto puede ser reducido por el uso de filtros convenientes; los cuales actuarán como verdaderas trampas de armónicas.

La selección del equipo para compensación de reactivos y el diseño de filtros de armónicas, es una mezcla de arte, ciencia y economía.

El sistema de potencia, podría ser reducido a un sistema equivalente, llamado sistema eléctrico simplificado. Fig. # 1. Donde $\dot{E}$ es una tensión perfectamente sinusoidal. Para facilitar el razonamiento se ha reducido las impedancias del sistema de potencia en tres impedancias equivalentes:

- Z_c - es la impedancia común al consumidor normal y al consumidor con equipo rectificador.
- Z_r - es la impedancia relacionada al consumidor con equipo rectificador.
- Z_n - es la impedancia relacionada apenas al consumidor normal.

Para una frecuencia dada, conviene tener presente el hecho de que Z_c, Z_r y Z_n varían con la frecuencia.

La tensión en el nodo J, que alimentará la carga del consumidor normal a través de la impedancia Z_n, estará dada por:

$$\dot{E}_J = \dot{E} - \dot{Z}_c(\dot{I}_n + \dot{I}_r) \qquad (1)$$

La tensión $\dot{E}_J$, no será sinusoidal, debido al hecho que la corriente $\dot{I}_r$ no es sinusoidal, ésta corriente tiene componentes armónicos que fluyen hacia el resto del sistema provocando voltajes armónicos que pueden ser peligrosos y producirían la muy conocida interferencia telefónica.

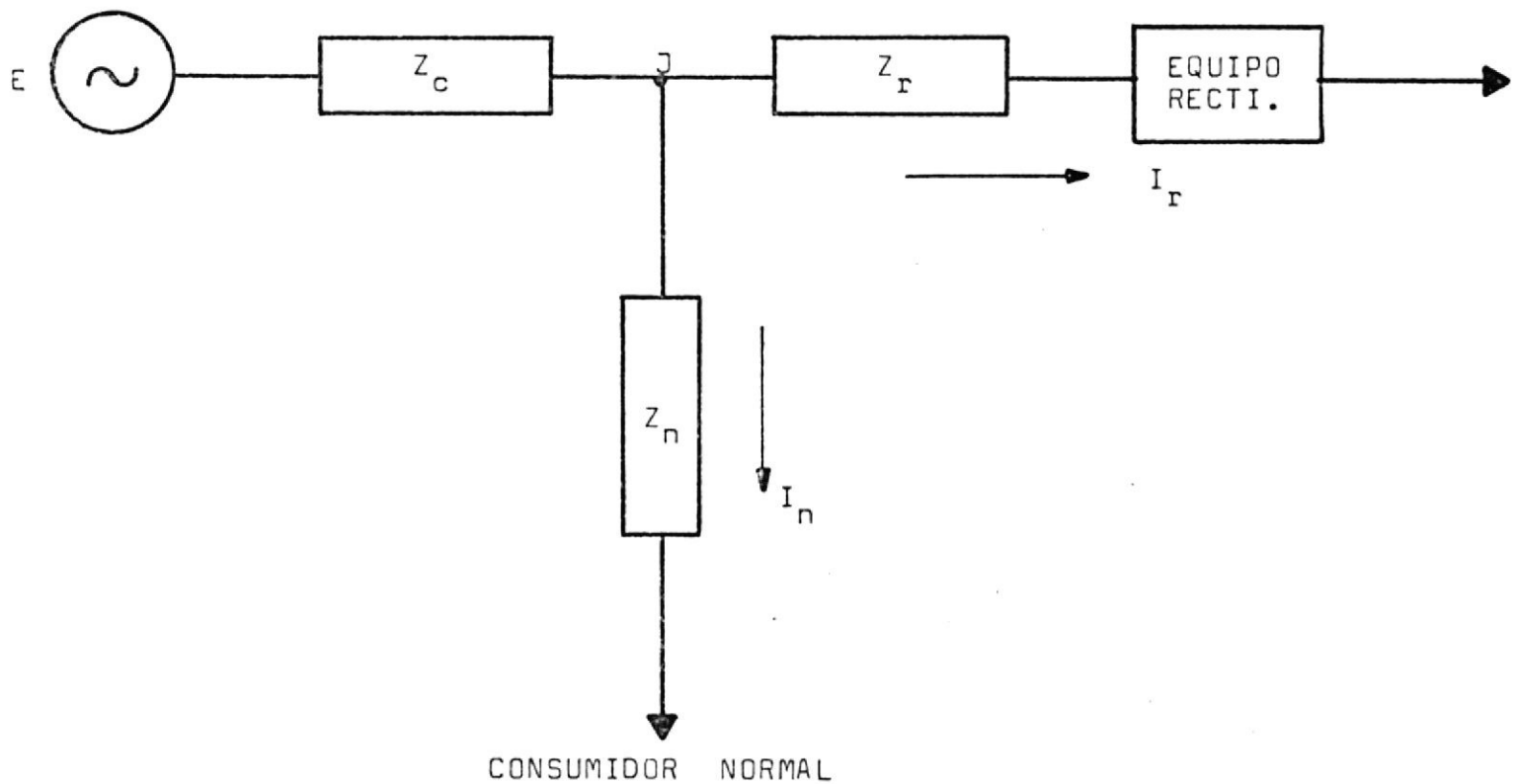


Fig. # 1 Sistema Eléctrico Simplificado.

1.2.- ANALISIS DE LAS FUENTES DE ARMONICAS

Los convertidores estáticos de potencia (rectificadores, inversores y otros dispositivos de conmutación) constituyen una fuente común de corrientes armónicas. Esto se debe al hecho de que se produce discontinuidad en la carga de la red que trae como resultado una deformación de la corriente primaria, en las fases y en las líneas. Esta distorsión de la forma de onda de la corriente, es un resultado de la conmutación producida por éstos dispositivos. La forma de onda de la corriente primaria, puede descomponerse en una onda fundamental senoidal a la que se superpone una cantidad de armónicas de diferentes frecuencias, magnitudes y relaciones de fase.

Las corrientes armónicas son requeridas para aproximarse a una corriente directa por medio de algún equipo rectificador de fase controlada, produciendo una onda de salida esencialmente cuadrada. Las armónicas características de corriente asociadas comúnmente con convertidores estáticos de potencia cuyo número de pulsos es seis, son: quinta, séptima, undécima y décimotercera armónica. Una clásica corriente de forma de onda cuadrada, puede ser producida aumentando corrientes armónicas en fase, cuya magnitud

es igual a la suma de la fundamental con un múltiplo de ella igual al recíproco del orden del armónico.

En la Fig. # 2 se muestra la onda resultante, que no es más que la suma de la fundamental con los armónicos de quinto, séptimo, undécimo y décimotercer orden.

Si se considera la carga DC en un convertidor estático de potencia a ser relativamente constante en un corto período de tiempo -segundos ó minutos- podría-se considerar que la corriente DC es constante.
Un convertidor estático de potencia, Fig. # 3, conmuta ó cambia ésta corriente constante DC entre las fases de un sistema de potencia AC. Por medio del análisis de Fourier, se puede mostrar que el sistema de potencia AC tiene que suministrar corrientes armónicas de orden y magnitud de:

$$h = kq \pm 1 \qquad (2)$$

$$I_h = I_1/h \qquad (3)$$

donde:

h = Orden del armónico

k = Del análisis de Fourier, es un entero que puede ser 1,2,...

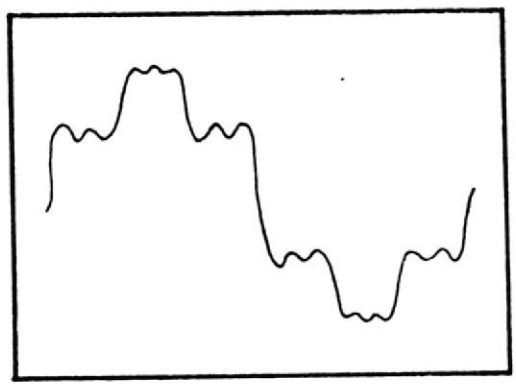


Fig. # 2 Forma de Onda Resultante, incluye la Fundamental y armónicos de orden: quinto, séptimo, undécimo y décimotercero.

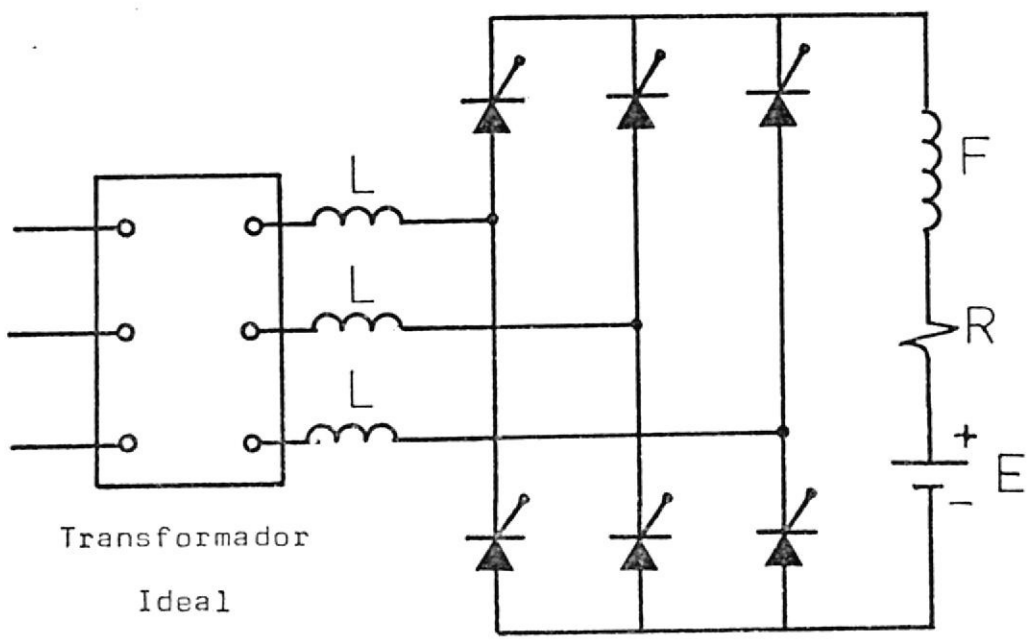


Fig. # 3 Circuito de un Convertidor Trifásico de Onda Completa tipo Puente, seis pulsos.

q = Número de pulsos en el circuito del rectificador

I_1 = Amplitud de la corriente fundamental

I_h = Amplitud de la corriente armónica

La ecuación (3), proporciona valores teóricos de la corriente de armónica en por unidad de la corriente fundamental. Sin embargo las amplitudes de las corrientes armónicas son una función del ángulo de retardo (α) y de la reactancia de conmutación (X_c). Los valores típicos para el análisis de armónicas se muestran en la Tabla # 1.

Teóricamente, un convertidor de 12 pulsos, no produce armónicos de quinto, séptimo, decimoséptimo y décimonoveno orden, pero debido al desbalance, algunas veces se presentarán en 10 al 15% del equivalente de un convertidor de 6 pulsos. Estos desbalances podrían ser causados por variaciones en voltaje ó impedancia de línea-línea en sistemas trifásicos, diferencias de razón de vueltas en los devanados de algún transformador; esto es debido al tipo de conexión que se realice, diferencias de los ángulos de disparo de los circuitos múltiples rectificadores, etc.

TABLA # 1

CORRIENTES ARMONICAS PRESENTES EN LOS CONVERTIDORES ESTATICOS DE POTENCIA

EN POR UNIDAD DE LA CORRIENTE FUNDAMENTAL

PULSOS DEL CONVERTIDOR	ORDEN DEL ARMONICO							
	5	7	11	13	17	19	23	25
6	0.175	0.110	0.045	0.029	0.015	0.010	0.009	0.008
12	0.026	0.016	0.045	0.029	0.002	0.001	0.009	0.008
18	0.026	0.016	0.007	0.004	0.015	0.010	0.001	0.001
24	0.026	0.016	0.007	0.004	0.002	0.001	0.009	0.008

1.3.- ESTUDIO ELEMENTAL DE RECTIFICADORES

Casi todos los circuitos electrónicos necesitan una fuente de alimentación de corriente contínua; aquellos sistemas portátiles que necesitan baja potencia pueden emplearse baterías, sin embargo, es alimentar un equipo electrónico a través de una fuente de alimentación, que constituye parte del equipo y convierte la onda alterna de las redes industriales de potencia a tensión contínua.

Un rectificador es, en su acepción general, un dispositivo que presenta una resistencia distinta al paso de la corriente eléctrica cuando se invierte la dirección de la corriente. Un rectificador puede considerarse como un dispositivo conmutador, y, por ende, es una discontinuidad en la carga de la red que trae como resultado una deformación de la corriente primaria, en las fases y en la línea.

En los rectificadores mecánicos, ésta propiedad se obtiene por medio de un dispositivo que funciona sincrónicamente, un contacto abre y cierra el circuito. Hay otros tipos de rectificadores que no tienen piezas móviles y cuyo funcionamiento se basa en la conductividad unilateral de estructuras fijas compues-

tas de materiales distintos. Esta última clase de rectificadores actúan como válvulas eléctricas y por eso algunas veces se las denomina "VALVULAS". Entre ellos están comprendidos los rectificadores de vapor de mercurio (cuyo cátodo es mercurio líquido), rectificadores de cátodo incandescente (cuyo cátodo tiene forma de filamento), rectificadores de cátodo frío, rectificadores electrolíticos y rectificadores de disco. Algunos del último tipo son rectificadores de electrolito sólido, mientras que otros son rectificadores electrónicos sólidos ó de contacto sólido. Los detectores de cristal también constituyen un tipo de rectificador, se los emplea en los receptores de radio y, se puede considerar que algunos de estos están comprendidos dentro de los tipos de rectificadores que anteceden.

Los tipos de circuitos para rectificadores varían comenzando por la simple conexión monofásica de media onda, que se emplea para la carga de baterías, hasta los complejos circuitos múltiples, zigzag y bifurcados, empleados para producir corriente contínua para tracción, transmisiones de radio, electrólisis y otros procesos de alta tensión. Algunas de estas conexiones se caracterizan por el gran aprovechamiento de los aparatos; otras, por su característica plana

de regulación, etc.; mientras que otras son más apropiadas para rectificadores de un solo ánodo ó utilizadas para rectificadores de alta tensión.

En los circuitos de gran potencia hay que considerar con gran cuidado las formas de onda y el rendimiento. En los circuitos de poca potencia, a menudo se sacrifica la forma de onda en pro de sencillez y/o de economía.

Las transformaciones polifásicas de tres a seis, incluso mayor número de fases, constituyen una etapa en el proceso de rectificación. Pueden citarse algunas ventajas de la rectificación polifásica respecto a la monofásica, a saber:

1.- Menor contenido de rizado de la componente fundamental y en los armónicos de orden superior en la onda de salida, lo que requiere entonces filtros menos complejos.
2.- Los transformadores se usan con más rendimiento ya que la relación entre potencia en C.C. y KVA de transformador es más elevada para la conversión polifásica.
3.- Al aumentar el número de fases, aparece una relación superior entre tensiones de corriente continua y de corriente alterna.

4.- El rendimiento total del proceso de conversión aumenta. Esto es importante cuando deben convertirse grandes cantidades de potencia de corriente alterna en corriente contínua.

Por consiguiente, es mucho mejor, para una compañía eléctrica, suministrar corriente alterna a un abonado industrial que requiera grandes cantidades de corriente contínua, enviando energía por líneas trifásicas de alta tensión. Se utilizan entonces transformadores para (1) proporcionar una tensión secundaria adecuada para la rectificación, y (2) transformar la alimentación trifásica a hexafásica ó con mayor número de fases, a fin de obtener las ventajas anteriormente citadas.

1.3.1.- RECTIFICADORES MONOFASICOS DE MEDIA ONDA

Para la carga de baterías y otros usos, no es necesario que la corriente de salida sea perfectamente contínua, y en muchos casos puede emplearse una simple rectificación de media onda. La Fig. # 4 nos muestra un rectificador monofásico de media onda.

En estos tipos de rectificadores, la corriente circula sólo durante uno de los semiperíodos, lo cual indica que se trata de una corriente circulando en una

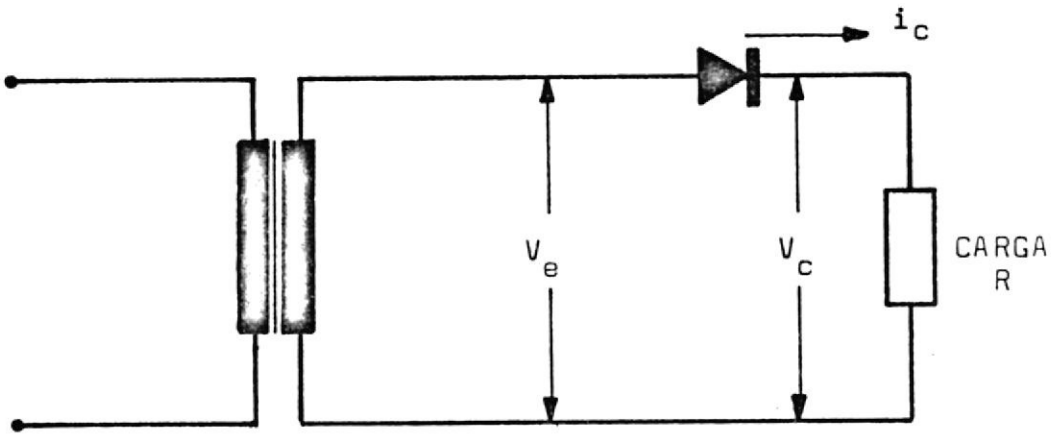


Fig. # 4 Rectificador Monofásico de media onda.

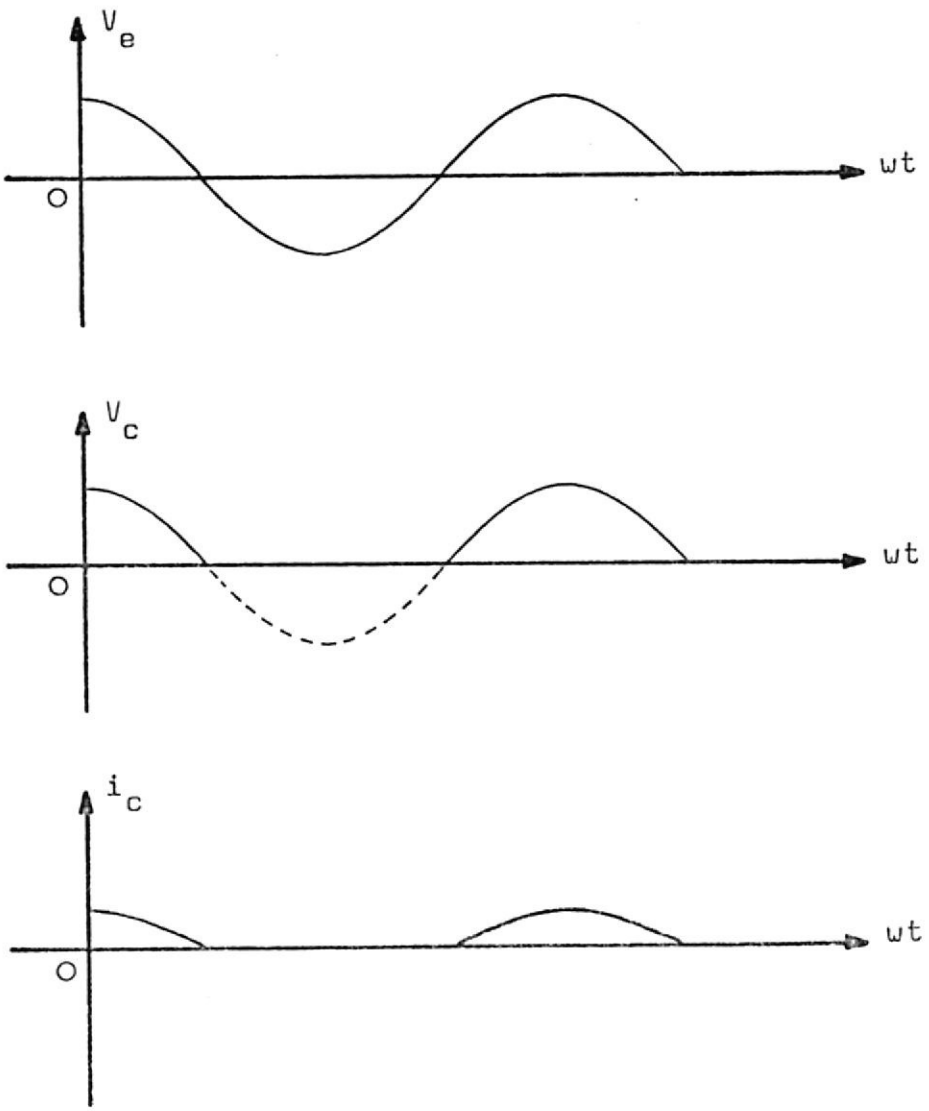


Fig. # 5 Forma de Onda de un Rectificador Monofásico de Media Onda.

sola dirección, pero intermitentemente. Es evidente que la tensión V_e que alimenta al rectificador es una tensión puramente sinusoidal, entretanto V_c es una tensión cuyo valor medio es diferente de cero, está compuesta por una tensión contínua y una serie de armónicos.

1.3.1.1.- CALCULO DE LOS COEFICIENTES DE FOURIER DE LA CORRIENTE EN LA CARGA DEL RECTIFICADOR

El cálculo de los coeficientes de FOURIER, va a realizarse, asumiendo:

1.- La reactancia de conmutación tiene un valor igual a cero, es decir:

$$X_c = 0 \qquad (4)$$

2.- El ángulo de retardo es nulo, es decir:

$$\alpha = 0 \qquad (5)$$

Sin embargo en la realidad, la amplitud de las corrientes armónicas son una función del ángulo de retardo y de la reactancia de conmutación.

Si se considera que:

$$V_e(t) = V_{em} \cos(\omega t) \qquad (6)$$

La ecuación (6), representa una función par, entonces su desarrollo en serie de FOURIER, sólo tendrá términos en cosenos y probablemente un término cons

tante que se lo considera como un término coseno. Si a caso se llama a:

$$x = \omega t \tag{7}$$

entonces, por Series de Fourier, se tendrá que:

$$a_o = \frac{2}{\pi}\int_0^{\pi/2} \cos(x)\, dx = \frac{2}{\pi}\left(\operatorname{sen}\left(\frac{\pi}{2}\right) - \operatorname{sen}(0)\right) = \frac{2}{\pi}$$

$$a_1 = \frac{2}{\pi}\int_0^{\pi/2} \cos^2(x)\, dx = \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi/2} (\cos(2x) + 1)\, dx = \frac{1}{2}$$

en forma general se tendría:

$$a_n = \frac{2}{\pi}\int_0^{\pi/2} \cos(x).\cos(nx)\, dx =$$

$$= \frac{1}{\pi}\int_0^{\pi/2} (\cos(n-1)x + \cos(n+1)x)\, dx =$$

$$a_n = -\frac{2.\cos\left(\frac{n\pi}{2}\right)}{(n^2 - 1)} \qquad \text{si } n \neq 1 \text{ y si n es par}$$

Es decir que la tensión V_c, aplicada a la carga del rectificador monofásico de media onda, estará dada por la expresión:

$$V_c = V_{em}\frac{2}{\pi}\left(\frac{1}{2} + \frac{1}{4}\cos(\omega t) + \frac{1}{3}\cos(2\omega t) - \frac{1}{3.5}\cos(4\omega t) + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{5.7}\cos(6\omega t) - \frac{1}{7.9}\cos(8\omega t) + \frac{1}{9.11}\cos(10\omega t) - .....\right)$$

Así de ésta manera, se obtendría la corriente circulan-

do en la carga del rectificador monofásico de media onda:

$$i_c = \frac{V_c}{R} \qquad (8)$$

1.3.1.2.- FORMA DE ONDA DE DICHO RECTIFICADOR

En la expresión obtenida de la tensión y la corriente en la carga del rectificador monofásico de media onda se aprecia claramente que existe, una componente de corriente contínua así como armónicos pares. Esta componente de corriente contínua, tiende a saturar el núcleo del transformador, es decir tiende a introducir armónicos nuevos y aumentan apreciablemente el valor de la corriente de magnetización del mismo, por éste motivo, éste tipo de rectificador es utilizado para suministrar baja potencia.

Cuando un transformador alimenta exclusivamente un rectificador de éste tipo, su potencia debe ser no mínimo de 3,5 veces la potencia absorvida por la carga.

Es decir que cuando se trabaja con un rectificador monofásico de media onda, su forma de onda de corriente, estará tendiendo a distorsionarse, es decir comparándola con la Fig. # 5 que es su forma de onda "teórica" -

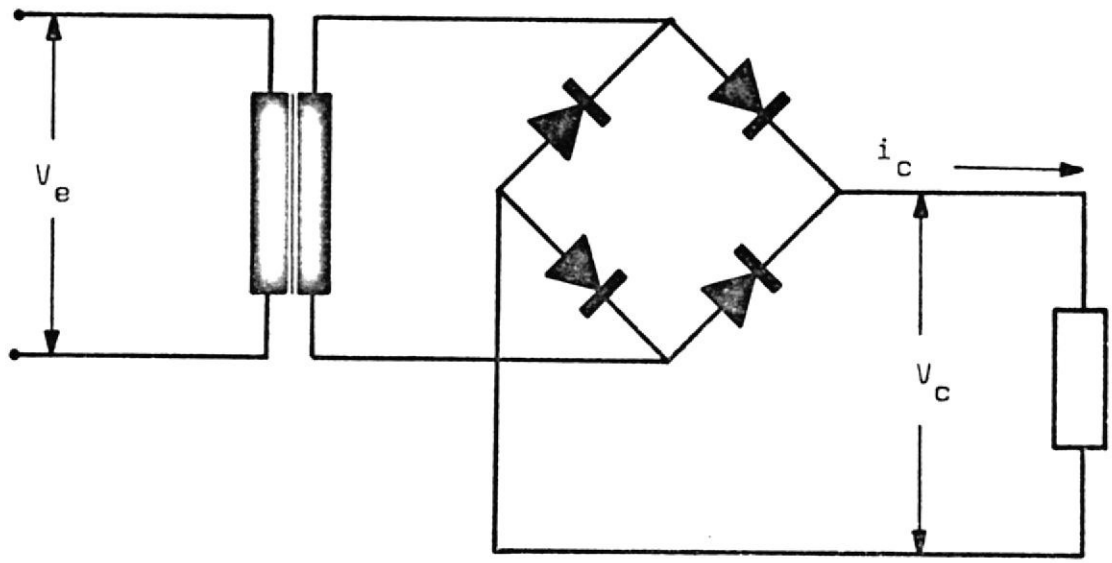
se tendrá una onda con armónicos aumentados debidos a la saturación del núcleo del transformador que alimenta al rectificador.

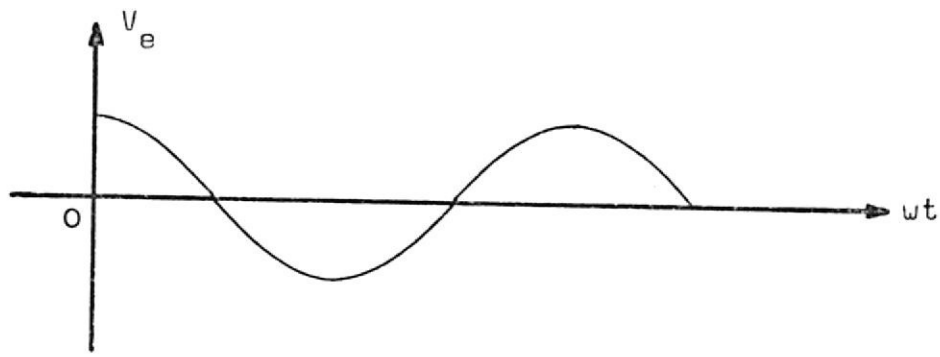
1.3.2.- RECTIFICADORES MONOFASICOS DE ONDA COMPLETA

El circuito mostrado en la Fig. # 6, es un tipo de rectificador de onda completa, es una variante circuital muy útil cuando no se dispone de un transformador con derivación central, se lo conoce como "Rectificador tipo Puente".

Para entender la forma de rectificación, se debe conocer las rutas de conducción y no conducción durante cada medio ciclo de la corriente alterna. En la Fig. # 7 está claramente la ruta de conducción para rectificar la corriente alterna durante el semiciclo positivo. Entonces en la carga resistiva, se desarrolla un voltaje debido a la corriente de conducción de los elementos rectificadores.

La Fig. # 8 muestra claramente la ruta de conducción para la rectificación de la corriente alterna durante el semiciclo negativo. Note cuidadosamente que la corriente i_c, circula en el mismo sentido que en el semiciclo anterior.





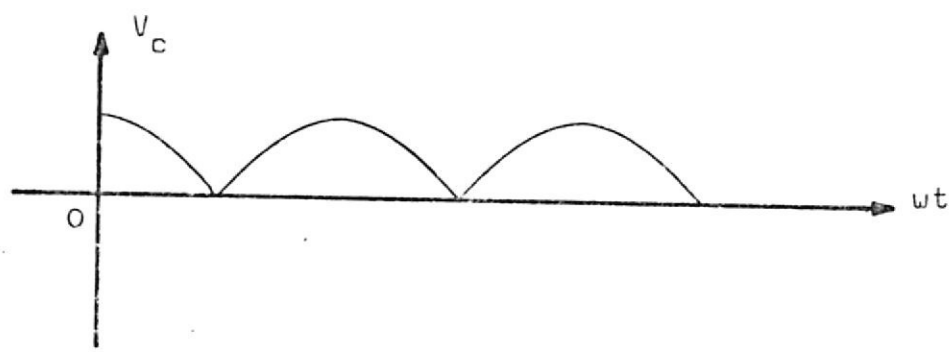


Fig. # 6 Rectificador Monofásico de Onda completa.

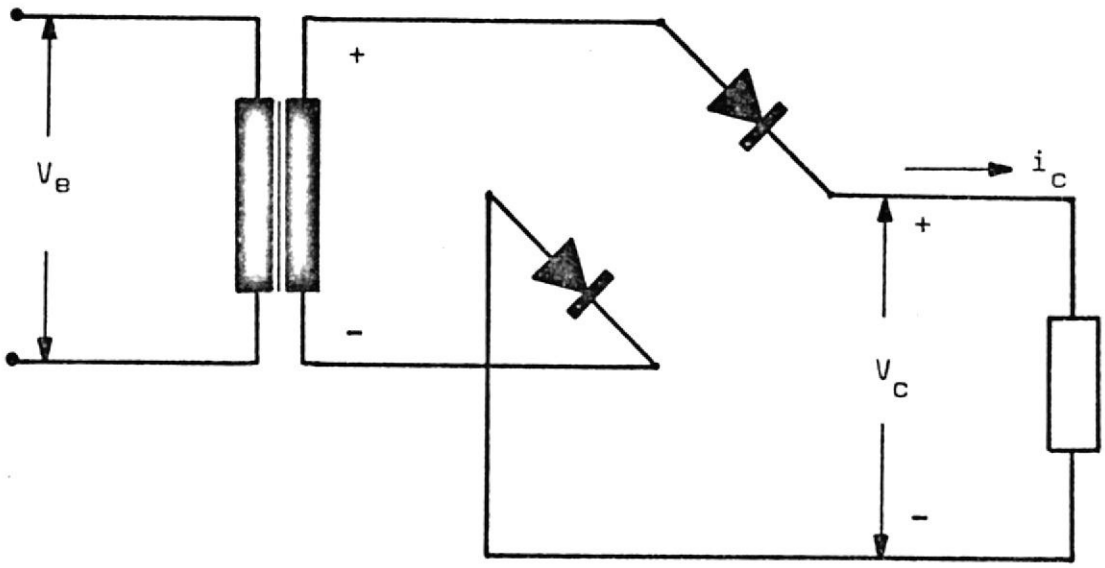


Fig. # 7 Ruta de conducción para el semiciclo positivo de un Rectificador Monofásico de Onda Completa (Tipo Puente).

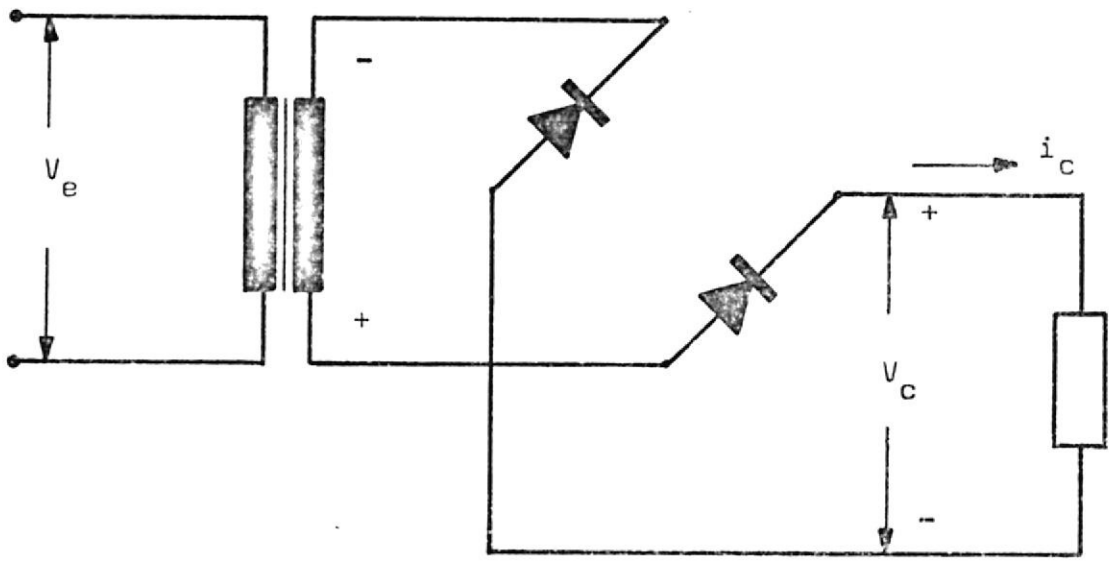


Fig. # 8 Ruta de conducción para el semiciclo negativo de un Rectificador Monofásico de Onda Completa (Tipo Puente).

1.3.2.1.- CALCULO DE LOS COEFICIENTES DE FOURIER DE LA CORRIENTE EN LA CARGA DEL RECTIFICADOR MONOFASICO DE ONDA COMPLETA

El cálculo de los coeficientes de FOURIER, va a realizarse, asumiendo:

1.- La reactancia de conmutación tiene un valor igual a cero, es decir:

$$X_c = 0 \qquad (9)$$

2.- El ángulo de retardo es nulo, es decir:

$$\alpha = 0$$

Sin embargo en la realidad, la amplitud de las corrientes armónicas son una función del ángulo de retardo y de la reactancia de conmutación.

Si se considera que:

$$V_e(t) = V_{em} \cos(\omega t) \qquad (10)$$

La ecuación (10), representa una función par, entonces su desarrollo en series de FOURIER, sólo tendrá términos en cosenos y probablemente un término constante que se lo considera como un término coseno.

Si acaso se llama a:

$$x = \omega t \qquad (11)$$

entonces por desarrollo en series de FOURIER, se tendrá que:

$$a_n = \frac{4}{\pi}\int_0^{\pi/2} \cos(x).\cos(2nx)\ dx =$$

$$= \frac{2}{\pi}\int_0^{\pi/2} \left[\cos(2n + 1)x + \cos(2n - 1)x\right]\ dx =$$

$$= \frac{2}{\pi}\left[\frac{\text{sen}(2n + 1)x}{(2n + 1)} + \frac{\text{sen}(2n - 1)x}{(2n - 1)}\right]_0^{\pi/2} =$$

Finalmente se tiene que:

$$a_n = \frac{2}{\pi}\left[\frac{\text{sen}(2n + 1)\frac{\pi}{2}}{(2n + 1)} + \frac{\text{sen}(2n - 1)\frac{\pi}{2}}{(2n - 1)}\right] \qquad (12)$$

Es decir que la tensión V_c, aplicada a la carga del rectificador monofásico de onda completa, estará dada por la expresión:

$$V_c = V_{em} \cdot \frac{4}{\pi}\left[\frac{1}{2} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{(4n^2 - 1)} \cos(2n\omega t)\right] \qquad (13)$$

Así de ésta manera se obtendría la corriente circulando en la carga del rectificador monofásico de onda completa:

$$i_c = \frac{V_c}{R} \qquad (14)$$

1.3.2.2.-ANALISIS DE LA FORMA DE ONDA, DEPENDIENDO DE LA CARGA QUE ESTA ALIMENTANDO DICHO RECTIFICADOR

En la expresión obtenida de la tensión y la corriente en la carga del rectificador monofásico de onda completa, relaciones (13) y (14) respectivamente, se aprecia claramente que existe una componente de corriente contínua y una serie de armónicos pares.

Esta componente de corriente contínua, tiende a saturar el núcleo del transformador, introduciendo armónicos nuevos, lo cual produce un incremento notable de la corriente de magnetización de dicho transformador. Es necesario tener presente que la característica impedancia-frecuencia de un transformador dado, depende de su diseño, tamaño, voltaje, etc. Las pérdidas que no pertenecen a la carga, constituyen entre 15 y 25 por ciento de las pérdidas totales y son una función de la densidad de flujo, éstas pérdidas varían con la frecuencia al exponente 1.5 ($f^{3/2}$). Además, la reactancia varía directamente con la frecuencia (inductancia-constante), así la razón X/R será menor a cualquier armónico que a la frecuencia fundamental.

Todos los transformadores monofásicos cuando se excitan a tensión nominal producen un tercer armónico. Esto ocurre debido a que la curva de saturación de los núcleos de los transformadores reales aumenta de manera pronunciada y se satura rápidamente, haciendo que

se distorsione. Así una tensión puramente sinusoidal a una frecuencia fundamental produce una corriente magnetizante que contiene la frecuencia fundamental más una fuerte componente de tercer armónico. En los transformadores monofásicos, la corriente magnetizante es pequeña comparada con la corriente en la carga y la corriente resultante está sólo ligeramente distorsionada.

Se debe además tener en cuenta los efectos que producen los armónicos sobre las máquinas rotativas y sobre las comunicaciones. Esta introducción de armónicos al sistema de potencia se la realiza a través de la impedancia Z_n y Z_r de la Fig. # 1. Estas armónicas provocarían un calentamiento excesivo en las máquinas eléctricas rotativas. En las cargas críticas, las pulsaciones de torques, causadas por las corrientes armónicas en los motores AC pueden ser dañinas para el proceso ó función que desempeñan, se podría incluso tener condiciones de resonancia, si acaso la frecuencia fundamental del sistema mecánico es excitada por los armónicos.

La tensión y la corriente contínua de un rectificador también tienen ondulaciones superpuestas. La influencia de las armónicas sobre la exactitud de instrumentos de medición de energía activa ó reactiva y factor de potencia es prácticamente despreciable.

C A P I T U L O 2

RECTIFICADORES DE CARGAS DISTRIBUIDAS EN LOS SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA

2.1.- INTRODUCCION Y GENERALIDADES

El análisis de las señales armónicas en los sistemas eléctricos de potencia ciertamente no es un tópico moderno, antiguamente la inyección de armónicas al sistema eléctrico sólo consideraba a los circuitos rectificadores y los transformadores saturados como fuentes de las señales armónicas. Actualmente gracias a una serie de estudios realizados sobre armónicas, se conoce que cualquier carga no lineal produce armónicos es decir, es una verdadera fuente de corriente de armónicas.

Hay que tener presente el acoplamiento inductivo entre las líneas de transmisión de potencia AC y las líneas telefónicas (verdaderos circuitos abiertos). Este acoplamiento induce voltajes armónicos en los sistemas telefónicos, en los cuales se produce altos niveles de ruido, haciéndose prácticamente imposible entender los mensajes telefónicos.

En los recientes años las técnicas telefónicas utilizan cables subterráneos y anillos de microonda transcontinental, minimizan la exposición de los circuitos de comunicación a las líneas de transmisión AC.

Las corrientes armónicas pueden causar excesivo calentamiento de las máquinas eléctricas rotativas. Las armónicas de (qn + 1), son corrientes de secuencia de fase positiva y las de (qn - 1), son de secuencia de fase negativa. En las máquinas sincrónicas éstas dos corrientes producen un calentamiento adicional en el rotor sólido de las grandes máquinas sincrónicas. Esto produce limitación de la cantidad de carga que puede ser llevada por los generadores sincrónicos.

Usualmente la primera indicación de problemas de armónicas es cuando existe interferencia en la TV (en las señales de video), ésta interferencia se debe a las armónicas generadas por los convertidores.

Los instrumentos de medición son afectados por éstas corrientes armónicas, particularmente cuando se producen condiciones de resonancia, las cuales producen elevados voltajes armónicos en los circuitos. Dispositivos tales como vatímetros y relés de sobrecorriente, que funcionan con disco de inducción, sólo ven circulando la

corriente fundamental, pero debido a las fases desbalanceadas producidas por la distorsión armónica puede producirse la operación errónea de éstos dispositivos.

En todo sistema eléctrico de potencia AC, las corrientes armónicas fluirán por el camino de menor impedancia. Estas armónicas se dividirán de acuerdo a la razón de impedancias de ambas ramas (Fig. # 1). Normalmente la fuente de potencia es el camino de baja impedancia, por lo tanto la mayoría de las corrientes armónicas fluirán hacia ella, sin embargo si existen instalaciones de capacitores de potencia, un problema podría ocurrir cuando la reactancia capacitiva de los capacitores de potencia es igual a la reactancia inductiva equivalente del sistema.

La resonancia paralelo produce una alta impedancia al flujo de la corriente cuya frecuencia corresponde a la frecuencia de resonancia. La resonancia serie produce en cambio un circuito de baja impedancia. La condición de resonancia paralelo puede causar oscilaciones de corrientes que son excitadas por la corriente de la resonancia en paralelo. Estas corrientes que fluyen a través de impedancias producen voltajes armónicos, produciéndose entonces formas de ondas de voltaje distorsionado tal como se muestra en la Fig. # 9 y Fig. # 10.

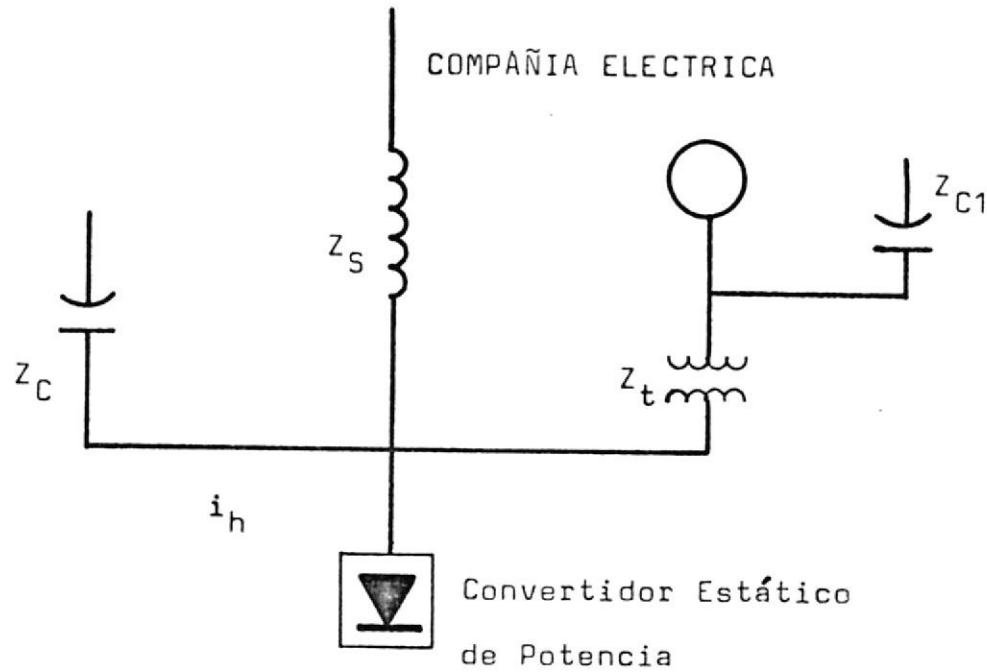


Fig. # 9 La impedancia equivalente vista por el Convertidor Estático de Potencia es igual a la impedancia Z_C en paralelo con Z_S y en paralelo con $(Z_t + Z_{C1})$.

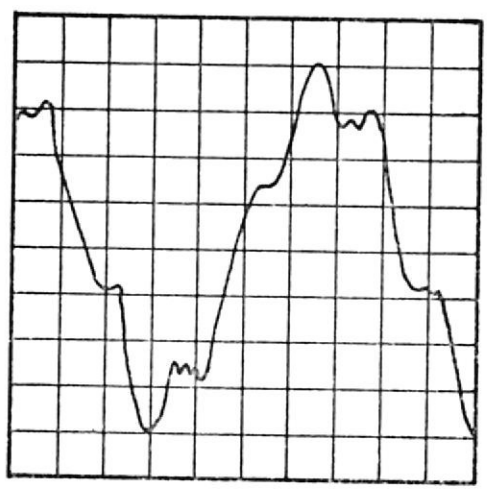


Fig. # 10 Distorsión de voltaje producida por la resonancia de un circuito de potencia a la Quinta armónica.

2.2.- LA GENERACION, PROPAGACION Y ATENUACION DE LAS SEÑALES ARMONICAS

La corriente de carga en una carga nolineal, es una señal nosinusoidal que puede ser desarrollada en series de FOURIER:

$$i(t) = \sqrt{2}\, I^k \operatorname{sen}(k\omega_o t + \phi_k) \qquad (15)$$

donde: I^k = valor RMS de la corriente calculada al armónico de orden k.

ϕ_k = ángulo de fase al armónico de orden k.

Los componentes de FOURIER de la corriente son, determinados en parte por los componentes de FOURIER del voltaje de barra, así mismo ésta corriente nosinusoidal provoca una forma de onda de voltaje en la barra del tipo nosinusoidal, la solución de ambos componentes, voltaje y corriente es iterativa, puede ser formulada de la siguiente manera:

1.- En todas las barras se deben cumplir las Leyes de KIRCHHOFF.

2.- El término "voltios-amperios reactivos" ó "Q" es utilizado como una cantidad matemática, ésta cantidad, no posee la propiedad de conservación

de "P" ó "potencia activa", la diferencia ó desajuste de potencia activa y voltios-amperios reactivos en la barra es nulo.

3.- El desajuste de corriente en cada barra es cero.

Cuando se tiene una corriente de carga armónica muy baja, la distorsión producida sobre la forma de onda del voltaje y su influencia subsecuente en la corriente de carga puede ser ignorada. Cuando se tienen elevados valores de componentes armónicas, el interesado debería-recurrir al procedimiento iterativo mencionado anteriormente. El formato es idéntico que el convencional flujo de potencia de NEWTON-RAPHSON (algoritmo).

Con respecto a la propagación de las señales armónicas desde la carga nolineal, dicha propagación es gobernada por lo siguiente:

1.- Se debería tener presente la distinción entre líneas cortas y líneas largas, a fin de obtener una mayor exactitud. Si uno adopta la limitación de banda 60-1380 Hertz, es aproximadamente 10 Km.

2.- Impedancias paralelos en las barras de carga, por ejemplo: reactores y capacitores paralelos, capacitancia de las líneas, etc. Es importante considerar estos efectos para realizar el estudio del

flujo de potencia de armónicas. Generalmente éstas impedancias paralelos son capacitivas, su impedancia varía inversamente con el orden del armónico, es decir que al incrementarse la frecuencia disminuye su impedancia.

El problema se complica, cuando se tiene diversas fuentes de señales de armónicas en un sistema de potencia.

Con respecto a la atenuación de éstas señales, una serie de filtros pueden ser diseñados y aplicados al sistema, será necesario realizar un análisis para investigar la efectividad de éstos filtros en el control del flujo de corrientes armónicas en los sistemas de potencia. Los capacitores utilizados para mejorar el factor de potencia, deberían ser diseñados para absorver las corrientes armónicas, es por eso que son llamados verdaderas "TRAMPAS DE ARMONICAS". La capacidad térmica de un capacitor en muchos casos es muy grande, esto se debe a las corrientes armónicas adicionales fluyendo a través de la impedancia del capacitor, no debe sobrecalentarse éste dispositivo, sin embargo es muy conocido el hecho de que el capacitor es muy sensible a los valores pico de voltajes, por ésta razón el capacitor necesita tener como dato de placa, un voltaje que sea la suma aritmética del voltaje fundamental y el voltaje armó

nico a través de dicho capacitor. Este voltaje pico es el voltaje que el capacitor deberá resistir sin que algún efecto corona sea perjudicial, así:

$$V = I_1 \cdot X_{c1} + I_k \cdot X_{ck} \qquad (16)$$

donde: V = dato de placa del voltaje que deberá tener el capacitor.

I_1 = Corriente fundamental del capacitor.

I_k = Corriente armónica presente en el sistema a la cual el filtro es sintonizado.

X_{c1}= Reactancia capacitiva a la frecuencia fundamental.

X_{ck}= Reactancia capacitiva armónica a la cual el filtro es sintonizado.

Para producirse la atenuación, la reactancia inductiva del reactor sintonizado debe ser igual a la reactancia capacitiva del banco de condensadores a la frecuencia a la cual está sintonizado dicho filtro.

Es necesario tener presente que: "LA SELECCION DEL EQUIPO PARA COMPENSACION DE REACTIVOS Y EL DISEÑO DE FILTROS DE SEÑALES ARMONICAS, ES UNA MEZCLA DE ARTE, CIENCIA Y ECONOMIA".

2.2.1.- RECTIFICADORES TRIFASICOS

Prácticamente todos los rectificadores empleados para rectificar grandes potencias requieren el empleo de un transformador, cuyo objeto es cambiar el número de fases y la tensión de la fuente de corriente alterna por un número de fases mayor, generalmente 6 ó 12, y por una tensión conveniente para el funcionamiento de dicho rectificador, así como también proporcionar un terminal negativo a la unidad rectificadora. Este número de fases secundarias se adopta para reducir las ondulaciones de la corriente rectificada, obteniéndose de ésta manera una corriente contínua apta para el uso industrial.

Un circuito básico de un rectificador trifásico se muestra en la Fig. # 11, en la cual se muestra una conexión "triángulo-estrella". En la Fig. # 12 se muestra en cambio otro tipo de conexión para un rectificador trifásico y es "estrella-estrella".

Los convertidores estáticos de potencia (rectificadores, inversores y otros dispositivos de conmutación), son una fuente de corrientes de armónicas. La distorsión de la forma de onda de la corriente es producida por la conmutación.

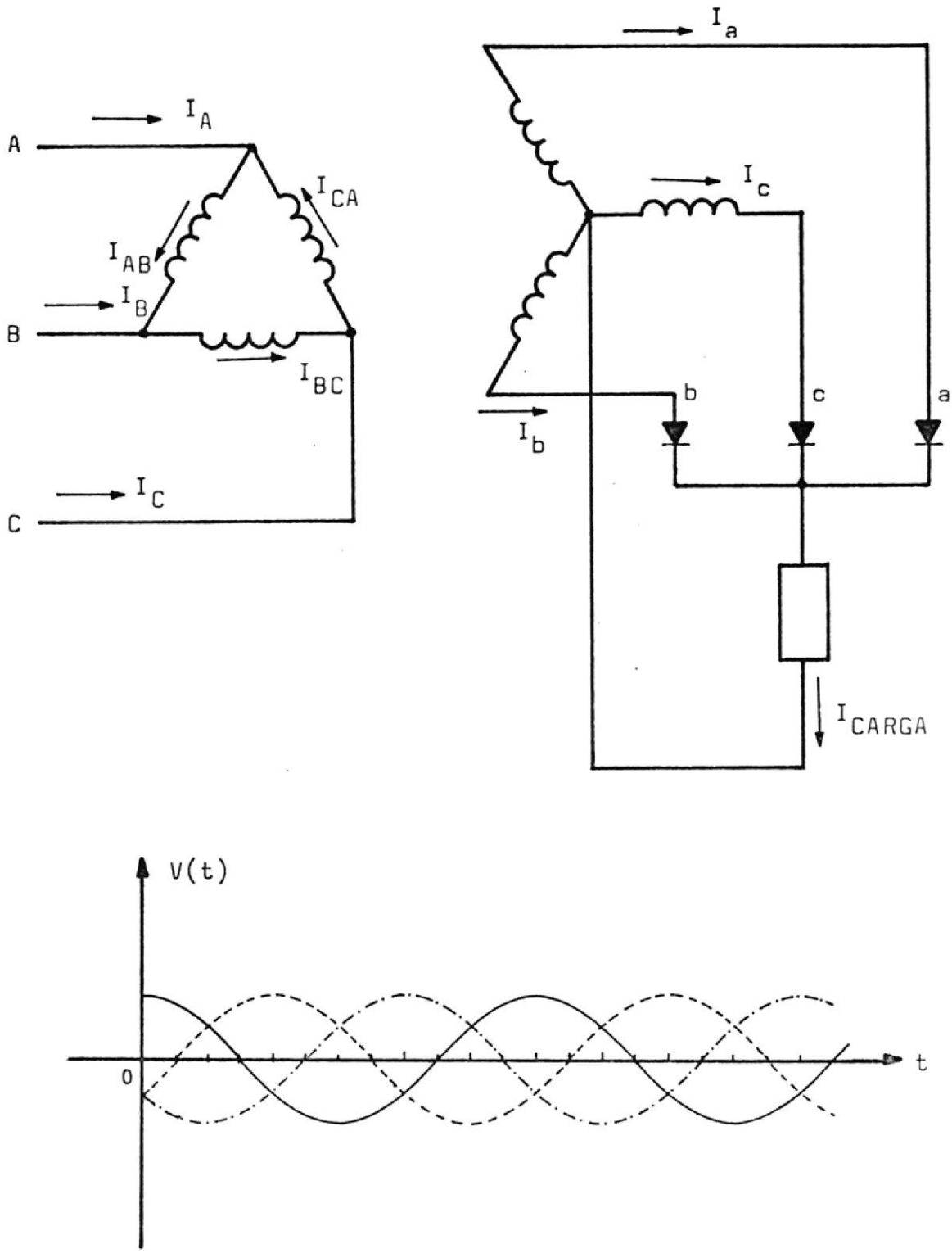


Fig. # 11 Rectificador Trifásico, conexión Triángulo-Estrella.

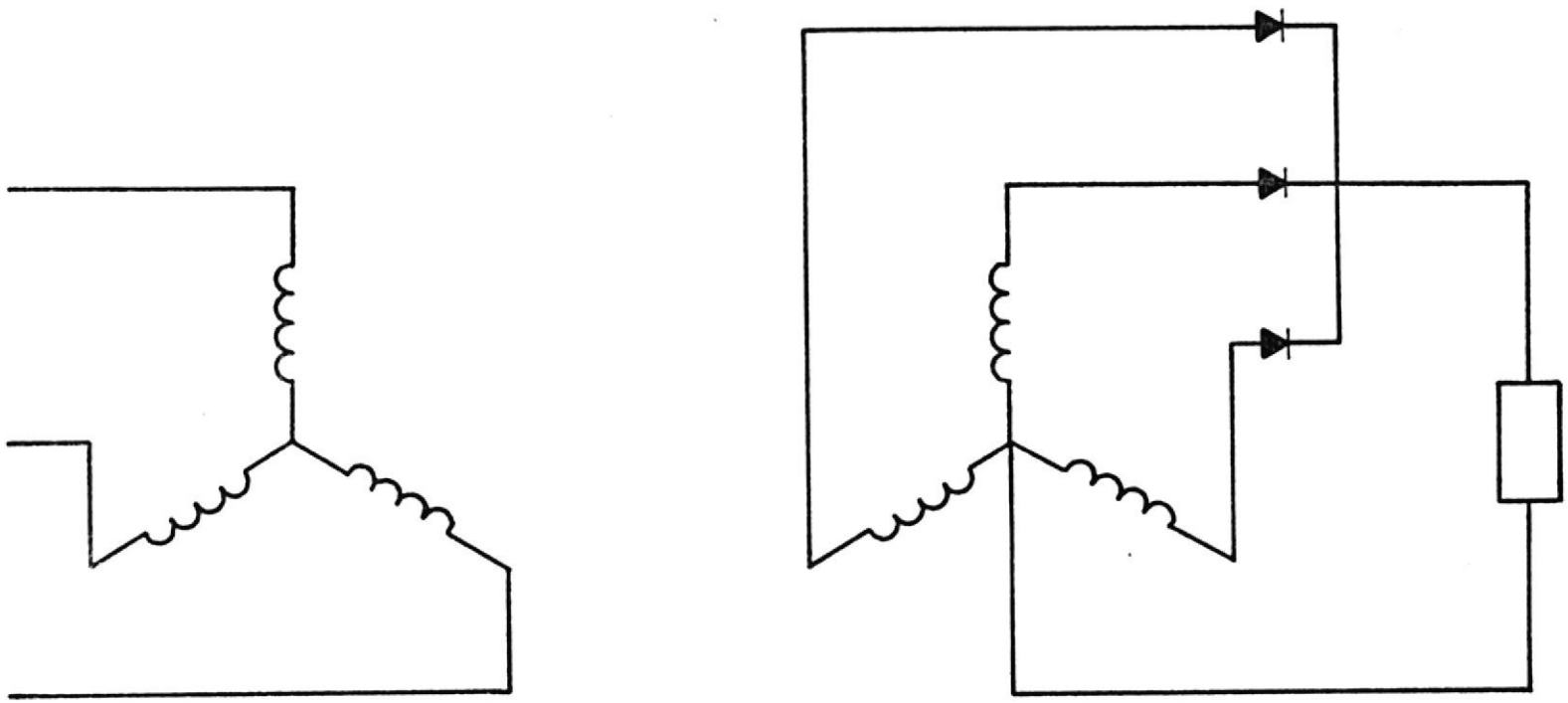


Fig. # 12 Rectificador Trifásico, conexión Estrella-Estrella.

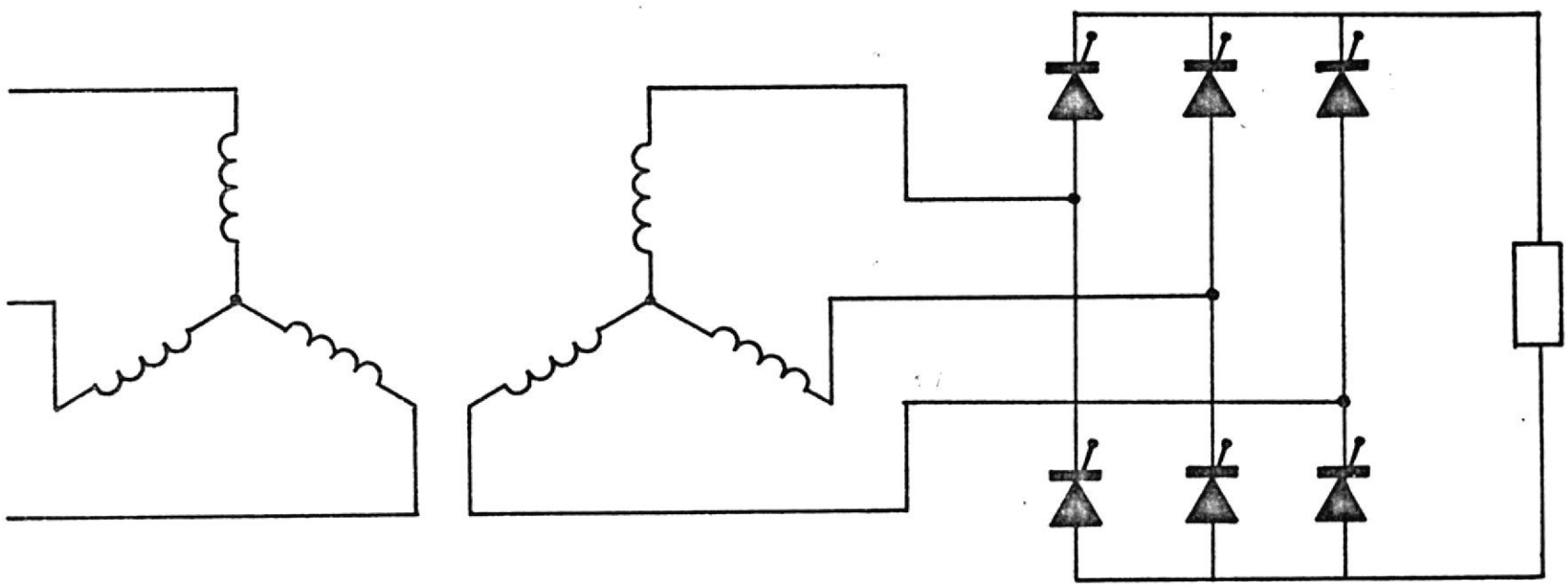


Fig. # 13(a) Circuito Rectificador Trifásico, Norma ANSI-24.

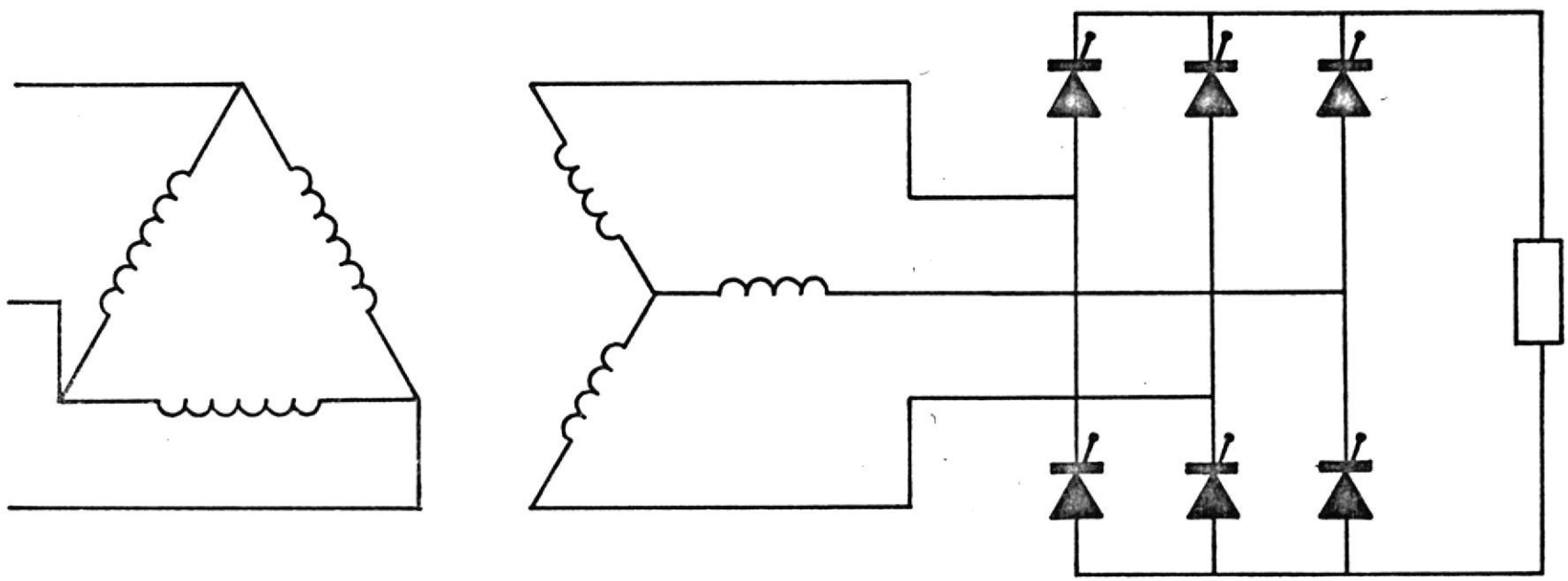


Fig. # 13(b) Circuito Rectificador Trifásico, Norma ANSI-23

Un típico rectificador de alta potencia es mostrado en la Fig. # 13 (a) según las reglas ANSI-24 y (b) ANSI-23 y sus respectivas formas de onda de voltaje y corriente se muestran en las Fig. # 14 (a), (b), (c), (d) y (e). Estas formas de ondas son teóricas, las cuales se basan en las siguientes asunciones:

1.- Se desprecia la reactancia de dispersión del transformador.
2.- La caída de tensión es constante para todas las cargas.
3.- La onda de corriente contínua es una línea recta.

Por el análisis de FOURIER, la forma de onda de corriente alterna de la Fig. # 14 (c) que es la corriente en el devanado de corriente contínua R1, puede ser descompuesta en la siguiente serie de componentes armónicos:

$$i(t) = \sqrt{2}\, I_1 \left[\text{sen } \omega t - \frac{\text{sen } 5\omega t}{5} - \frac{\text{sen } 7\omega t}{7} + \right.$$

$$\left. + \frac{\text{sen } 11\omega t}{11} + \frac{\text{sen } 13\omega t}{13} + .. + \frac{2}{\sqrt{3}} \cos\frac{n\pi}{6} \frac{\text{sen } n\omega t}{n} \right] \quad (17)$$

donde: I_1 = es el valor RMS de la componente fundamental de la corriente alterna en la línea y su valor igual a $6/\pi\, I_d$.

n = es el orden del armónico.

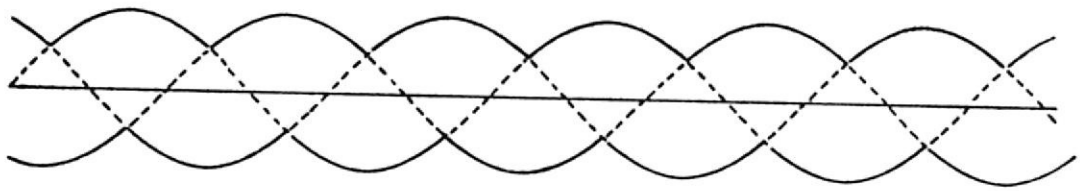


Fig. # 14(a) Voltajes en los devanados DC del transformador, Norma ANSI-23.

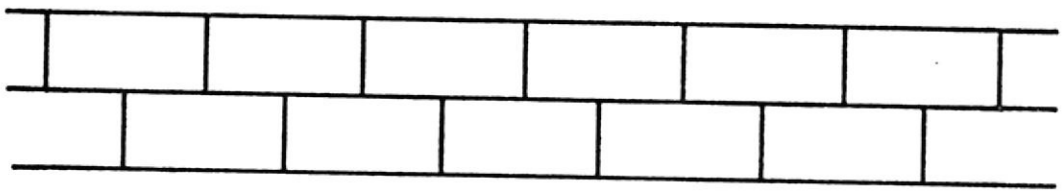


Fig. # 14(b) Corriente en los elementos utilizados para Rectificación.

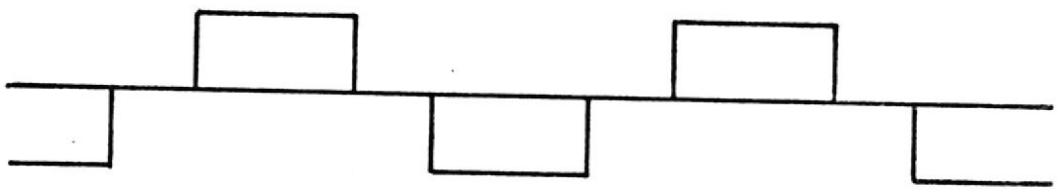


Fig. # 14(c) Corriente en el devanado R1, Norma ANSI-23.

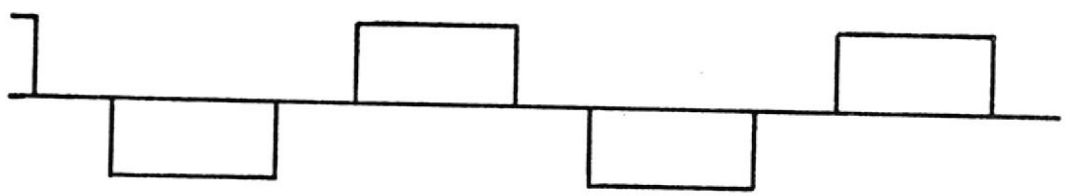


Fig. # 14(d) Corriente en el devanado R2, Norma ANSI-23.

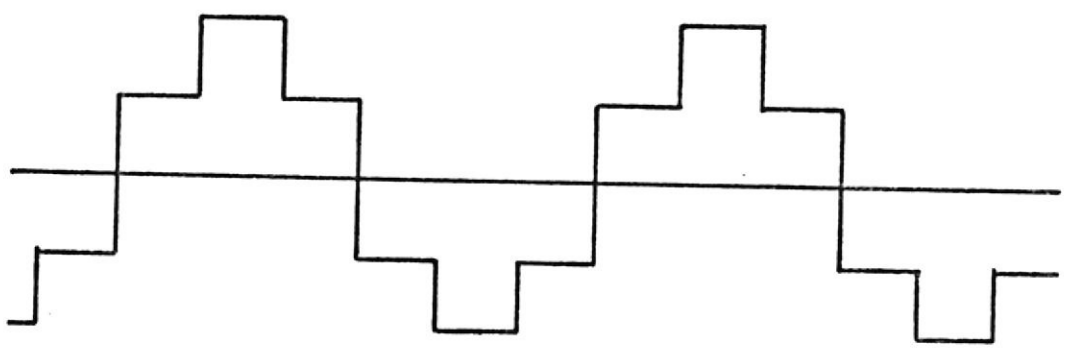


Fig. # 14(e) Corriente en la línea, Norma ANSI-23.

La ecuación (17) fue obtenida para la Fig. # 13 (a), en la Fig. # 13 (b), se muestra una alternativa para la conexión del transformador (ANSI-23), el primario está conectado en triángulo, en éste caso, la corriente en el secundario ó devanado de corriente directa es la misma que la que se muestra en la Fig. # 14 (c), (d) y (e) pero con un cambio de fase de 30^{o} introducido por el tipo de conexión (triángulo-estrella). Por el análisis de FOURIER, para éste caso la corriente será:

$$i(t) = \sqrt{2}\, I_1 \left[\text{sen } \omega t + \frac{\text{sen } 5\omega t}{5} + \frac{\text{sen } 7\omega t}{7} \cdots \right] \quad (18)$$

El espectro de señales armónicas presentado en las expresiones (17) y (18) son idénticos, excepto que para las parejas de armónicos de orden quinto y séptimo, décimo séptimo y décimo noveno, etc. son negativos en la expresión (17), mientras que en la expresión (18) esos mismos armónicos son positivos. Esto sugiere que si se conectan en paralelo dos tipos de rectificadores, con igual valor de la corriente de la línea, éstas parejas alternadas se cancelarán. Es decir que el sistema resultante se podría decir que opera como un rectificador de "12 pulsos". De ésta forma se tendría que si se adicionan unidades rectificadoras con igual defaseje una de otra, se crearía rectificadores con diferentes número de pulsos.

2.2.1.1.- ANALISIS Y FORMA DE ONDA DE LA CORRIENTE EN LA CARGA ALIMENTADA POR UN RECTIFICADOR TRIFASICO

El análisis será realizado con la ayuda de las series de FOURIER y de la Fig. # 11. Si el circuito de corriente contínua no tuviera inductancia, entonces la corriente unidireccional en la carga vendría a ser proporcional al valor instantáneo de la tensión rectificada. Inicialmente se hará el análisis sin considerar el efecto suavizador que realiza la inductancia de dispersión sobre la forma de la onda de corriente contínua.

Se comenzará el análisis, considerando secuencia positiva "ABC" y teniendo presente que en un transformador trifásico conectado en triángulo-estrella donde el lado de alta tensión está conectado en triángulo, los voltajes de línea a neutro del lado de alta están adelantados en 30^{o} con respecto a los voltajes de línea a neutro del lado de baja tensión. Si además se considera que:

$$V_A(t) = V_m \cos \omega t \qquad (19)$$

$$V_B(t) = V_m \cos(\omega t - 120^{o}) \qquad (20)$$

$$V_C(t) = V_m \cos(\omega t + 120^o) \qquad (21)$$

donde: V_m = amplitud de la tensión del lado de alta tensión.

ω = frecuencia angular de generación, para el presente estudio f_o = 60 Hz.

Para simplificación se tomará:

$$x = \omega t \qquad (22)$$

Para la obtención de la tensión en la carga, la misma que es tensión rectificada y cuya forma de onda se la muestra en la Fig. # 14 (a), se utilizarán los coeficientes de FOURIER, donde para el presente caso el período es igual a $2\pi/3$.

$$a_n = \frac{6}{\pi} \int_0^{\pi/3} \cos(x).\cos(3nx)\, dx \qquad (23)$$

$$a_n = \frac{3}{\pi} \int_0^{\pi/3} \left[\cos(3n + 1)x + \cos(3n - 1)x\right] dx =$$

$$= \frac{3}{\pi} \left[\frac{\operatorname{sen}(3n + 1)x}{(3n + 1)} + \frac{\operatorname{sen}(3n - 1)x}{(3n - 1)} \right]_0^{\pi/3} =$$

donde al realizar la evaluación en el intervalo mencionado anteriormente $(0, \pi/3)$, se obtiene:

$$a_n = \frac{3\sqrt{3}\ (-1)^{n+1}}{\pi\ (9n^2 - 1)} \qquad (24)$$

Como se trata de una función par, entonces su desarrollo en serie de FOURIER sólo tendrá términos en coseno, es decir que:

$$b_n = 0 \qquad (25)$$

Si se considera una relación de transformación de uno a uno (1:1), entonces la tensión en la carga del rectificador trifásico estará dada por:

$$V_L = \left[\frac{3\sqrt{3}}{2\pi} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{3\sqrt{3}\ (-1)^{n+1}}{\pi\ (9n^2 - 1)} \cos(3n\omega t)\right] V_m \qquad (26)$$

entonces, la corriente en la carga de dicho rectificador trifásico estará dada por:

$$i_L = \frac{V_L}{R} \qquad (27)$$

La forma de la onda de la corriente en la carga que alimenta un rectificador trifásico como el que muestra en la Fig. # 11, no es del todo una corriente contínua pura, sino que tiene un cierto nivel de corriente contínua dado por el termino independiente de la expresión (26) y una serie de armónicos múltiplos de tres.

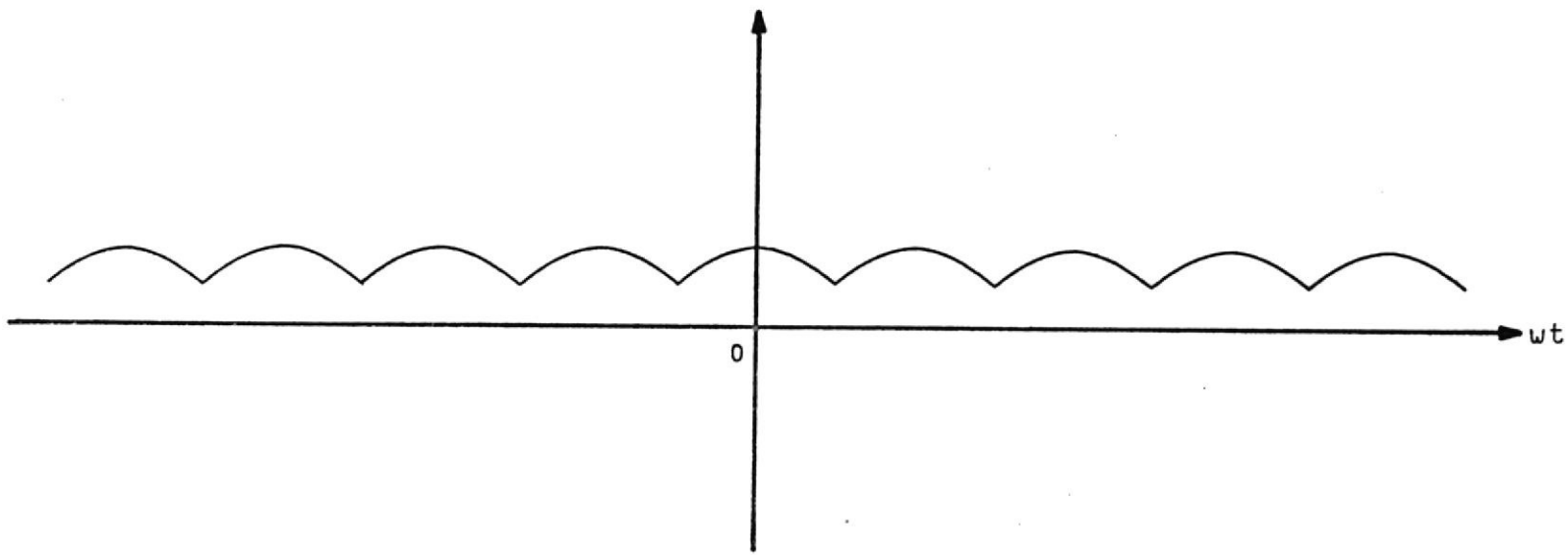


Fig. # 15 Forma de onda de la corriente en la carga que alimenta un Rectificador Trifásico.

La forma de onda de la corriente en la carga que alimenta un rectificador trifásico como el que se muestra en la Fig. # 11 es del tipo que se muestra en la Fig. # 15.

2.2.1.2.- ANALISIS Y FORMA DE ONDA DE LA CORRIENTE EN LA LINEA DEL TRANSFORMADOR

Para un transformador trifásico, conectado en Δ-Y, donde el lado de alta tensión está conectado en Δ, se debe tener presente que el voltaje de línea a neutro del lado de alta tensión, adelanta en 30^{o} al voltaje de línea a neutro del lado de baja tensión. Los diagramas vectoriales de tensión y corriente de dicho transformador se muestran en la Fig. # 16.

La corriente en la línea del transformador en el lado de alta tensión, para cada una de las fases, estará dada por las siguientes relaciones:

$$I_A = I_{AB} - I_{CA} \qquad (28)$$

$$I_B = I_{BC} - I_{AB} \qquad (29)$$

$$I_C = I_{CA} - I_{BC} \qquad (30)$$

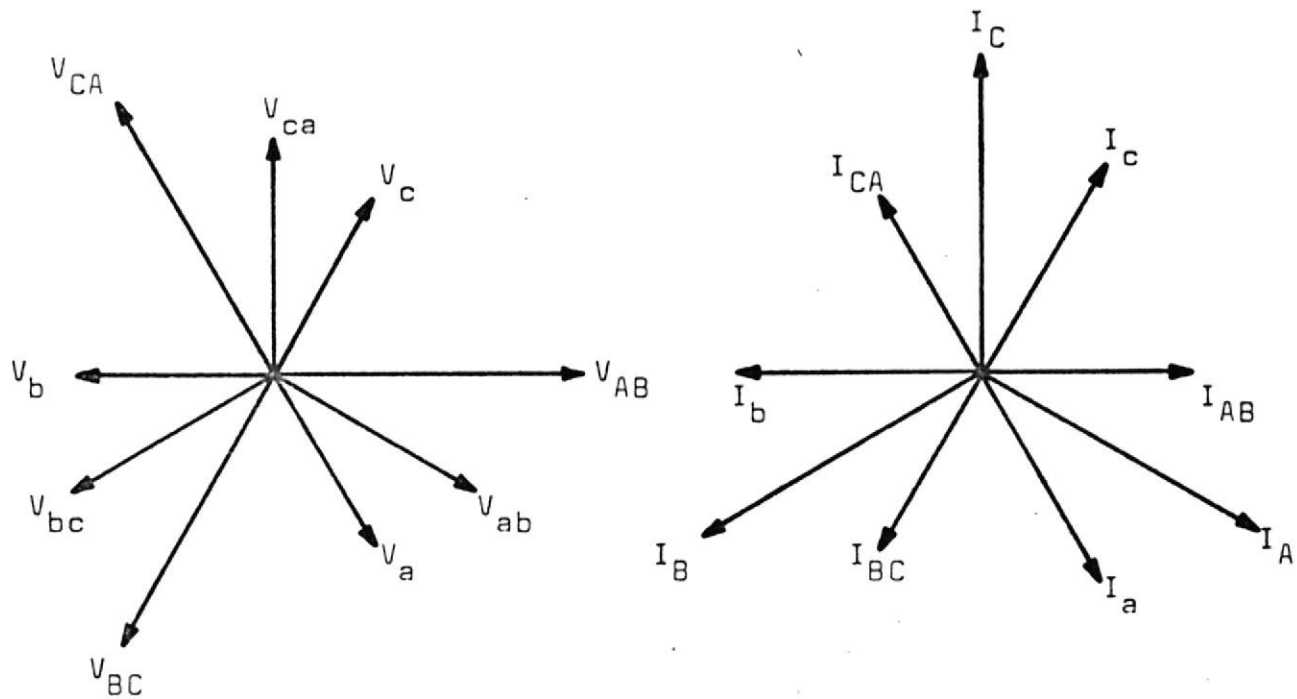


Fig. # 16 Diagramas vectoriales de tensión y corriente en un transformador trifásico conectado en Δ-Y, donde el lado Δ es el lado de alta tensión.

Las formas de onda de las corrientes de las líneas del transformador trifásico, se muestran en las Fig. # 17 (a), (b), y (c), donde es fácil darse cuenta que cada una de ellas está defasada 120^{o}.

A continuación se obtendrán los coeficientes de FOURIER para la corriente en la línea "A":

$$a_n = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi/3}^{\pi/3} \cos(x).\cos(nx)\ dx - \frac{1}{\pi}\int_{\pi/3}^{\pi} \cos(x - 2\pi/3).\cos(nx)\ dx \qquad (31)$$

$$b_n = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi/3}^{\pi/3} \cos(x).\mathrm{sen}(nx)\ dx - \frac{1}{\pi}\int_{\pi/3}^{\pi} \cos(x - 2\pi/3).\mathrm{sen}(nx)\ dx \qquad (32)$$

Se nota claramente la introducción de armónicos en la línea de un transformador trifásico como el que se muestra en la Fig. # 11, su espectro de señales armónicas es bastante fuerte, esto produciría unos voltajes armónicos en los devanados del transformador, los cuales serían peligrosos, pues a la larga dañarían el nivel del aislamiento de dichos devanados.

Si se tiene como en éste caso "tres fases", los ánodos son disparados en secuencia regular, cada uno de ellos

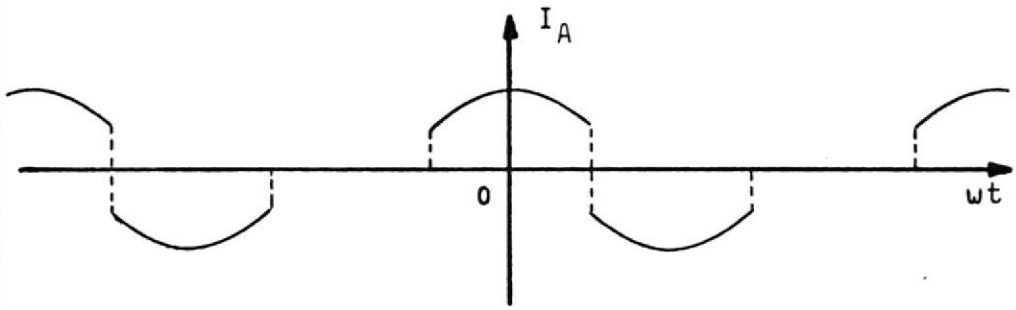


Fig. # 17(a) Corriente en la Línea A (I_A), para el Rectificador Trifásico de la Fig. # 11.

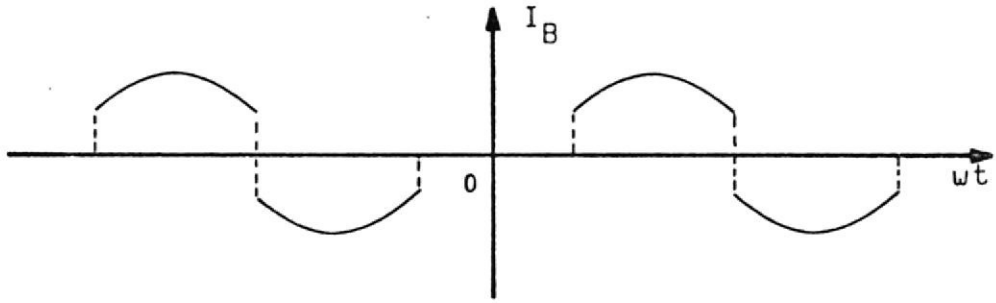


Fig. # 17(b) Corriente en la Línea B (I_B), para el Rectificador Trifásico de la Fig. # 11.

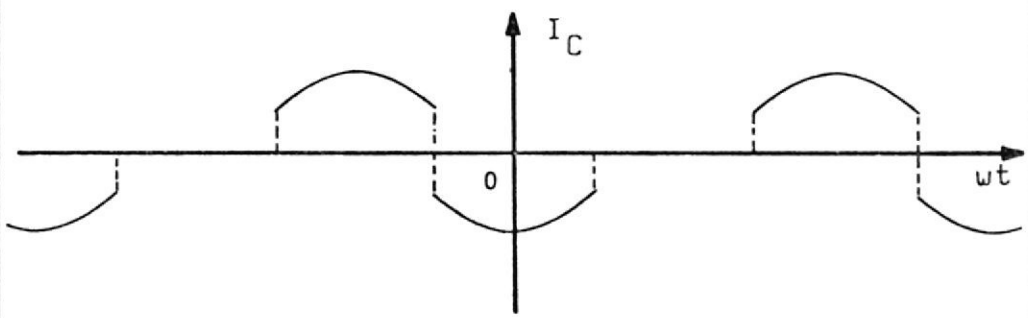


Fig. # 17(c) Corriente en la Línea C (I_C), para el mismo caso.

proporcionará a la carga la corriente constante "I_d", durante un intervalo de $2\pi/3$ grados eléctricos. Durante éste período, la tensión de ánodo a cátodo, estará representada por:

$$V_A = V_m \cos(\omega t)$$

Considerándose una caída de tensión en los elementos de rectificación de valor "V_r" (asumiéndola constante) entonces el valor medio de la tensión rectificada, estará dado por:

$$E_d = V_m \frac{\operatorname{sen}(\pi/n)}{(\pi/n)} \qquad (33)$$

En la relación (33), el valor de "n" significa el número de fases del circuito rectificador, si se considera "E_A", como la tensión eficaz entre línea y neutro de cada uno de los devanados del transformador, y despreciando el valor de "V_r", entonces la relación del valor medio de la tensión rectificada "E_d" a la tensión "E_A", estará dada por:

$$\frac{E_d}{E_A} = \sqrt{2} \frac{\operatorname{sen}(\pi/n)}{(\pi/n)} \qquad (34)$$

Para el presente caso (n=3), $E_d/E_A = 1.17$

Mientras que la relación del valor medio de la tensión rectificada "E_d" a la tensión "E_A" para el caso de un rectificador monofásico toma un valor de 0.90. Al incrementarse el número de fases, ésta relación se incrementa, de tal manera que cuando tiende al infinito el número de fases, dicha relación tiende a un valor de 1.4142.

2.2.1.3.- ANALISIS Y FORMA DE ONDA DE LA CORRIENTE EN LA FASE DEL TRANSFORMADOR

Las formas de onda de las corrientes de las fases del transformador trifásico de la Fig. # 11, pueden ser apreciadas claramente en las Fig. # 18 (a), (b) y (c), en las cuales es fácil darse cuenta que están defasadas 120^{o} entre ellas.

A continuación se obtendrán los coeficientes de FOURIER para la corriente en la fase entre las líneas "A" y "C":

$$a_n = \frac{2}{\pi}\int_0^{\pi} -\cos(x).\cos(nx)\ dx \qquad (35)$$

$$b_n = 0 \qquad (36)$$

Por el hecho de que es una función par, los coefi-

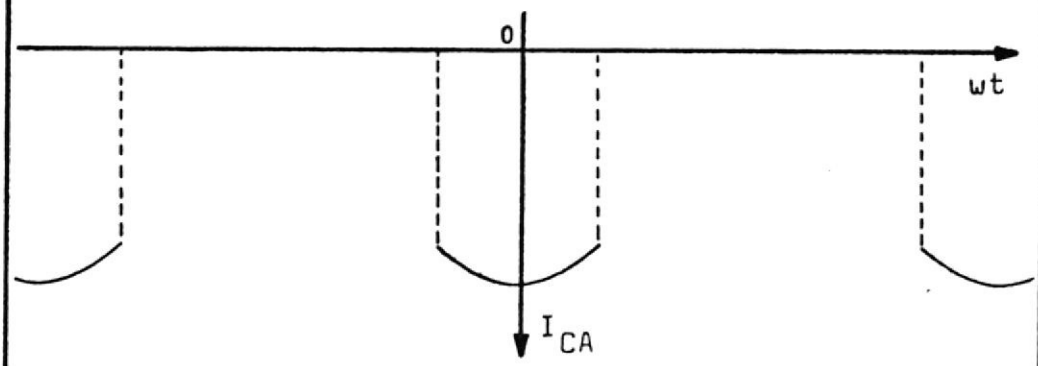


Fig. # 18(a) Corriente entre las fases C y A de un Rectificador Trifásico.

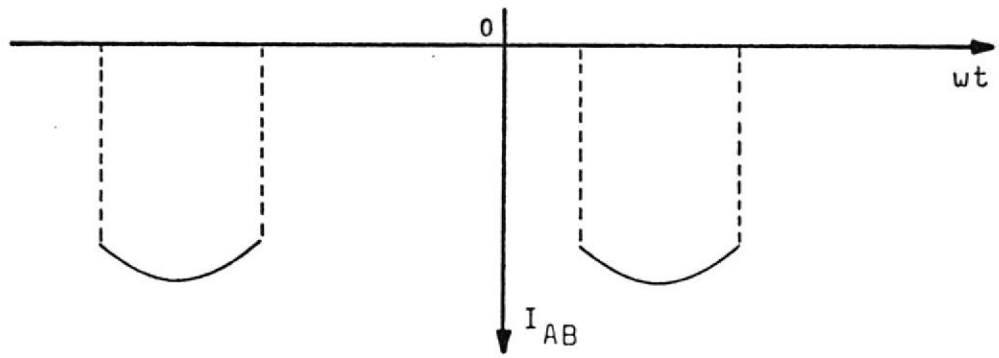


Fig. # 18(b) Corriente entre las fases A y B de un Rectificador Trifásico.

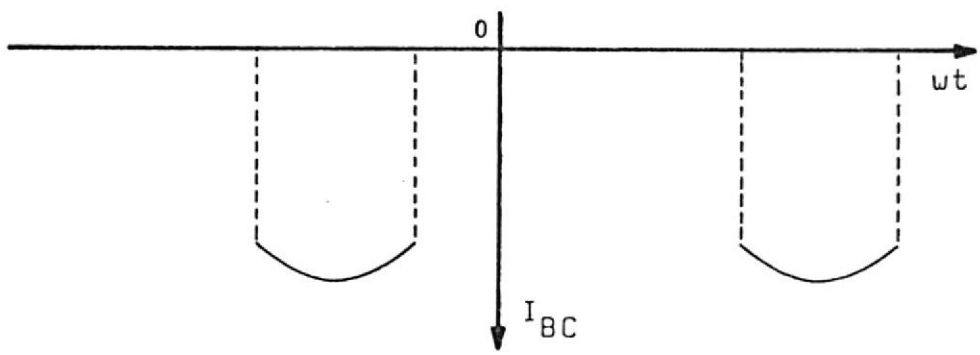


Fig. # 18(c) Corriente entre las fases B y C de un Rectificador Trifásico.

cientes b_n de la serie de FOURIER, tienen todos ellos un valor nulo.

Debido al hecho de que el espectro de armónicos en cada una de las fases del transformador trifásico es bastante fuerte, se podrían producirse algunos daños que podrían dejar prácticamente sin utilización a dicho transformador, entre ellos deberían cuidarse:

1.- Voltajes armónicos, producidos por las corrientes armónicas del espectro presente debido a la rectificación.

2.- Al excitar los transformadores monofásicos a la tensión nominal, producen un tercer armónico. Esto ocurre debido a que la curva de saturación de los transformadores reales aumenta de manera pronunciada y se satura rápidamente, haciendo que la corriente magnetizante se distorsione.

3.- Al realizar la selección de un transformador, debería tomarse en cuenta su factor de utilización. Un factor de utilización bajo significa un costo mucho más elevado del transformador para la cantidad de potencia de corriente contínua producida. Resulta que el factor de utilización tiene un va-

lor máximo teórico para "2.7 fases", lo cual indica que la rectificación trifásica proporciona una conversión con mayor rendimiento en función del coste de dicho transformador, a pesar de su elevado contenido de rizado y su baja relación entre tensión de corriente contínua y tensión eficaz de corriente alterna.

2.2.1.4.- PROGRAMA PARA LA OBTENCION DE LOS COEFICIENTES DE FOURIER EN FORMA RECURSIVA DE LAS CORRIENTES EN LA CARGA EN LA LINEA Y EN LA FASE DEL TRANSFORMADOR

A continuación se presenta un diagrama de flujo para la obtención de los coeficientes de FOURIER tanto en la carga como en la línea y en la fase del transformador, para lo cual se definirán ciertas constantes para entender su operación:

M = Precisión seleccionada para la obtención de los coeficientes de FOURIER, para obtener una buena precisión, deberá seleccionar un valor de M mayor que 100.

N = Indica la decisión que se tomará. Un valor de N menor que cero indica la obtención de los coeficientes de FOURIER en la FASE del transformador. Un valor de N mayor que cero indica la ob

tención de los coeficientes de FOURIER en la LINEA del transformador. Un valor de N igual a cero, indica la obtención de los coeficientes de FOURIER en la carga servida por el transformador.

H = Incremento de los intervalos de integración.

T = Identifica el coeficiente que se está calculando pudiendo tomar valores de 0, 1, 2, . . .

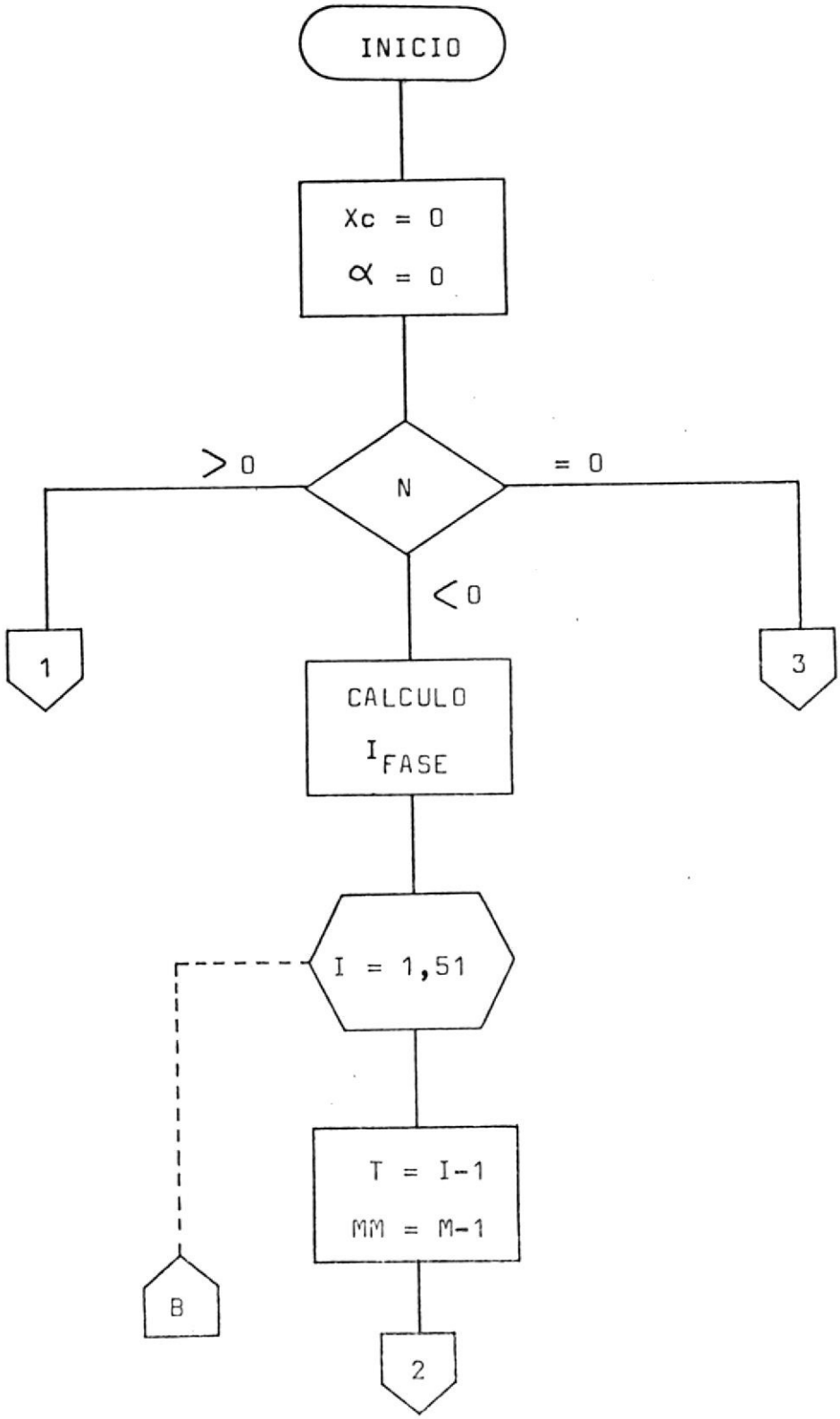
Xc = Representa la reactancia de conmutación, en caso ideal su valor es cero.

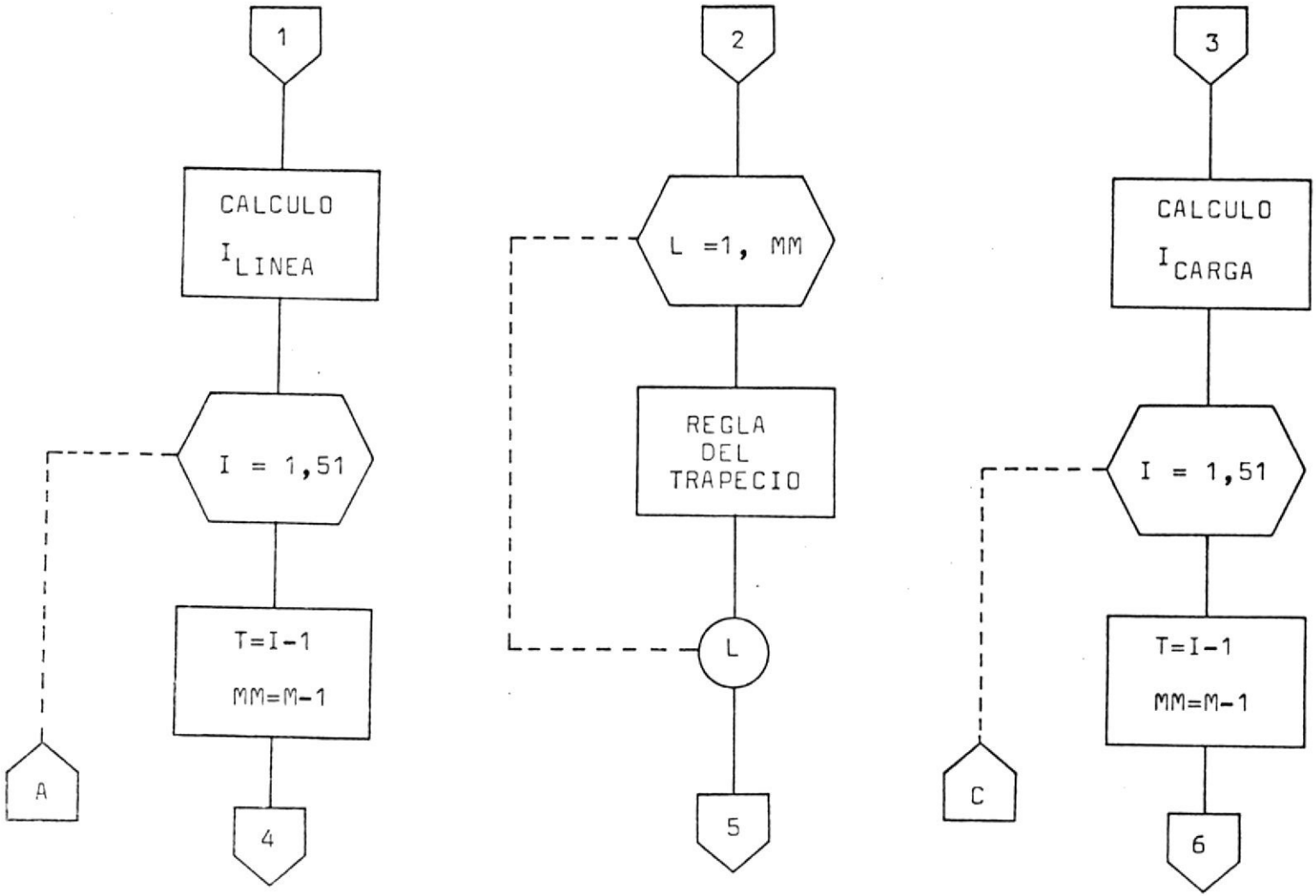
α = Angulo de retardo, en nuestro caso se lo considerará nulo, aunque en la realidad la amplitud de las señales armónicas son una función tanto del ángulo de retardo como de la reactancia de conmutación.

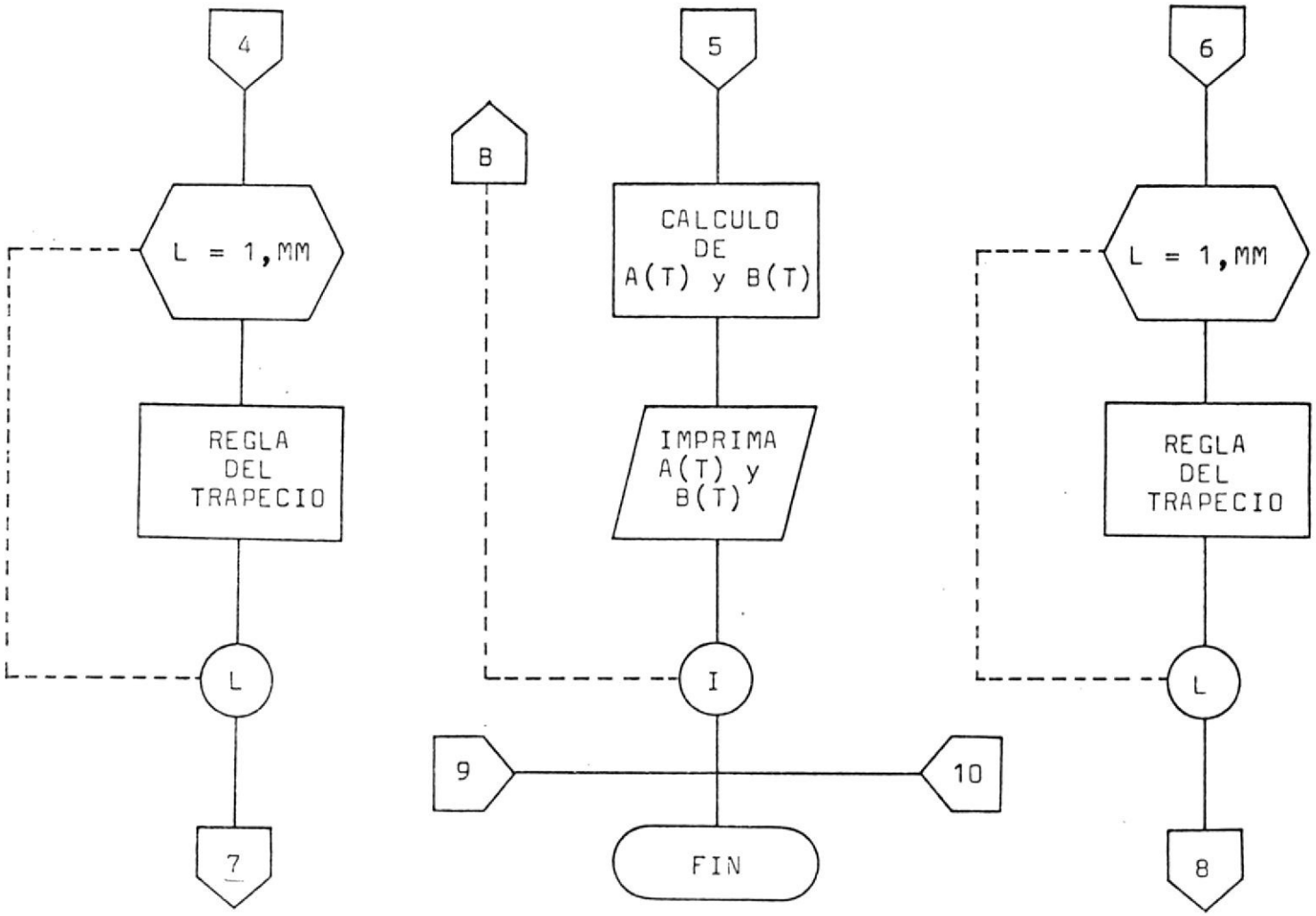
Los coeficientes de FOURIER, para los tres casos: corriente en la línea, en la fase y en la carga, son denominados por A(T) y B(T), donde T puede tomar valores de 0, 1, 2, . . .

Para la obtención de estos coeficientes se utiliza la regla "TRAPEZOIDAL", su diagrama de flujo es como si-

gue:




1
CALCULO
I_{LINEA}
I = 1,51
T=I-1
MM=M-1
A
4
2
L =1, MM
REGLA
DEL
TRAPECIO
L
5
3
CALCULO
I_{CARGA}
I = 1,51
T=I-1
MM=M-1
C
6


4
L = 1, MM
REGLA DEL TRAPECIO
L
7
B
5
CALCULO DE A(T) y B(T)
IMPRIMA A(T) y B(T)
I
9
10
FIN
6
L = 1, MM
REGLA DEL TRAPECIO
L
8

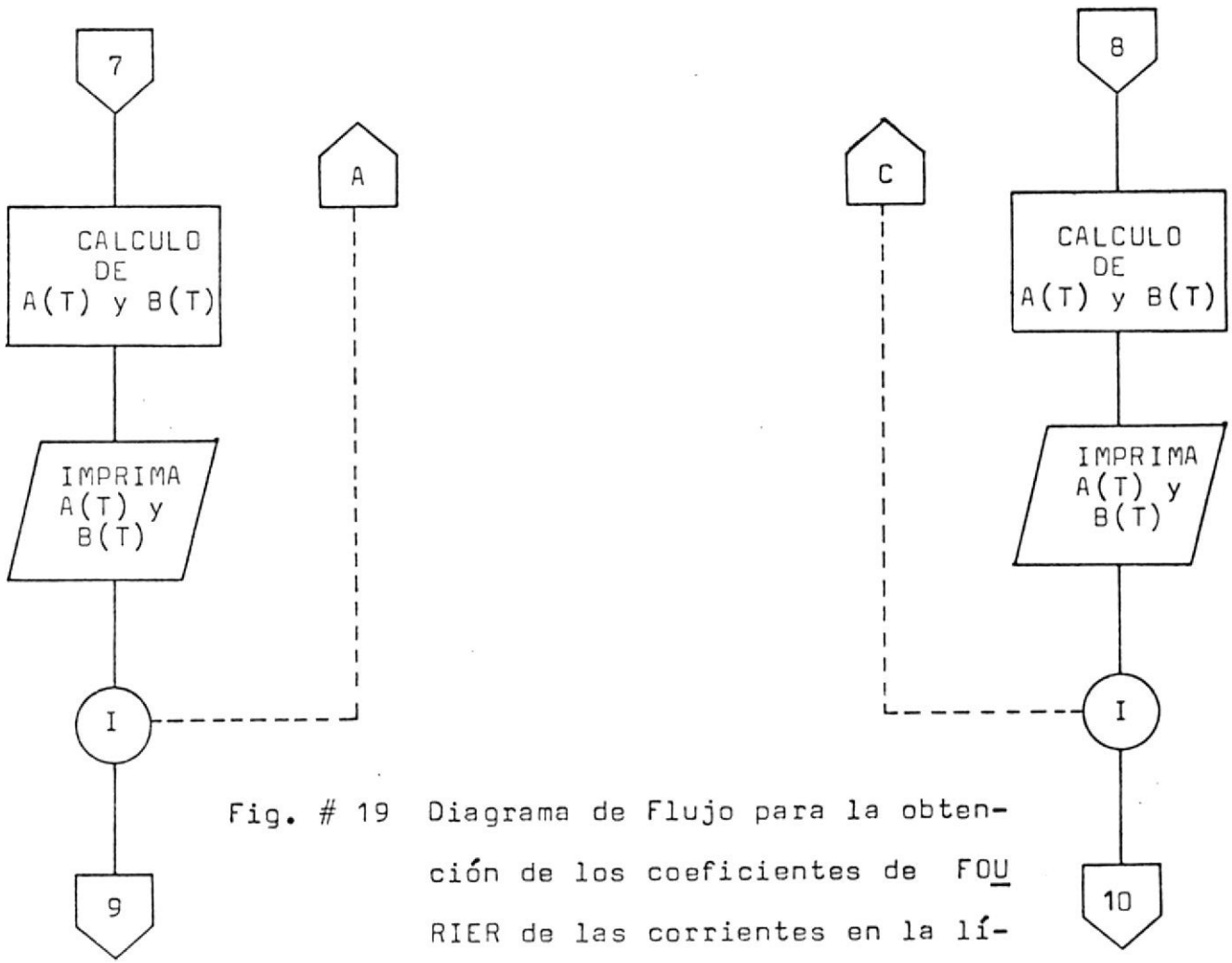


Fig. # 19 Diagrama de Flujo para la obtención de los coeficientes de FOURIER de las corrientes en la línea, fase y carga.

```
2 OPEN #7,"P:"
3 DIM A(60),B(60)
4 GRAPHICS 0
5 FOR I=1 TO 6
6 PRINT
7 NEXT I
8 PRINT TAB(5);"ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA"
9 FOR I=1 TO 4
10 PRINT
11 NEXT I
12 PRINT TAB(16);"D E L"
13 FOR I=1 TO 4
14 PRINT
15 NEXT I
16 PRINT TAB(12);"L I T O R A L"
17 FOR I=0 TO 1000
18 NEXT I
19 REM  ************************************************
************************************************************
20 REM  ** PROGRAMA PARA LA OBTENCION EN FORMA RECURSIV
A DE LOS COEFICIENTES DE FOURIER **
25 REM  ** DE LA CORRIENTE EN LA CARGA, EN LA LINEA Y E
N LA FASE DEL TRANSFORMADOR **
28 REM  ** CONECTADO A UN RECTIFICADOR TRIFASICO **
30 REM  ************************************************
************************************************************
40 REM  ***   ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITO
RAL   ***
60 REM  ***   FACULTAD   DE   INGENIERIA   ELECTRICA
***
70 REM  ************************************************
************************************************************
80 REM  ***  EL VALOR DE LA REACTANCIA DE CONMUTACION (
Xc) ES NULO  ***
90 REM  ***  EL VALOR DEL ANGULO DE RETARDO (ALPHA) ES
NULO  ***
91 REM ************************************************
************************************************************
92 GRAPHICS 0
93 PRINT
94 PRINT TAB(3);"DECISION  A  TOMARSE";:PRINT TAB(26);"
 N=";
95 INPUT N
96 IF N<>0 GO TO 300
```

```
98 REM  ************************************************
**********************************************************
100 REM  **  COEFICIENTES DE FOURIER PARA LA CORRIENTE
EN LA CARGA DE UN RECTIFICADOR TRIFASICO  **
102 REM  ************************************************
**********************************************************
104 PRINT #7,TAB(20);"COEFICIENTES DE FOURIER DE LA COR
RIENTE"
105 PRINT #7
106 PRINT #7,TAB(25);"EN LA  CARGA DE UN RECTIFICADOR"
107 PRINT #7
108 PRINT #7,TAB(36);"TRIFASICO"
112 REM  ************************************************
**********************************************************
114 REM  ** M   ES LA PRECISION SELECCIONADA PARA LA OB
TENCION DE LOS COEFICIENTES DE FOURIER **
115 REM  ************************************************
**********************************************************
116 PRINT
117 PRINT
118 PRINT TAB(2);"PRECISION DESEADA; M=";
120 INPUT M
122 PRINT #7
124 PRINT #7
125 PRINT #7,TAB(23);"T";:PRINT #7,TAB(36);"A(T)";:PRIN
T #7,TAB(53);"B(T)"
126 PRINT #7,TAB(21);"_____";:PRINT #7,TAB(32);"_______
_____";:PRINT #7,TAB(51);"________"
128 PRINT #7
130 X1=3.14159264
140 X11=X1/3
150 DEF F1(X)=COS(3*T*X)*COS(X)
152 REM ************************************************
**********************************************************
155 REM  ** H   ES EL VALOR DEL INCREMENTO PARA LA OBTE
NCION DE LOS COEFICIENTES DE FOURIER EN FORMA RECURSIVA
 **
158 REM ************************************************
**********************************************************
160 H=2*X11/M
170 FOR I=1 TO 51
180 T=I-1
190 SUM1=F1(X11)+F1(-X11)
200 MM=M-1
210 FOR L=1 TO MM
```

```
220 SUM1=SUM1+2*F1(-X11+L*H)
230 NEXT L
240 A(T)=SUM1*H/(2*X11)
250 IF T>0 GO TO 270
260 A(T)=A(T)/2
270 PRINT #7,TAB(22);T;:PRINT #7,TAB(32);A(T);:PRINT #7
,TAB(52);"0.0000"
280 NEXT I
290 STOP
300 IF N>0 GO TO 510
310 REM  ************************************************
************************************************************
320 REM  **  COEFICIENTES DE FOURIER PARA LA CORRIENTE
EN LA FASE  DE UN RECTIFICADOR TRIFASICO  **
330 REM  ************************************************
************************************************************
332 PRINT #7,TAB(20);"COEFICIENTES DE FORIER DE LA CORR
IENTE"
333 PRINT #7
334 PRINT #7,TAB(25);"EN  LA  FASE DE UN RECTIFICADOR"
335 PRINT #7
336 PRINT #7,TAB(36);"TRIFASICO"
342 REM  ************************************************
************************************************************
344 REM  ** M   ES LA PRECISION SELECCIONADA PARA LA OB
TENCION DE LOS COEFICIENTES DE FOURIER **
345 REM  ************************************************
************************************************************
346 PRINT
347 PRINT
348 PRINT TAB(2);"PRECISION DESEADA; M=";
350 INPUT M
352 PRINT #7
354 PRINT #7
355 PRINT #7,TAB(23);"T";:PRINT #7,TAB(36);"A(T)";:PRIN
T #7,TAB(53);"B(T)"
356 PRINT #7,TAB(21);"_____";:PRINT #7,TAB(32);"_______
_____";:PRINT #7,TAB(51);"________"
358 PRINT #7
360 X1=3.14159264
370 X11=X1/3
380 DEF F1(X)=-COS(T*X)*COS(X)
382 REM ************************************************
************************************************************
385 REM  ** H   ES EL VALOR DEL INCREMENTO PARA LA OBTE
NCION DE LOS COEFICIENTES DE FOURIER EN FORMA RECURSIVA
```

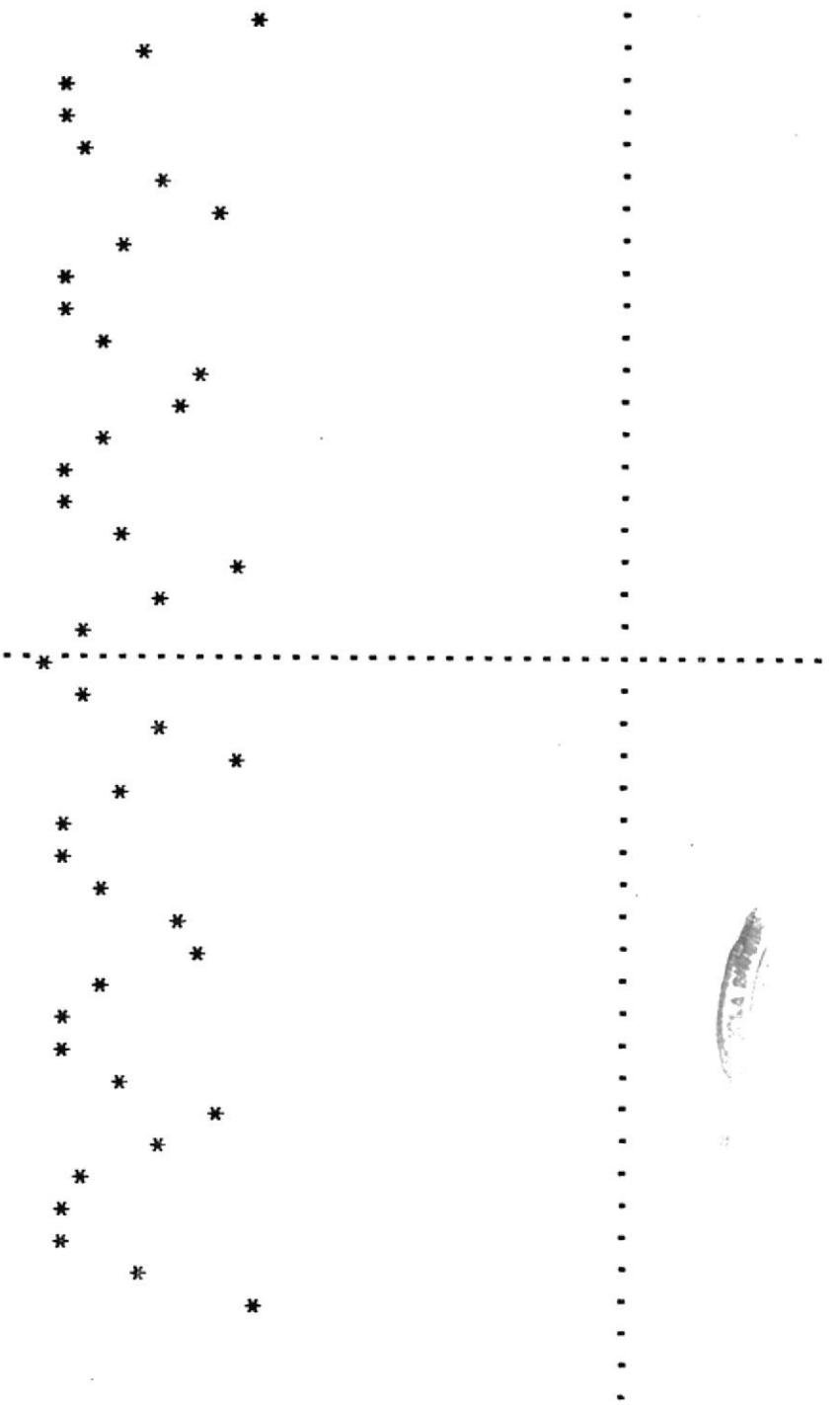
```
388 REM  ************************************************
************************************************************
390 H=2*X11/M
400 FOR I=1 TO 51
410 T=I-1
420 SUM1=F1(-X11)+F1(X11)
430 MM=M-1
440 FOR L=1 TO MM
450 SUM1=SUM1+2*F1(-X11+L*H)
460 NEXT L
470 A(T)=SUM1*H/(2*X1)
480 IT T>0 GO TO 500
490 A(T)=A(T)/2
500 PRINT #7,TAB(22);T;:PRINT #7,TAB(32);A(T);:PRINT #7
,TAB(52);"0.0000"
502 NEXT I
505 STOP
510 REM  ************************************************
************************************************************
520 REM  **  COEFICIENTES DE FOURIER PARA LA CORRIENTE
EN LA LINEA DE UN RECTIFICADOR TRIFASICO  **
530 REM  ************************************************
************************************************************
*
532 PRINT #7,TAB(20);"COEFICIENTES DE FOURIER DE LA COR
RIENTE"
533 PRINT #7
534 PRINT #7,TAB(25);"EN LA LINEA DE UN RECTIFICADOR"
535 PRINT #7
536 PRINT #7,TAB(36);"TRIFASICO"
542 REM  ************************************************
************************************************************
544 REM  ** M   ES LA PRECISION SELECCIONADA PARA LA OB
TENCION DE LOS COEFICIENTES DE FOURIER **
545 REM  ************************************************
************************************************************
546 PRINT
547 PRINT
548 PRINT TAB(2);"PRECISION DESEADA; M=";
550 INPUT M
552 PRINT #7
554 PRINT #7
555 PRINT #7,TAB(22);"T";:PRINT #7,TAB(33);"A(T)";:PRIN
T #7,TAB(50);"B(T)"
556 PRINT #7,TAB(20);"_____";:PRINT #7,TAB(29);"_______
_______";:PRINT #7,TAB(46);"_____________"
```

```
558 PRINT #7
560 X1=3.14159264
570 X11=X1/3
575 DEF F1(X)=COS(T*X)*COS(X)
576 DEF F11(X)=-COS(T*X)*COS(X-2*X11)
578 DEF F2(X)=SIN(T*X)*COS(X)
580 DEF F22(X)=-SIN(T*X)*COS(X-2*X11)
582 REM ************************************************
************************************************
585 REM  ** H   ES EL VALOR DEL INCREMENTO PARA LA OBTE
NCION DE LOS COEFICIENTES DE FOURIER EN FORMA RECURSIVA
 **
588 REM ************************************************
************************************************
590 H=2*X11/M
600 FOR I=1 TO 51
610 T=I-1
620 SUM1=F1(X11)+F1(-X11)
622 SUM11=F11(X11)+F11(X1)
624 SUM2=F2(X11)+F2(-X11)
626 SUM22=F22(X11)+F22(X1)
630 MM=M-1
640 FOR L=1 TO MM
650 SUM1=SUM1+2*F1(-X11+L*H)
652 SUM11=SUM11+2*F11(X11+L*H)
654 SUM2=SUM2+2*F2(-X11+L*H)
656 SUM22=SUM22+2*F22(X11+L*H)
660 NEXT L
670 A(T)=(SUM1+SUM11)*H/(2*X1)
675 B(T)=(SUM2+SUM22)*H/(2*X1)
680 IF T>0 GO TO 700
690 A(T)=A(T)/2
700 PRINT #7,TAB(21);T;:PRINT #7,TAB(30);A(T);:PRINT #7
,TAB(47);B(T)
710 NEXT I
720 STOP
```

COEFICIENTES DE FOURIER DE LA CORRIENTE
EN LA CARGA DE UN RECTIFICADOR
TRIFASICO

T	A(T)	B(T)
0	.826989	0.0000
1	.206764	0.0000
2	-.047272	0.0000
3	.02069	0.0000
4	-1.15815E-02	0.0000
5	7.39911E-03	0.0000
6	-5.13589E-03	0.0000
7	3.77426E-03	0.0000
8	-2.89167E-03	0.0000
9	2.28718E-03	0.0000
10	-1.85505E-03	0.0000
11	1.53544E-03	0.0000
12	-1.29248E-03	0.0000
13	1.10336E-03	0.0000
14	-9.53476E-04	0.0000
15	8.32493E-04	0.0000
16	-7.33521E-04	0.0000
17	6.5151E-04	0.0000
18	-5.82804E-04	0.0000
19	5.24639E-04	0.0000
20	-4.75019E-04	0.0000
21	4.32405E-04	0.0000
22	-3.95282E-04	0.0000
23	3.63092E-04	0.0000
24	-3.34794E-04	0.0000
25	3.09812E-04	0.0000
26	-2.87598E-04	0.0000
27	2.67792E-04	0.0000
28	-2.50222E-04	0.0000
29	2.34276E-04	0.0000
30	-2.20151E-04	0.0000
31	2.07172E-04	0.0000
32	-1.95406E-04	0.0000
33	1.84833E-04	0.0000
34	-1.75137E-04	0.0000
35	1.66011E-04	0.0000
36	-1.57891E-04	0.0000
37	1.50424E-04	0.0000
38	-1.43357E-04	0.0000
39	1.3714E-04	0.0000
40	-1.31217E-04	0.0000
41	1.25715E-04	0.0000
42	-1.20548E-04	0.0000
43	1.16044E-04	0.0000
44	-1.11688E-04	0.0000
45	1.07561E-04	0.0000
46	-1.03784E-04	0.0000
47	9.99828E-05	0.0000
48	-9.68866E-05	0.0000
49	9.37244E-05	0.0000
50	-9.04105E-05	0.0000

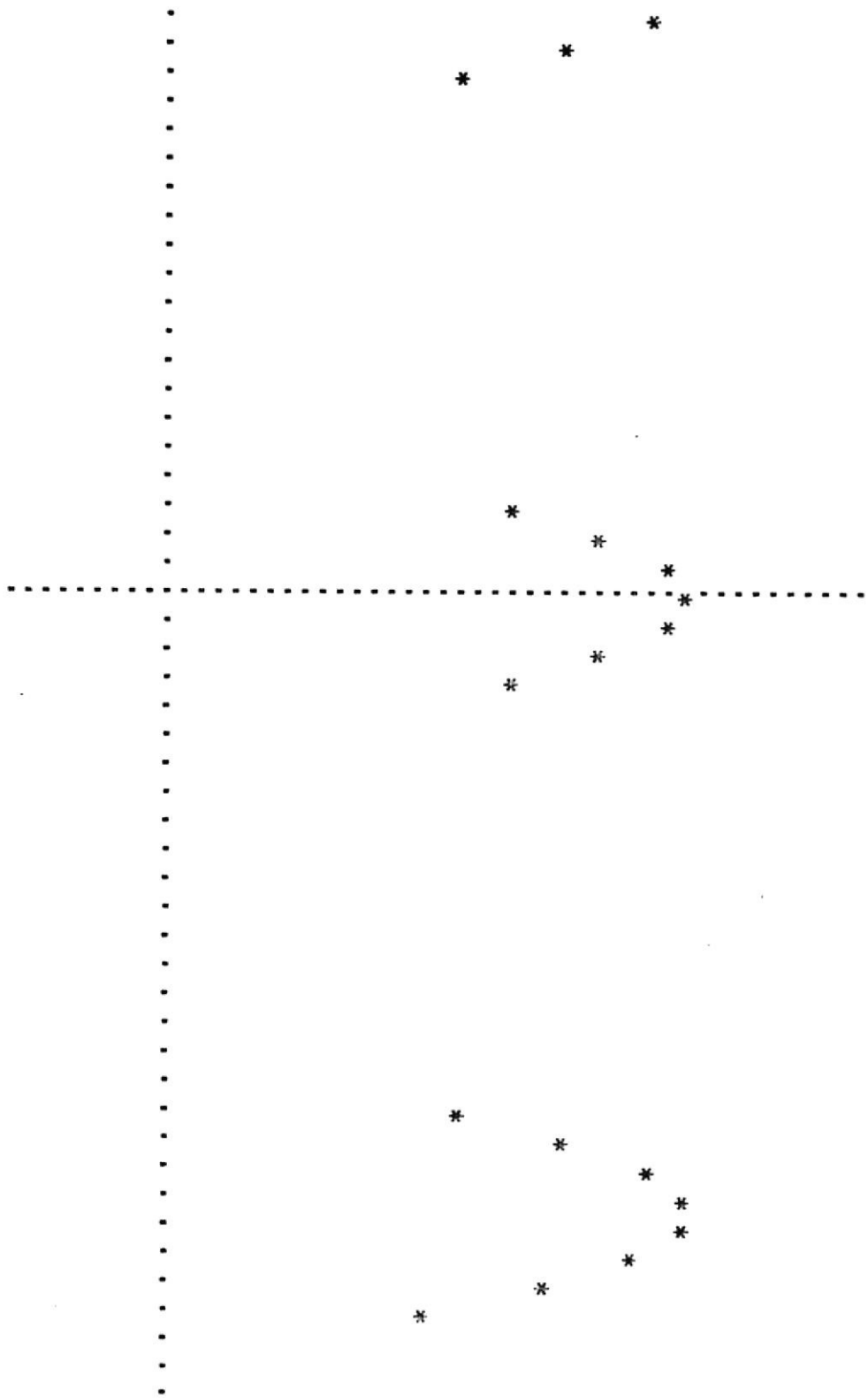
GRAFICA DE LA CORRIENTE EN LA CARGA DE UN RECTIFICADOR TRIFASICO



COEFICIENTES DE FUORIER DE LA CORRIENTE
EN LA FASE DE UN RECTIFICADOR
TRIFASICO

T	A(T)	B(T)
0	-.275663	0.0000
1	-.471162	0.0000
2	-.275663	0.0000
3	-6.89214E-02	0.0000
4	5.51205E-02	0.0000
5	6.89062E-02	0.0000
6	1.57573E-02	0.0000
7	-.034438	0.0000
8	-3.93631E-02	0.0000
9	-6.89666E-03	0.0000
10	2.50327E-02	0.0000
11	2.75413E-02	0.0000
12	3.86051E-03	0.0000
13	-1.96551E-02	0.0000
14	-2.11722E-02	0.0000
15	-2.46637E-03	0.0000
16	1.61727E-02	0.0000
17	1.71887E-02	0.0000
18	1.71196E-03	0.0000
19	-1.37328E-02	0.0000
20	-1.44608E-02	0.0000
21	-1.25809E-03	0.0000
22	1.19274E-02	0.0000
23	1.24747E-02	0.0000
24	9.63891E-04	0.0000
25	-1.05369E-02	0.0000
26	-1.09635E-02	0.0000
27	-7.62395E-04	0.0000
28	9.43252E-03	0.0000
29	9.77454E-03	0.0000
30	6.18349E-04	0.0000
31	-8.53377E-03	0.0000
32	-8.81419E-03	0.0000
33	-5.11815E-04	0.0000
34	7.78777E-03	0.0000
35	8.02195E-03	0.0000
36	4.30827E-04	0.0000
37	-7.15837E-03	0.0000
38	-7.35696E-03	0.0000
39	-3.67788E-04	0.0000
40	6.61994E-03	0.0000
41	6.79057E-03	0.0000
42	3.17825E-04	0.0000
43	-6.15387E-03	0.0000
44	-6.30212E-03	0.0000
45	-2.77498E-04	0.0000
46	5.74633E-03	0.0000
47	5.87638E-03	0.0000
48	2.44507E-04	0.0000
49	-5.38674E-03	0.0000
50	-5.50183E-03	0.0000

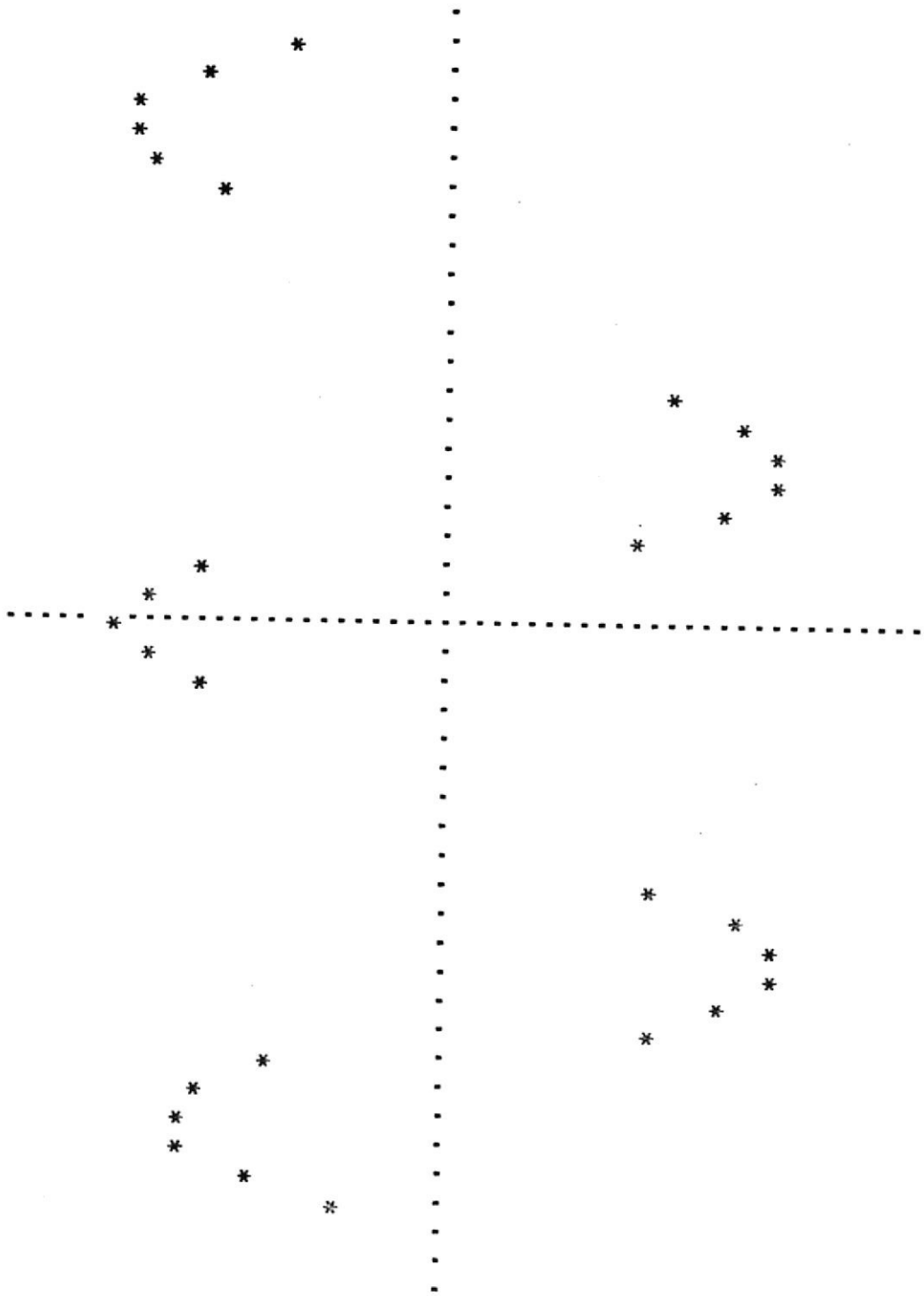
GRAFICA DE LA CORRIENTE EN LA FASE DE UN RECTIFICADOR TRIFASICO



COEFICIENTES DE FOURIER DE LA CORRIENTE
EN LA LINEA DE UN RECTIFICADOR
TRIFASICO

T	A(T)	B(T)
0	0	0
1	.706743	-.408039
2	.413495	.238731
3	6.35783E-09	-1.20451E-08
4	-8.26809E-02	4.77354E-02
5	-.103359	-5.96745E-02
6	-3.49681E-08	4.76837E-09
7	5.16571E-02	-2.98241E-02
8	5.90446E-02	3.40894E-02
9	-6.35783E-08	-1.09027E-08
10	-3.75491E-02	2.16789E-02
11	-.041312	-2.38514E-02
12	-3.85443E-08	-1.11014E-08
13	2.94827E-02	-1.70218E-02
14	3.17584E-02	1.83357E-02
15	3.17891E-08	2.35099E-08
16	-2.42591E-02	.014006
17	-2.57831E-02	-1.48859E-02
18	2.70208E-08	4.67648E-08
19	2.05993E-02	-.011893
20	2.16912E-02	1.25234E-02
21	-8.02676E-08	-3.71889E-09
22	-1.78911E-02	1.03294E-02
23	-1.87122E-02	-1.08034E-02
24	3.19878E-08	1.86761E-08
25	1.58054E-02	-9.12526E-03
26	1.64454E-02	9.4947E-03
27	-9.17912E-08	2.89044E-08
28	-1.41488E-02	8.16873E-03
29	-1.46617E-02	-8.46498E-03
30	-3.49681E-08	7.52051E-08
31	1.28006E-02	-7.39055E-03
32	1.32214E-02	7.63338E-03
33	-1.48962E-07	1.02314E-08
34	-1.16816E-02	6.74433E-03
35	-.012033	-6.9471E-03
36	2.24014E-08	-8.19564E-08
37	1.07375E-02	-6.19927E-03
38	1.10355E-02	6.37126E-03
39	2.31465E-08	7.3264E-08
40	-9.92995E-03	5.73297E-03
41	-1.01859E-02	-5.88074E-03
42	-4.92235E-08	-3.49506E-08
43	9.23079E-03	-5.32935E-03
44	9.4532E-03	5.45771E-03
45	2.00445E-07	3.43887E-08
46	-8.61946E-03	4.97643E-03
47	-8.81464E-03	-5.08907E-03
48	6.59376E-08	1.6888E-08
49	8.08013E-03	-4.66509E-03
50	8.25257E-03	4.76468E-03

GRAFICA DE LA CORRIENTE EN LA LINEA DE UN RECTIFICADOR TRIFASICO



2.2.1.5.- ANALISIS DE LOS RESULTADOS, FORMAS DE PREVENIR POSIBLES DAÑOS

En los análisis realizados anteriormente, no se ha considerado el efecto que produce la inductancia del transformador. Debido al hecho de que los devanados del transformador poseen inductancia, la corriente en un ánodo no puede aumentar instantáneamente desde cero hasta el valor total de Id, ni puede disminuir repentinamente hasta cero cuando el siguiente ánodo empieza a funcionar. Entonces, existe un período de "SUPERPOSICION", cuya duración se muestra en la Fig. # 20 (a), indicada por el ángulo φ, durante el cual el primer ánodo conduce la corriente decreciente i_1, mientras el segundo ánodo conduce la corriente creciente i_2, tal como se muestra en la Fig. # 20 (b).

Para que ésto sea posible, los dos ánodos deben estar al mismo potencial. Esto equivale a decir que se establece un cortocircuito entre ellos. La corriente i_c de éste cortocircuito está limitada solamente por la impedancia de los arrollamientos del transformador, esto es similar a la conmutación de la corriente en el arrollamiento de una máquina de corriente contínua cuando las escobillas pasan de

un segmento colector a otro.

Con fines analíticos se supondrá que la inductancia total en el circuito de corriente contínua es suficientemente grande como para justificar la aproximación de que la corriente Id permanece constante, matemáticamente hablando:

$$Id = i_1 + i_2 = \text{constante} \qquad (37)$$

Las ondas de tensión del secundario del transformador que corresponden a las ondas de corriente de cada elemento rectificador de cada fase, se muestran gráficamente en la Fig. # 20 (c), como e_1, e_2 y e_3, debido a la superposición de las corrientes, la tensión de corriente contínua durante el período de superposición φ, puede considerarse como la media de los correspondientes valores instantáneos (siempre que se desprecie la caída en los elementos rectificadores) e_1 y e_2 y análogamente los otros. Luego la tensión de corriente contínua toma la forma de diente de sierra, tal como se muestra en la Fig. # 20 (c) por línea de trazo grueso.

Las dos ramas que funcionan simultáneamente se encuentran conectadas en paralelo, la diferencia de poten

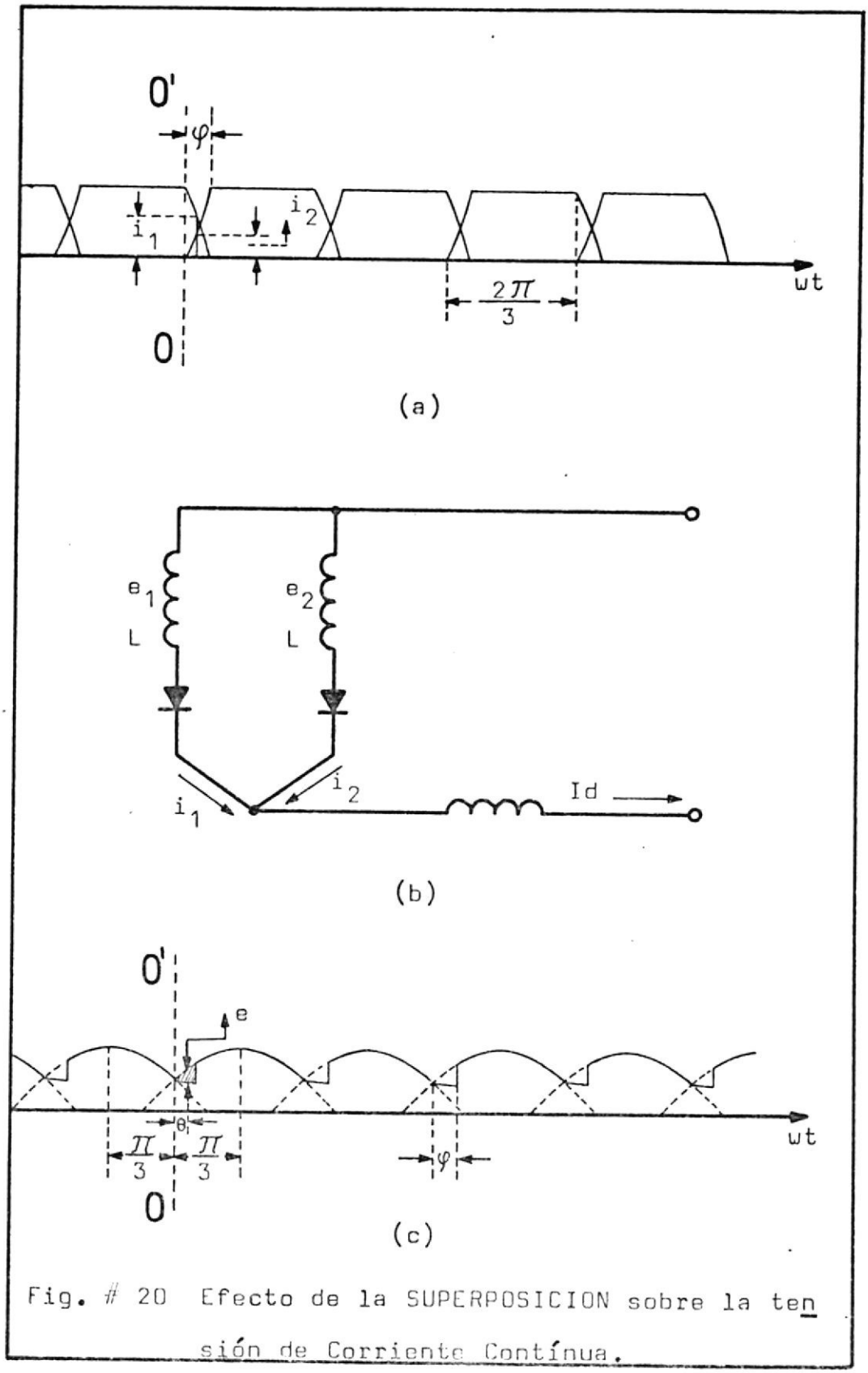


Fig. # 20 Efecto de la SUPERPOSICION sobre la tensión de Corriente Contínua.

cial debe ser igual para cada una de ellas. Entonces, si la resistencia de los devanados del transformador se desprecia, se tendría:

$$e_1 - L\frac{di_1}{dt} = e_2 - L\frac{di_2}{dt} \tag{38}$$

$$e_1 - e_2 = L\left(\frac{di_1}{dt} - \frac{di_2}{dt}\right) \tag{39}$$

Según se aprecia en la Fig. # 20 (c), las ondas de la fuerza electromotriz e_1 y e_2 están representadas por:

$$e_1 = \sqrt{2}\, E_a \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{3}\right) \tag{40}$$

$$e_2 = \sqrt{2}\, E_a \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{3}\right) \tag{41}$$

Finalmente se obtendría:

$$L\left(\frac{di_1}{dt} - \frac{di_2}{dt}\right) = -2\sqrt{2}\, E_a \operatorname{sen}\frac{\pi}{3} \operatorname{sen}\omega t \tag{42}$$

Derivando la expresión (37), se tiene que:

$$\frac{di_1}{dt} + \frac{di_2}{dt} = 0 \tag{43}$$

Finalmente al combinar las expresiones (42) y (43), resulta que:

$$\frac{di_2}{dt} = \frac{\sqrt{2}\,E_a}{L}\,\text{sen}\frac{\pi}{3}\,\text{sen}\omega t \qquad (44)$$

Por lo tanto:

$$i_2(t) = \frac{\sqrt{2}\,E_a}{\omega L}\,\text{sen}\frac{\pi}{3}\,(1 - \cos\omega t) \qquad (45)$$

$$i_1(t) = Id - \frac{\sqrt{2}\,E_a}{\omega L}\,\text{sen}\frac{\pi}{3}\,(1 - \cos\omega t) \qquad (46)$$

Las expresiones (45) y (46), pueden simplificarse observando en la Fig. # 20 (a), que cuando $\omega t = \varphi$, $i_1 = 0$ el resultado final sería:

$$i_1(t) = Id\left(1 - \frac{1 - \cos\omega t}{1 - \cos\varphi}\right) \qquad (47)$$

$$i_2(t) = Id\left(\frac{1 - \cos\omega t}{1 - \cos\varphi}\right) \qquad (48)$$

Se puede concluir, que el efecto de la superposición consiste en reducir la tensión media de corriente contínua, en una cantidad proporcional al área de la figura triangular rayada de la Fig. # 20 (c). Entonces el área bajo la curva e_2 entre los puntos F y G, dividida por la base $2\pi/3$, sería la tensión media de corriente contínua si no existiese superposición y si se desprecia la caída en los elementos rectificadores de un valor igual a la expresión (34), deducida ante-

riormente. Al valor de la expresión (34), se le debe sustraer una cantidad e igual al área rayada dividida por la base $2\pi/3$; si las curvas e_1 y e_2 se las refiere al orígen 0, la ordenada e en el punto θ^o a la derecha del orígen es:

$$e = e_2 - 1/2\ (e_1 + e_2) = 1/2\ (e_2 - e_1) \qquad (49)$$

donde se tiene que:

$$e_\varphi = \frac{1}{2\pi/3} \int_0^\varphi e\ d\theta \qquad (50)$$

$$e = \sqrt{2}\ E_a\ \text{sen}\frac{\pi}{3}\ \text{sen}\theta \qquad (51)$$

Finalmente se tiene que:

$$e_\varphi = \frac{E_d}{2}\ (1 - \cos\varphi\ ) \qquad (52)$$

Con lo que el valor medio neto de la tensión rectificada E_d, puede escribirse de la siguiente manera:

$$(E_d)_{neto} = \sqrt{2}\ E_a\ \frac{\text{sen}(\pi/3)}{\pi/3} - \frac{3wL}{2\pi}\ Id \qquad (53)$$

De la expresión (53), se demuestra que la tensión de corriente contínua disminuye linealmente a medida que aumenta la corriente de carga. La disminución se hace

mayor conforme se aumenta el número de fases del secundario. En ausencia de dispositivos reguladores de tensión, la caída en la tensión de corriente contínua suele ser del 5 al 7% del valor nominal, siempre que se mantenga constante la tensión de alimentación alterna.

Mientras más pequeño es el tiempo en el que cada elemento rectificador conduce corriente (tiempo de trabajo), tanto menos se aprovecha ese elemento rectificador y el correspondiente devanado secundario del transformador, porque aumenta la relación entre la corriente eficaz y la corriente media.

Sin embargo, si bien es cierto que el aprovechamiento óptimo, tal como fue definido anteriormente, corresponde al sistema trifásico simple, aumenta la saturación por corriente contínua del núcleo del transformador. Además, introduce armónicas pares en el circuito primario y grandes ondulaciones en la tensión contínua. Para evitar todas estas dificultades, es necesario hacer que el número de fases secundarias sea un múltiplo par del número de fases primarias. Para lograr esto y conservar las ventajas del sistema trifásico, es costumbre agrupar las 6 ó 12 fases secundarias en grupos de 3 fases. Esto se logra por medio de TRANSFORMADORES INTERFASICOS, llamados BOBINAS DE ABSORCION.

2.2.2.- RECTIFICADORES HEXAFASICOS ESTRELLA

Un circuito básico de un rectificador hexafásico estrella se muestra en la Fig. # 21, en la cual el lado de alta tensión se encuentra conectado en triángulo.

Para uso de convertidores estáticos de potencia, se prefiere la conexión hexafásica en estrella debido a que proporciona un neutro (que puede ser conectado a tierra). En un sistema de éste tipo, las tensiones de las seis fases están defasadas sucesivamente 60 grados eléctricos. Si la carga es una resistencia y si se desprecia el efecto de la reactancia del transformador, cada elemento rectificador conducirá la corriente contínua de la carga durante un sexto del período, cuando su potencial sea más positivo al de cualquiera de los otros elementos rectificadores.

Para el análisis correspondiente de éste tipo de rectificador, serán tomadas en consideración las hipótesis siguientes:

1.- Se desprecia la reactancia de dispersión del transformador.
2.- La caída de tensión es constante para todas las

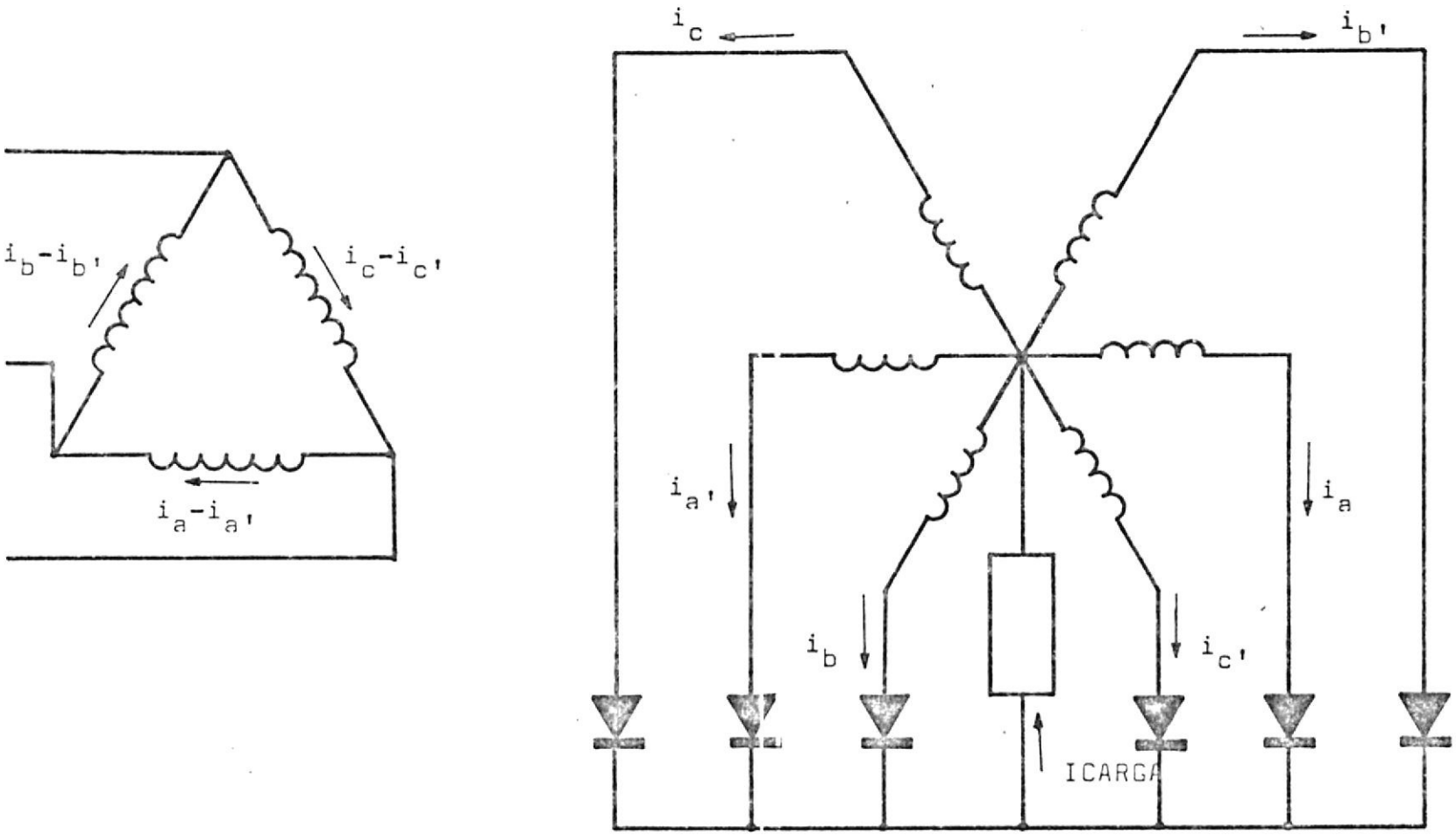


Fig. # 21 RECTIFICADOR HEXAFASICO ESTRELLA

cargas.

3.- La onda de corriente contínua es una línea recta.

Las corrientes en los seis elementos rectificadores procedentes de los correspondientes secundarios, se representarán por i_{S1}, i_{S2},..., i_{S6}, cada una de las cuales es sucesivamente igual a la potencia de salida de corriente contínua Id, tal como se lo indica en la Figura # 22 (a). Las fuerzas magnetomotivas resultantes en las diversas ramas del núcleo del transformador deben ser todas iguales y el número de espiras es el mismo en todas las bobinas, se tiene que:

$$i_{P1}-i_{S1}+i_{S4} = i_{P2}-i_{S3}+i_{S6} = i_{P3}-i_{S5}+i_{S2} \qquad (54)$$

Donde i_{P1}, i_{P2} e i_{P3} son los correspondientes valores instantáneos de las corrientes en los devanados del primario. Pero como ya se había mencionado antes, los devanados del primario forman un circuito trifásico, las corrientes instantáneas del primario cumplen en todo momento con la condición de que:

$$i_{P1}+i_{P2}+i_{P3} = 0 \qquad (55)$$

La solución simultánea de las expresiones (54) y (55), da las relaciones:

$$i_{P1} = 2/3\ i_{S1} + 1/3\ i_{S2} - 1/3\ i_{S3} -$$

$$- 2/3\ i_{S4} - 1/3\ i_{S5} + 1/3\ i_{S6} \qquad (56)$$

$$i_{P2} = -1/3\ i_{S1} + 1/3\ i_{S2} + 2/3\ i_{S3} +$$

$$+ 1/3\ i_{S4} - 1/3\ i_{S5} - 2/3\ i_{S6} \qquad (57)$$

$$i_{P3} = -1/3\ i_{S1} - 2/3\ i_{S2} - 1/3\ i_{S3} +$$

$$+ 1/3\ i_{S4} + 2/3\ i_{S5} + 1/3\ i_{S6} \qquad (58)$$

Las relaciones (56), (57) y (58), trazadas como se muestra en la Fig. # 22 (b) dan las formas escalonadas de ondas que indican una relación trifásica, así como la presencia de armónicos.

El valor eficaz ó RMS de la corriente del primario es la raíz cuadrada de los valores medios al cuadrado en el intervalo angular y viene dado por:

$$I_1 = \frac{\sqrt{2}}{3}\ Id \qquad (59)$$

La tensión media de corriente contínua obtenida de la expresión (34), para (n=6), tiene un valor igual a:

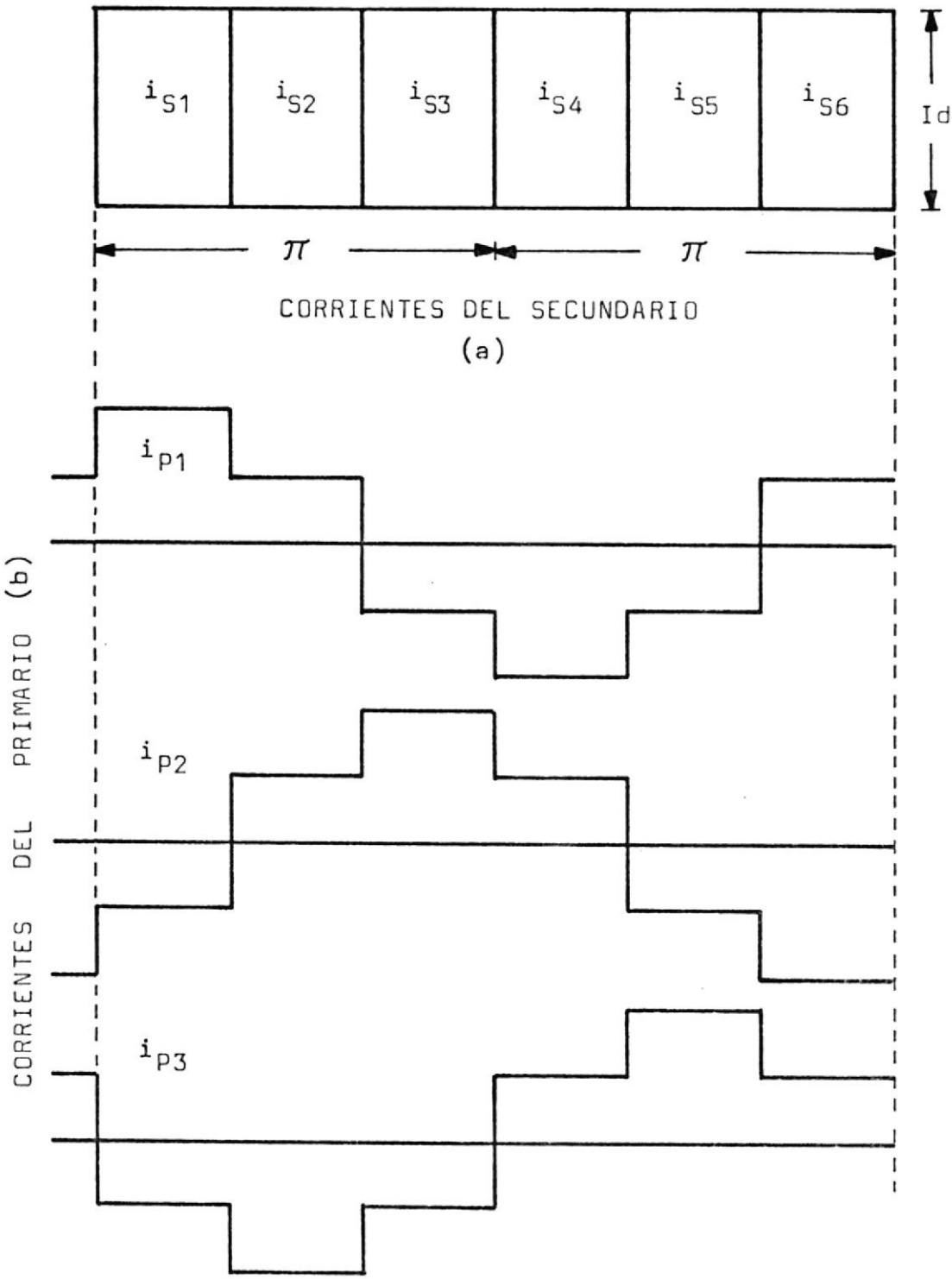


Fig. # 22 Corrientes del primario y del secundario, Rectificador Hexafásico Estrella.

$$E_d = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} E_a \qquad (60)$$

Por lo que la potencia de corriente contínua de salida está dada por la expresión:

$$P_d = \frac{3\sqrt{2}}{\pi} E_a \; Id \qquad (61)$$

El factor de potencia aparente es:

$$\frac{P_d}{P_1} = \frac{3}{\pi} = 0,955 \qquad (62)$$

2.2.2.1.- ANALISIS Y FORMA DE ONDA DE LA CORRIENTE EN LA CARGA

El análisis será realizado con la ayuda de las series de FOURIER y de la Fig. # 21. Si el circuito de corriente contínua no tuviera inductancia, entonces la corriente unidireccional en la carga vendría a ser proporcional al valor instantáneo de la tensión rectificada. Inicialmente se hará el análisis sin considerar el efecto suavizador que realiza la inductancia de dispersión sobre la forma de la onda de corriente contínua.

Se comenzará el análisis, considerando secuencia po

sitiva "ABC" y teniendo presente que se trata de una conexión "HEXAFASICA ESTRELLA". Cada una de las fases del lado de baja tensión, están defasadas 60 grados eléctricos entre sí, por lo tanto cada uno de los elementos rectificadores conducirá la corriente contínua de la carga durante un sexto del período.

El período para la obtención de los coeficientes de FOURIER de la corriente en la carga del presente rectificador es de $2\pi/6$, luego:

$$a_n = \frac{12}{\pi} \int_0^{\pi/6} \cos(x).\cos(6nx)\, dx \qquad (63)$$

$$a_n = \frac{6}{\pi} \int_0^{\pi/6} \left[\cos(6n + 1)x + \cos(6n - 1)x \right] dx =$$

$$= \frac{6}{\pi} \left[\frac{\operatorname{sen}(6n + 1)x}{(6n + 1)} + \frac{\operatorname{sen}(6n - 1)x}{(6n - 1)} \right]_0^{\pi/6} =$$

donde al realizar la evaluación en el intervalo mencionado anteriormente $(0, \pi/6)$, se obtiene:

$$a_n = \frac{6\ (-1)^{n+1}}{\pi(36\ n^2 - 1)} \qquad (64)$$

Como se trata de una función par, entonces su desarrollo en series de FOURIER sólo tendrá términos en coseno, es decir que:

$$b_n = 0 \qquad (65)$$

La forma de onda de la corriente en la carga que alimenta un rectificador hexafásico estrella como el que se muestra en la Fig. # 21 no es del todo una corriente contínua pura, tiene un cierto nivel de corriente contínua dado por el término a_o del desarrollo de las series de FOURIER y una serie de armónicos que son múltiplos de seis.

La relación entre las tensiones de corriente contínua a corriente alterna es superior comparada con el rectificador trifásico.

2.2.2.2.- ANALISIS Y FORMA DE ONDA DE LA CORRIENTE EN LA LINEA DEL TRANSFORMADOR

A continuación se mostrará en forma clara la manera de obtener los coeficientes de FOURIER para la corriente en una de las líneas del transformador que alimenta la carga conectada al rectificador:

$$a_n = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi/6}^{\pi/6} \cos(x).\cos(nx)\,dx +$$

$$+ \frac{1}{\pi}\int_{\pi/6}^{\pi/2} \cos(x - \pi/3).\cos(nx)\,dx -$$

$$- \frac{1}{\pi}\int_{5\pi/6}^{7\pi/6} \cos(x - \pi).\cos(nx)\,dx -$$

$$- \frac{1}{\pi} \int_{7\pi/6}^{3\pi/2} \cos(x + 2\pi/3).\cos(nx)\, dx \qquad (66)$$

$$b_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi/6}^{\pi/6} \cos(x).\operatorname{sen}(nx)\, dx +$$

$$+ \frac{1}{\pi} \int_{\pi/6}^{\pi/2} \cos(x - \pi/3).\operatorname{sen}(nx)\, dx -$$

$$- \frac{1}{\pi} \int_{5\pi/6}^{7\pi/6} \cos(x - \pi).\operatorname{sen}(nx)\, dx -$$

$$- \frac{1}{\pi} \int_{7\pi/6}^{3\pi/2} \cos(x + 2\pi/3).\operatorname{sen}(nx)\, dx \qquad (67)$$

Claramente se nota la introducción de armónicos en la línea del transformador que alimenta al rectificador.

Su espectro de señales de armónicas causaría daños en los devanados del transformador, produciendo a la larga destrucción del aislamiento. Generalmente cuando se emplea un solo transformador para obtener seis fases en el secundario, se utiliza un transformador trifásico no acorazado con los devanados del primario conectados en triángulo, debido a que evita el efecto perturbador de una posible componente de corriente continua superpuesta a la componente normal de corriente alterna en cada uno de los devanados del secundario.

La forma de onda de la corriente en la LINEA de éste transformador se muestra en la Fig. # 23.

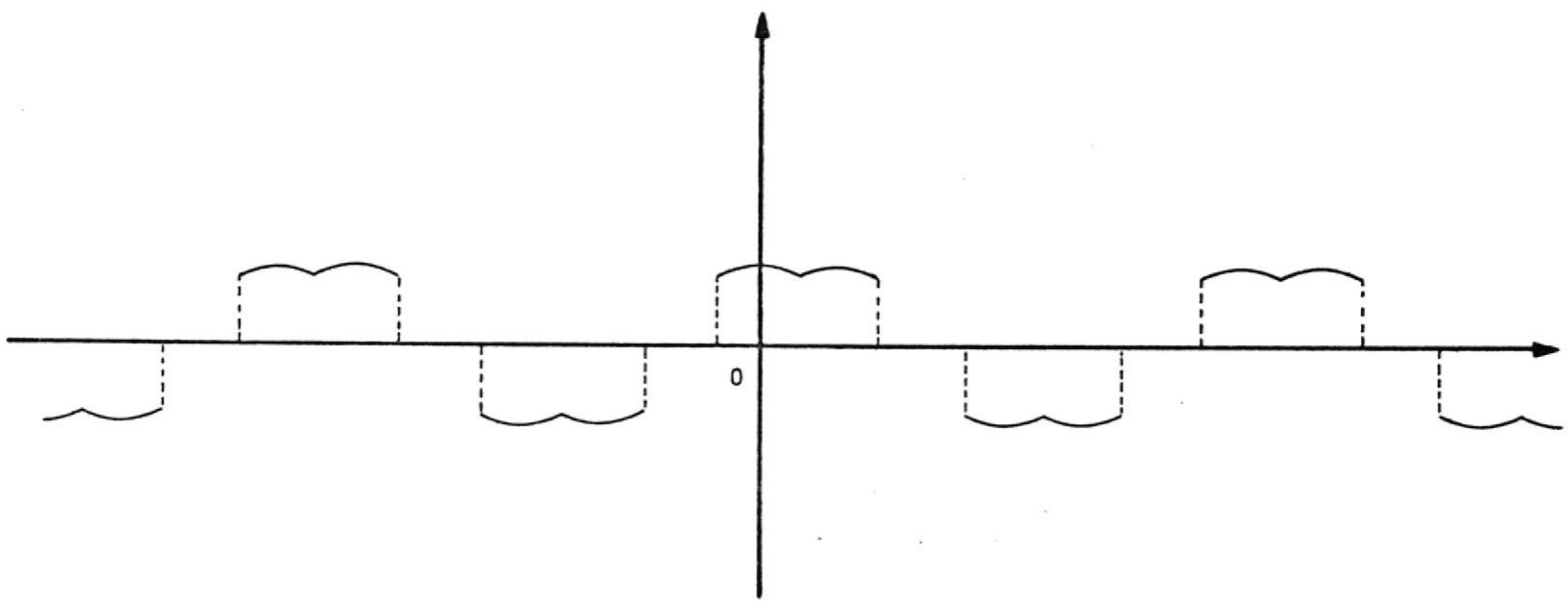


Fig. # 23 Forma de Onda de la Corriente en la LINEA del Transformador que alimenta un Rect. Hexafásico Estrella.

Generalmente en los sistemas de alta tensión se utiliza la conexión Δ-Y para elevar y la Y-Δ para reducir la tensión. La conexión a tierra del punto neutro de los transformadores conectados en Δ-Y no introduce dificultad alguna a causa de los armónicos de tercer orden, ya que la componente armónica de tercer orden de la corriente de excitación puede fluir en el primario. Cuando se trata de transformadores que están conectados en Y-Δ, la corriente armónica de tercer orden de la corriente de excitación no puede fluir en los devanados del primario, sino que aparece en el circuito secundario, donde las tres corrientes armónicas están en fase a lo largo del circuito en Δ. Si la forma de la onda de la tensión aplicada contiene armónicos, entonces la tensión secundaria (su forma de onda), no será la misma que en el primario.

En comparación con el rectificador monofásico, se obtiene un menor contenido de rizado en la componente fundamental y en los armónicos de orden superior en la onda de salida, lo cual requiere de filtros de alisado menos complejos.

Se nota también que la relación entre tensiones de corriente contínua y de corriente alterna es superior.

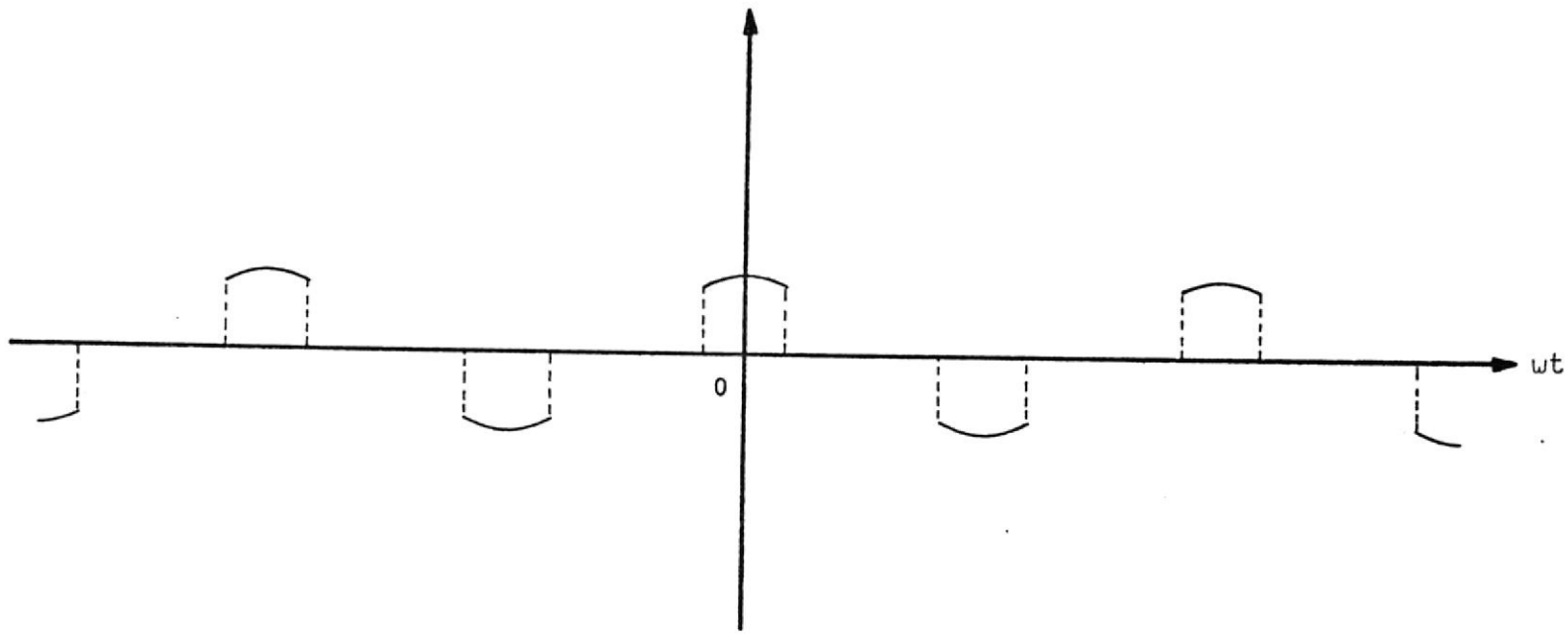


Fig. # 24 Forma de Onda de la Corriente en la FASE del Transformador que alimenta un Rect. Hexafásico Estrella

2.2.2.3.- ANALISIS Y FORMA DE ONDA DE LA CORRIENTE EN LA FASE DEL TRANSFORMADOR

A continuación se mostrará en forma clara la manera de obtener los coeficientes de FOURIER para la corriente en una de las fases del transformador que alimenta la carga conectada al rectificador hexafásico estrella:

$$a_n = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi/6}^{\pi/6} \cos(x).\cos(nx)\,dx - \frac{1}{\pi}\int_{5\pi/6}^{7\pi/6} \cos(x-\pi).\cos(nx)\,dx \qquad (68)$$

$$b_n = \frac{1}{\pi}\int_{-\pi/6}^{\pi/6} \cos(x).\operatorname{sen}(nx)\,dx - \frac{1}{\pi}\int_{5\pi/6}^{7\pi/6} \cos(x-\pi).\operatorname{sen}(nx)\,dx = 0 \qquad (69)$$

La forma de onda de la corriente en la FASE de éste transformador se muestra en la Fig. # 24.

2.2.2.4.- PROGRAMA PARA LA OBTENCION DE LOS COEFICIENTES DE FOURIER EN FORMA RECURSIVA DE LAS CORRIENTES EN LA CARGA, EN LA LINEA Y EN LA FASE DEL TRANSFORMADOR

Para la comprensión completa de un programa, es necesario la elaboración de un diagrama de flujo en el

que se muestra la secuencia operacional del mismo. Cabe indicar que el diagrama de flujo para el rectificador hexafásico estrella es similar al diagrama de flujo de la sección 2.2.1.4, la variante radica en las funciones definidas por intervalos, tal como se mostró en las expresiones (63) al (69). Para la obtención de estos coeficientes se utiliza la regla "TRAPEZOIDAL".

M = Precisión seleccionada para la obtención de los coeficientes de FOURIER. Si desea obtener buena precisión, deberá seleccionar un valor de M mayor que 100.

N = Indica la decisión a tomarse. Si N es mayor que cero, el programa obtendrá los coeficientes en la LINEA del transformador. Un valor de N menor que cero, obtendrá los coeficientes en la FASE del transformador. Finalmente un valor de N igual a cero, obtendrá los coeficientes en la carga servida por el transformador.

H = Incremento de los intervalos de integración.

T = coeficiente que se está calculando, puede tomar valores de 0, 1, 2, ...

```
2 OPEN #7,"P:"
3 DIM A(60),B(60)
4 GRAPHICS 0
5 FOR I=1 TO 6
6 PRINT
7 NEXT I
8 PRINT TAB(5);"ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA"
9 FOR I=1 TO 4
10 PRINT
11 NEXT I
12 PRINT TAB(16);"D E L"
13 FOR I=1 TO 4
14 PRINT
15 NEXT I
16 PRINT TAB(12);"L I T O R A L"
17 FOR I=0 TO 1000
18 NEXT I
19 REM  ************************************************
************************************************
20 REM  ** PROGRAMA PARA LA OBTENCION EN FORMA RECURSIV
A DE LOS COEFICIENTES DE FOURIER **
25 REM  ** DE LA CORRIENTE EN LA CARGA, EN LA LINEA Y E
N LA FASE DEL TRANSFORMADOR **
28 REM  ** CONECTADO A UN RECTIFICADOR HEXAFASICO ESTRE
LLA **
30 REM  ************************************************
************************************************
40 REM  ***   ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITO
RAL   ***
60 REM  ***   FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA   ***
70 REM  ************************************************
************************************************
80 REM  ***  EL VALOR DE LA REACTANCIA DE CONMUTACION (
Xc) ES NULO  ***
90 REM  ***  EL VALOR DEL ANGULO DE RETARDO (ALPHA) ES
NULO  ***
91 REM  ************************************************
************************************************
92 GRAPHICS 0
93 PRINT
94 PRINT TAB(3);"DECISION  A  TOMARSE";:PRINT TAB(26);"
 N=";
95 INPUT N
96 IF N<>0 GO TO 300
98 REM  ************************************************
************************************************
```

```
100 REM  **  COEFICIENTES DE FOURIER PARA LA CORRIENTE
EN LA CARGA DE UN RECTIFICADOR HEXAFASICO ESTRELLA  **
102 REM  ************************************************
************************************************************
104 PRINT #7,TAB(20);"COEFICIENTES DE FOURIER DE LA COR
RIENTE"
105 PRINT #7
106 PRINT #7,TAB(25);"EN LA  CARGA DE UN RECTIFICADOR"
107 PRINT #7
108 PRINT #7,TAB(31);"HEXAFASICO ESTRELLA"
112 REM  ************************************************
************************************************************
114 REM  ** M   ES LA PRECISION SELECCIONADA PARA LA OB
TENCION DE LOS COEFICIENTES DE FOURIER **
115 REM  ************************************************
************************************************************
116 PRINT
117 PRINT
118 PRINT TAB(2);"PRECISION DESEADA; M=";
120 INPUT M
122 PRINT #7
124 PRINT #7
125 PRINT #7,TAB(23);"T";:PRINT #7,TAB(36);"A(T)";:PRIN
T #7,TAB(53);"B(T)"
126 PRINT #7,TAB(21);"_____";:PRINT #7,TAB(32);"_______
_____";:PRINT #7,TAB(51);"________"
128 PRINT #7
130 X1=3.14159264
140 X11=X1/6
150 DEF F1(X)=COS(6*T*X)*COS(X)
152 REM  ************************************************
************************************************************
155 REM  ** H   ES EL VALOR DEL INCREMENTO PARA LA OBTE
NCION DE LOS COEFICIENTES DE FOURIER EN FORMA RECURSIVA
 **
158 REM  ************************************************
************************************************************
160 H=2*X11/M
170 FOR I=1 TO 51
180 T=I-1
190 SUM1=F1(X11)+F1(-X11)
200 MM=M-1
210 FOR L=1 TO MM
220 SUM1=SUM1+2*F1(-X11+L*H)
230 NEXT L
240 A(T)=SUM1*H/(2*X11)
```

```
250 IF T>0 GO TO 270
260 A(T)=A(T)/2
270 PRINT #7,TAB(22);T;:PRINT #7,TAB(32);A(T);:PRINT #7
,TAB(52);"0.0000"
280 NEXT I
290 STOP
300 IF N>0 GO TO 510
310 REM  ************************************************
************************************************************
320 REM  **  COEFICIENTES DE FOURIER PARA LA CORRIENTE
EN LA FASE DE UN RECTIFICADOR HEXAFASICO ESTRELLA  **
330 REM  ************************************************
************************************************************
332 PRINT #7,TAB(20);"COEFICIENTES DE FOURIER DE LA COR
RIENTE"
333 PRINT #7
334 PRINT #7,TAB(25);"EN LA  FASE  DE UN RECTIFICADOR"
335 PRINT #7
336 PRINT #7,TAB(31);"HEXAFASICO ESTRELLA"
342 REM  ************************************************
************************************************************
344 REM  ** M   ES LA PRECISION SELECCIONADA PARA LA OB
TENCION DE LOS COEFICIENTES DE FOURIER **
345 REM  ************************************************
************************************************************
346 PRINT
347 PRINT
348 PRINT TAB(2);"PRECISION DESEADA; M=";
350 INPUT M
352 PRINT #7
354 PRINT #7
355 PRINT #7,TAB(23);"T";:PRINT #7,TAB(36);"A(T)";:PRIN
T #7,TAB(53);"B(T)"
356 PRINT #7,TAB(21);"_____";:PRINT #7,TAB(32);"_______
_____";:PRINT #7,TAB(51);"________"
358 PRINT #7
360 X1=3.14159264
370 X11=X1/6
375 DEF F1(X)=COS(T*X)*COS(X)
380 DEF F2(X)=-COS(T*X)*COS(X-X1)
382 REM  ************************************************
************************************************************
385 REM  ** H   ES EL VALOR DEL INCREMENTO PARA LA OBTE
NCION DE LOS COEFICIENTES DE FOURIER EN FORMA RECURSIVA
 **
388 REM  ************************************************
```

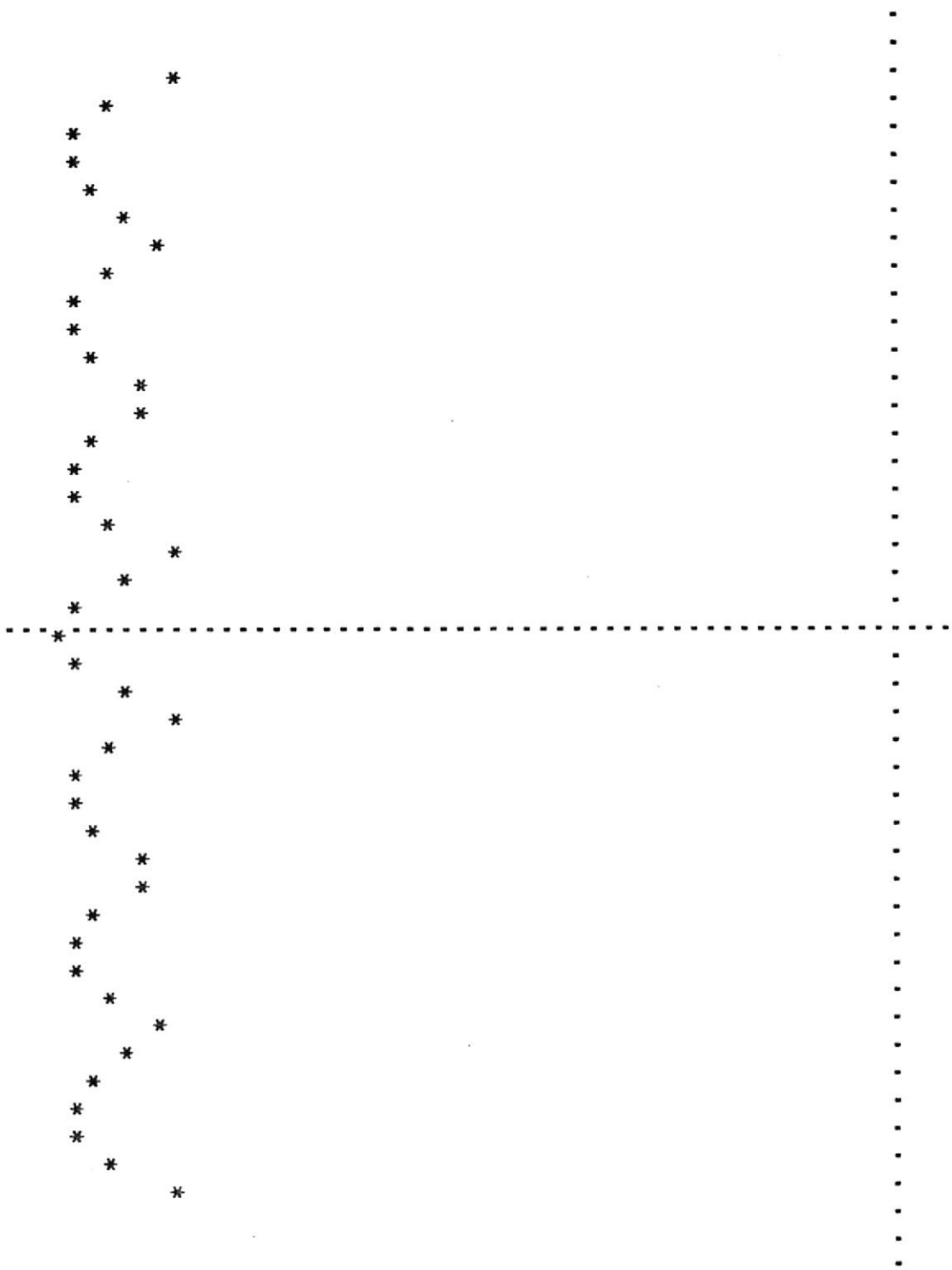
```
**********************************************************
390 H=2*X11/M
400 FOR I=1 TO 51
410 T=I-1
420 SUM1=F1(X11)+F1(-X11)
425 SUM2=F2(5*X11)+F2(7*X11)
430 MM=M-1
440 FOR L=1 TO MM
450 SUM1=SUM1+2*F1(-X11+L*H)
455 SUM2=SUM2+2*F2(5*X11+L*H)
460 NEXT L
470 A(T)=(SUM1+SUM2)*H/(2*X1)
480 IF T>0 GO TO 500
490 A(T)=A(T)/2
500 PRINT #7,TAB(22);T;:PRINT #7,TAB(32);A(T);:PRINT #7
,TAB(52);"0.0000"
502 NEXT I
505 STOP
510 REM  ***************************************************
**********************************************************
520 REM  **  COEFICIENTES DE FOURIER PARA LA CORRIENTE
EN LA LINEA DE UN RECTIFICADOR HEXAFASICO ESTRELLA  **
530 REM  ***************************************************
**********************************************************
532 PRINT #7,TAB(20);"COEFICIENTES DE FOURIER DE LA COR
RIENTE"
533 PRINT #7
534 PRINT #7,TAB(25);"EN LA LINEA  DE UN RECTIFICADOR"
535 PRINT #7
536 PRINT #7,TAB(31);"HEXAFASICO ESTRELLA"
544 REM  ** M   ES LA PRECISION SELECCIONADA PARA LA OB
TENCION DE LOS COEFICIENTES DE FOURIER **
545 REM  ***************************************************
**********************************************************
546 PRINT
547 PRINT
548 PRINT TAB(2);"PRECISION DESEADA; M=";
550 INPUT M
552 PRINT #7
554 PRINT #7
555 PRINT #7,TAB(22);"T";:PRINT #7,TAB(33);"A(T)";:PRIN
T #7,TAB(50);"B(T)"
556 PRINT #7,TAB(20);"_____";:PRINT #7,TAB(29);"_______
_______";:PRINT #7,TAB(46);"_______________"
558 PRINT #7
560 X1=3.14159264
```

```
570 X11=X1/6
572 DEF F1(X)=COS(T*X)*COS(X)
573 DEF F11(X)=COS(T*X)*COS(X-X1/3)
574 DEF F12(X)=-COS(T*X)*COS(X-X1)
575 DEF F13(X)=-COS(T*X)*COS(X-2*X1/3)
576 DEF F2(X)=SIN(T*X)*COS(X)
577 DEF F21(X)=SIN(T*X)*COS(X-X1/3)
578 DEF F22(X)=-SIN(T*X)*COS(X-X1)
579 DEF F23(X)=-SIN(T*X)*COS(X-2*X1/3)
582 REM  ************************************************
************************************************************
585 REM  ** H   ES EL VALOR DEL INCREMENTO PARA LA OBTE
NCION DE LOS COEFICIENTES DE FOURIER EN FORMA RECURSIVA
 **
588 REM  ************************************************
************************************************************
590 H=2*X11/M
600 FOR I=1 TO 51
610 T=I-1
620 SUM1=F1(X11)+F1(-X11)
621 SUM11=F11(X11)+F11(3*X11)
622 SUM12=F12(5*X11)+F12(7*X11)
623 SUM13=F13(7*X11)+F13(9*X11)
625 SUM2=F2(X11)+F2(-X11)
626 SUM21=F21(X11)+F21(3*X11)
627 SUM22=F22(5*X11)+F22(7*X11)
628 SUM23=F23(7*X11)+F23(9*X11)
630 MM=M-1
640 FOR L=1 TO MM
650 SUM1=SUM1+2*F1(-X11+L*H)
651 SUM11=SUM11+2*F11(X11+L*H)
652 SUM12=SUM12+2*F12(5*X11+L*H)
653 SUM13=SUM13+2*F13(7*X11+L*H)
655 SUM2=SUM2+2*F2(-X11+L*H)
656 SUM21=SUM21+2*F21(X11+L*H)
657 SUM22=SUM22+2*F22(5*X11+L*H)
658 SUM23=SUM23+2*F23(7*X11+L*H)
660 NEXT L
670 A(T)=(SUM1+SUM11+SUM12+SUM13)*H/(2*X1)
675 B(T)=(SUM2+SUM21+SUM22+SUM23)*H/(2*X1)
680 IF T>0 GO TO 700
690 A(T)=A(T)/2
700 PRINT #7,TAB(21);T;:PRINT #7,TAB(30);A(T);:PRINT #7
,TAB(47);B(T)
710 NEXT I
720 STOP
```

COEFICIENTES DE FOURIER DE LA CORRIENTE
EN LA CARGA DE UN RECTIFICADOR
HEXAFASICO ESTRELLA

T	A(T)	B(T)
0	.954932	0.0000
1	5.45719E-02	0.0000
2	-.01336	0.0000
3	5.91733E-03	0.0000
4	-3.32589E-03	0.0000
5	2.12893E-03	0.0000
6	-1.47917E-03	0.0000
7	1.0877E-03	0.0000
8	-8.33712E-04	0.0000
9	6.59654E-04	0.0000
10	-5.351E-04	0.0000
11	4.42947E-04	0.0000
12	-3.7295E-04	0.0000
13	3.18337E-04	0.0000
14	-2.75173E-04	0.0000
15	2.40275E-04	0.0000
16	-2.11728E-04	0.0000
17	1.88049E-04	0.0000
18	-1.68257E-04	0.0000
19	1.51484E-04	0.0000
20	-1.37157E-04	0.0000
21	1.2493E-04	0.0000
22	-1.14119E-04	0.0000
23	1.04932E-04	0.0000
24	-9.67643E-05	0.0000
25	8.95671E-05	0.0000
26	-8.31168E-05	0.0000
27	7.73117E-05	0.0000
28	-7.22858E-05	0.0000
29	6.75906E-05	0.0000
30	-6.37054E-05	0.0000
31	5.98652E-05	0.0000
32	-5.64288E-05	0.0000
33	5.34518E-05	0.0000
34	-5.06898E-05	0.0000
35	4.78453E-05	0.0000
36	-4.55365E-05	0.0000
37	4.34026E-05	0.0000
38	-4.12048E-05	0.0000
39	3.95831E-05	0.0000
40	-3.78283E-05	0.0000
41	3.62109E-05	0.0000
42	-3.4616E-05	0.0000
43	3.35565E-05	0.0000
44	-3.2299E-05	0.0000
45	3.10982E-05	0.0000
46	-3.00719E-05	0.0000
47	2.87821E-05	0.0000
48	-2.80985E-05	0.0000
49	2.70601E-05	0.0000
50	-2.5828E-05	0.0000

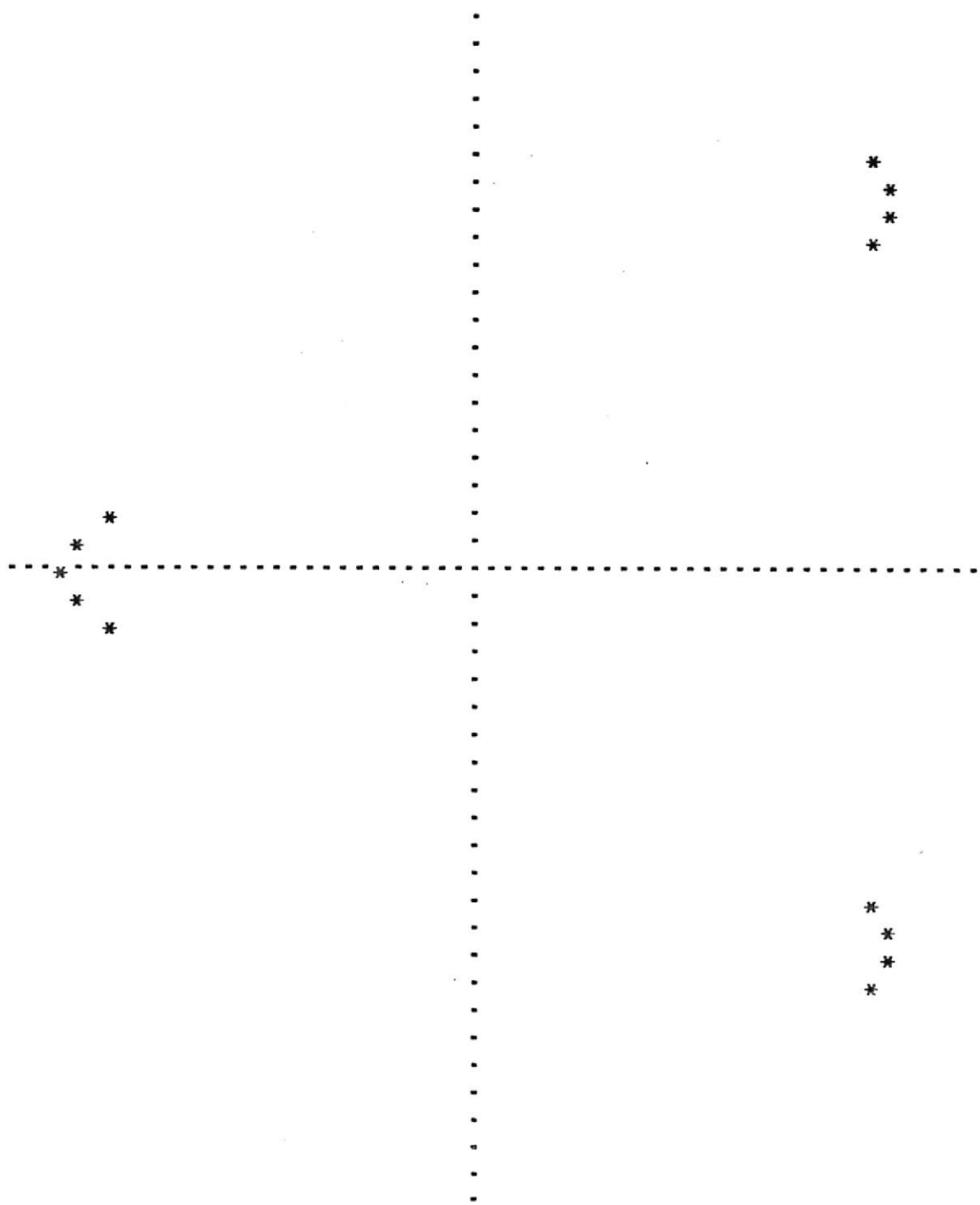
GRAFICA DE LA CORRIENTE EN LA CARGA DE UN RECTIFICADOR
HEXAFASICO ESTRELLA



COEFICIENTES DE FOURIER DE LA CORRIENTE
EN LA FASE DE UN RECTIFICADOR
HEXAFASICO ESTRELLA

T	A(T)	B(T)
0	0	0.0000
1	.608998	0.0000
2	2.54313E-08	0.0000
3	.413491	0.0000
4	5.08626E-08	0.0000
5	.137827	0.0000
6	-2.22524E-08	0.0000
7	-6.89063E-02	0.0000
8	-6.35783E-09	0.0000
9	-.124027	0.0000
10	1.90735E-08	0.0000
11	-5.51204E-02	0.0000
12	2.36432E-08	0.0000
13	3.93631E-02	0.0000
14	4.13259E-08	0.0000
15	7.38011E-02	0.0000
16	2.22524E-08	0.0000
17	.034438	0.0000
18	-2.88089E-08	0.0000
19	-2.75413E-02	0.0000
20	2.22524E-08	0.0000
21	-5.25741E-02	0.0000
22	1.58946E-08	0.0000
23	-2.50328E-02	0.0000
24	1.15037E-07	0.0000
25	2.11722E-02	0.0000
26	1.11262E-08	0.0000
27	4.08273E-02	0.0000
28	6.51677E-08	0.0000
29	1.96551E-02	0.0000
30	4.95464E-08	0.0000
31	-1.71887E-02	0.0000
32	0	0.0000
33	-3.33615E-02	0.0000
34	1.90735E-08	0.0000
35	-1.61727E-02	0.0000
36	-8.16335E-08	0.0000
37	1.44609E-02	0.0000
38	-5.5631E-09	0.0000
39	2.81938E-02	0.0000
40	-5.16574E-08	0.0000
41	1.37328E-02	0.0000
42	1.37712E-08	0.0000
43	-1.24748E-02	0.0000
44	2.86102E-08	0.0000
45	-2.44023E-02	0.0000
46	2.9405E-08	0.0000
47	-1.19275E-02	0.0000
48	-7.01472E-08	0.0000
49	1.09636E-02	0.0000
50	-3.73522E-07	0.0000

GRAFICA DE LA CORRIENTE EN LA FASE DE UN RECTIFICADOR HEXAFASICO ESTRELLA



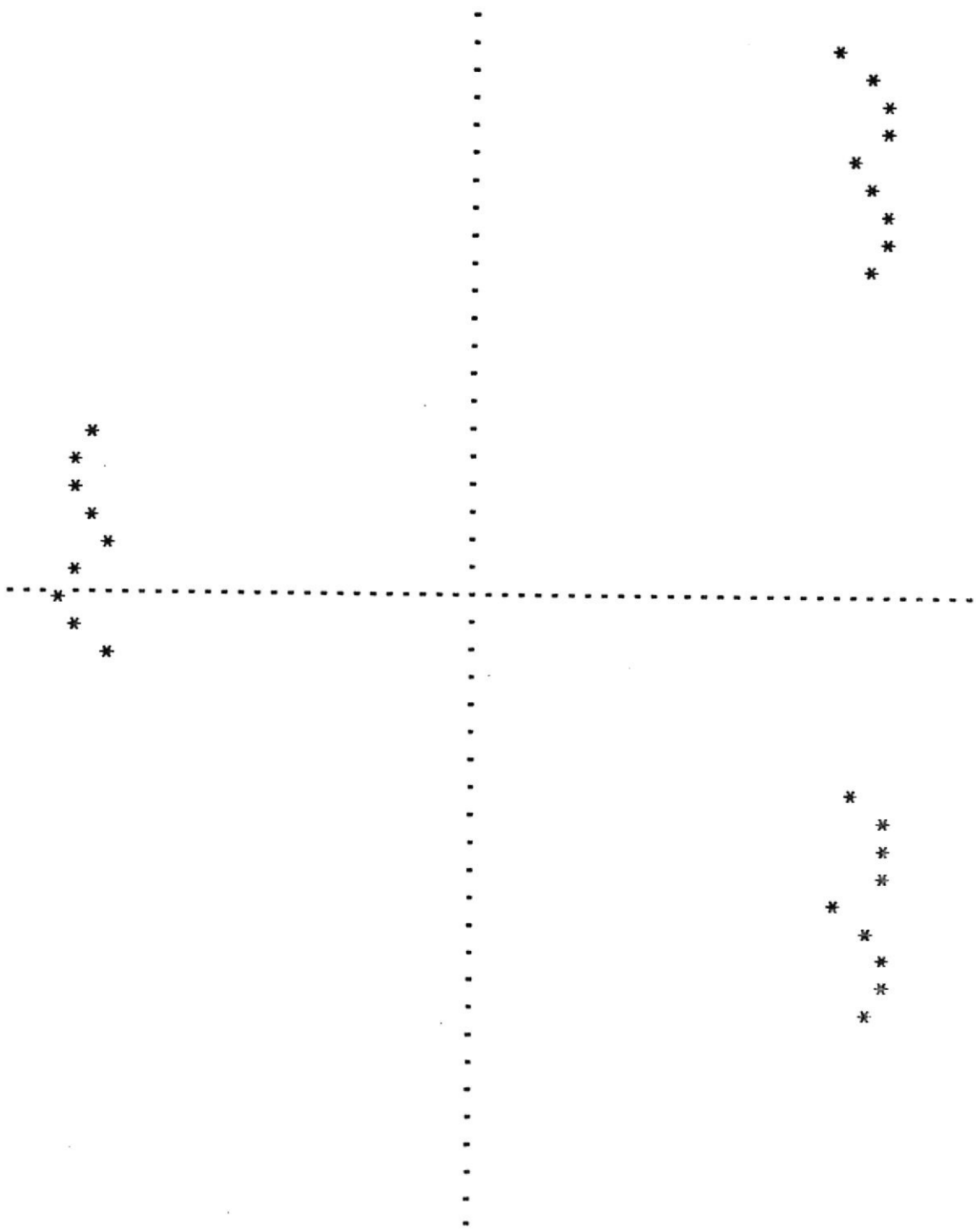
COEFICIENTES DE FOURIER DE LA CORRIENTE

EN LA LINEA DE UN RECTIFICADOR

HEXAFASICO ESTRELLA

T	A(T)	B(T)
0	.238732	0
1	.706747	.119364
2	-.238732	.321603
3	.310113	5.96848E-02
4	-4.77418E-02	-.211334
5	.103368	-5.96798E-02
6	1.36438E-02	4.72498E-02
7	-5.16738E-02	-2.98342E-02
8	3.40981E-02	-8.09251E-02
9	-9.30066E-02	-5.97025E-03
10	2.16923E-02	7.37628E-02
11	-4.13329E-02	2.38637E-02
12	-3.34078E-03	-2.31192E-02
13	2.95121E-02	.017039
14	-1.83515E-02	4.73169E-02
15	5.53288E-02	2.13349E-03
16	-1.40265E-02	-.04482
17	2.58167E-02	-1.49054E-02
18	1.48014E-03	1.53419E-02
19	-2.06412E-02	-1.19174E-02
20	1.25465E-02	-3.34504E-02
21	-3.93997E-02	-1.08711E-03
22	1.03573E-02	3.21866E-02
23	-1.87584E-02	1.08302E-02
24	-8.32322E-04	-1.14791E-02
25	1.58601E-02	9.1569E-03
26	-9.52511E-03	2.58584E-02
27	3.05807E-02	6.57806E-04
28	-8.20396E-03	-2.50957E-02
29	1.47208E-02	-8.49912E-03
30	5.32972E-04	9.16544E-03
31	-.012868	-7.42939E-03
32	7.67114E-03	-2.10618E-02
33	-2.49726E-02	-4.4084E-04
34	6.78697E-03	2.05514E-02
35	-1.21045E-02	6.98863E-03
36	-3.70613E-04	-7.62298E-03
37	1.08176E-02	6.24569E-03
38	-6.4164E-03	1.77536E-02
39	2.10877E-02	3.16105E-04
40	-5.78294E-03	-.017388
41	1.02702E-02	-5.92949E-03
42	2.72729E-04	6.52004E-03
43	-9.3238E-03	-5.38302E-03
44	5.51029E-03	-1.53321E-02
45	-1.82353E-02	-2.37868E-04
46	5.0338E-03	.015057
47	-8.91171E-03	5.14524E-03
48	-2.09187E-04	-5.69169E-03
49	8.18599E-03	4.72615E-03
50	-4.82448E-03	1.34813E-02

GRAFICA DE LA CORRIENTE EN LA LINEA DE UN RECTIFICADOR HEXAFASICO ESTRELLA



2.2.2.5.- ANALISIS DE LOS RESULTADOS Y FORMAS DE PREVENIR POSIBLES DAÑOS

En la sección 2.2.1.5 se mencionó el hecho de que debido a la inductancia del transformador, se produce un período de superposición cuya duración es indicada por el ángulo ?, durante el cual el primer ánodo conduce la corriente decreciente i_1, en cambio el segundo ánodo conduce la corriente creciente i_2, tal como se lo muestra en la Fig. # 20 (b).

Cabe indicar que todo lo dicho en la sección antes mencionada se cumplirá, con unas ligeras variantes como:

$$e_1 = \sqrt{2}\, E_a \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{6}\right)$$

$$e_2 = \sqrt{2}\, E_a \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{6}\right)$$

$$L\left(\frac{di_1}{dt} - \frac{di_2}{dt}\right) = -2\sqrt{2}\, E_a \operatorname{sen}\frac{\pi}{6} \operatorname{sen}\omega t$$

Sin embargo las expresiones de $i_1(t)$ e $i_2(t)$, que corresponden a las expresiones (47) y (48) respectivamente, no varían. La conclusión es la misma, la superposición, reduce la tensión media de co-

rriente contínua en una cantidad proporcional al área triangular rayada de la Fig. # 20 (c). Otras expresiones que serán afectadas son:

$$e_{\varphi} = \frac{1}{2\pi/6} \int_{0}^{\varphi} e \, d\theta$$

$$e = \sqrt{2}\, E_a \, \text{sen}\frac{\pi}{6} \, \text{sen}\theta$$

Y finalmente el valor medio de la tensión rectificada (neto) E_d:

$$(E_d)_{neto} = \sqrt{2}\, E_a \, \frac{\text{sen}(\pi/6)}{\pi/6} - \frac{6\omega L}{2\pi} \, Id$$

En la expresión anterior, se ve claramente que conforme aumenta la corriente de carga, la tensión de corriente contínua disminuye en forma lineal. Esta tensión de corriente contínua, para el caso de un rectificador hexafásico, disminuye mayormente que para el caso de un rectificador trifásico.

Es importante tener presente la superposición que se produce para el cálculo de la potencia en el secundario del transformador para de ésta manera, poder realizar una buena selección del tipo de transformador, es decir poder especificar su potencia ó el proyecto económico de los transformadores para los rectificadores.

2.2.3.- COMPARACION DE LOS DOS TIPOS DE RECTIFICADORES

Es necesario considerar algunos factores para la adecuada selección de un tipo de rectificador. Un factor que es importante considerar es la relación que existe entre la potencia rectificada y la potencia aparente, del arrollamiento del secundario del transformador. Esta relación se denomina FACTOR DE UTILIZACION ó FACTOR DE APROVECHAMIENTO, para el caso de un rectificador trifásico, toma un valor de 67,5%, y para el hexafásico 55,1%, en realidad éste factor varía en forma inversa al número de fases.

El sistema trifásico es el denominado "optimun matemático". Este sistema puede utilizar y convertir la energía suministrada con el mejor aprovechamiento. Sin embargo el sistema trifásico comparado con el sistema hexafásico, tiene mayor contenido de armónicas, introduce grandes ondulaciones en la tensión contínua.

Para la mayoría de aplicaciones comerciales en las que se manejan grandes cantidades de corriente contínua, el sistema trifásico es poco satisfactorio. La corriente contínua en cada devanado del secundario, tiene siempre el mismo sentido, provocando luego una

corriente de excitación excesivamente elevada debido a la magnetización que produce la corriente contínua en el núcleo del hierro. Su efecto resultante es un sobrecalentamiento de los transformadores. Esto, junto con las desventajas de un mayor contenido de rizado y una relación menor entre la tensión de corriente continua y la tensión eficaz de corriente alterna, se aconseja el uso de la rectificación hexafásica, a pesar de que el factor de utilización del transformador sea algo inferior.

Para la rectificación hexafásica, se aconseja trabajar con un transformador trifásico no acorazado, con los primarios conectados en Δ, que es la disposición que se suele utilizar cuando se emplea un sólo transformador para obtener las seis fases del secundario, ya que de ésta manera se evita el efecto perturbador de una posible componente de corriente contínua superpuesta a la componente normal de corriente alterna en cada uno de los devanados del secundario. Si existiese una tal componente de corriente contínua ejerciendo fmm en cada rama del núcleo, sería representada por un término adicional en cada una de las expresiones de (54), pero permanecerían como igualdades con el no acorazado, por lo que éstos términos residuales se eliminarían. Al utilizar tres transformadores monofásicos ó un transfor

mador trifásico acorazado, no sucedería lo anteriormente explicado, esos términos adicionales no se anularían, no deben emplearse éstas últimas combinaciones, porque la excitación resultante de corriente contínua introduciría una polarización perjudicial en la magnetización del núcleo.

Por lo que se ha mencionado anteriormente, es evidente que en la determinación de la potencia nominal, así como el proyecto más económico de los transformadores para los rectificadores, es importante la consideración del factor de aprovechamiento y su corrección cuando existe superposición.

Partiendo del análisis anterior, de la carga de los arrollamientos secundarios debida a la corriente anódica, así como la caída de tensión debida a la reactancia y a las pérdidas de cobre, puede determinarse la potencia nominal del transformador.

La construcción mecánica de los transformadores utilizados en los rectificadores, difiere de los transformadores normales, en que los arrollamientos están entrelazados y se encuentran completamente sujetos para que puedan resistir los efectos producidos por esfuerzos - mecánicos debidos a distribución anormal de corriente.

C A P I T U L O 3

FORMAS DE REDUCIR LAS ARMONICAS EN LOS SISTEMAS DE POTENCIA

3.1.- EFECTOS DE LAS SEÑALES ARMONICAS EN LOS EQUIPOS ELECTRICOS

La primera indicación de que existen problemas de armónicas es cuando se observa interferencia en las señales de video. Los sobrevoltajes producidos por las señales armónicas en los sistemas de potencia, pueden producir daño a los bancos de condensadores utilizados ya sea para mejorar el factor de potencia en la barra que se encuentran conectados (ó como trampas de estas señales armónicas). Estos sobrevoltajes provocan un incremento de temperatura del dieléctrico, resultando así una disminución de la vida útil de estos equipos.

Dependiendo del nivel de armónicas, la influencia de estas señales en la exactitud de los instrumentos de medición de energía activa ó reactiva y factor de po-

tencia, es prácticamente despreciable.

Cuando existen condiciones de resonancia, ahí en verdad es cuando los instrumentos de medición son realmente afectados debido a la producción de sobrevoltajes por la presencia de éstas señales armónicas.

Los dispositivos tales como vatímetros y relés de sobrecorriente, que funcionan mediante disco de inducción, sólo ven circulando la corriente fundamental, pero debido a las fases desbalanceadas que son producto de la distorsión armónica, puede producirse la operación errónea de estos dispositivos.

3.2.- EFECTOS DE LAS SEÑALES ARMONICAS SOBRE LAS MAQUINAS ELECTRICAS

Cuando un banco de transformadores es energizado, una elevada corriente de excitación se produce, el valor de ésta corriente puede ser muchas veces la magnitud de la corriente de plena carga. Si un capacitor está en serie con el transformador cuando ocurre la energización, una condición de resonancia puede ocurrir, la cual produce que persista una elevada corriente. Esta condición es conocida como ferroresonancia.

La ferroresonancia es básicamente una condición sub-armónica. Anteriormente se mencionó que las pérdidas en el núcleo aumentan con la frecuencia, por ende aumentarán por la presencia de señales armónicas en los sistemas de potencia. Además por la presencia de armónicas se produce el envejecimiento del dieléctrico en forma más acelerada, disminuyendo en forma más rápida su vida útil.

Las corrientes armónicas pueden causar un excesivo calentamiento en la maquinaria rotativa. Las corrientes armónicas de secuencia de fase positiva y negativa, ambas causan calentamiento adicional en el rotor sólido de las grandes máquinas sincrónicas. Esto limita la cantidad de carga rectificada que pueden servir los generadores sincrónicos.

En las cargas críticas, las pulsaciones de torque producidas por las corrientes armónicas en los motores de corriente alterna pueden ser peligrosas para los procesos a que están destinados. Podría incluso producirse condición de resonancia cuando la frecuencia natural del sistema mecánico es excitada por las señales armónicas. Además puede producirse inestabilidad en los sistemas transportadores, los cuales pueden operar en forma errónea por la presencia de armónicas.

3.3.- ALTERNATIVAS PARA LA CORRECTA SELECCION DE FILTROS PARA ATENUAR LAS SEÑALES ARMONICAS

Si la cantidad de corriente armónica requerida por la carga es insignificante, las armónicas producidas pueden ser ignoradas. Un cálculo razonable para determinar si es éste ó no el caso, es determinando la razón de cortocircuito (SCR) del sistema con respecto a la carga del convertidor estático de potencia, la cual es definida como:

$$SCR = \frac{\text{MVA de Cortocircuito del Sistema}}{\text{MW del Convertidor}} \qquad (70)$$

Si la razón de cortocircuito es mayor que 20, la probabilidad de problemas de armónicas es baja.

Los bancos de condensadores pueden crear una condición de resonancia paralelo, produciendo entonces unas grandes oscilaciones de corrientes y resultando voltajes armónicos que pueden persistir en el sistema. Estos sobrevoltajes y sobrecorrientes pueden deteriorar rápidamente el nivel del aislante. Para determinar si la posibilidad de problemas armónicos existe, la frecuencia de resonancia paralelo puede ser determinada por:

$$H_r = \frac{\text{MVA de Cortocircuito del Sistema}}{\text{MVAR del banco de Condensadores}} \qquad (71)$$

La expresión (71), permite obtener el orden del armónico al cual se produce la resonancia paralelo. La localización de la resonancia paralelo se la puede obtener de la Fig. # 25, la cual está dada en función de la capacidad de cortocircuito del sistema (MVA) y la capacidad del banco de condensadores (MVAR). Si el orden del armónico determinado por la expresión (71) ó por la Fig. # 25, está dentro de la quinta, séptima, décimaprimera ó decimatercera armónica, existe una elevada probabilidad de producción de voltajes armónicos excesivos y grandes oscilaciones de corrientes armónicas.

3.3.1.- DIVERSOS TIPOS DE FILTROS UTILIZADOS PARA LA ATENUACION DE LAS SEÑALES ARMONICAS EN LOS SISTEMAS DE POTENCIA

Las instalaciones de grandes convertidores estáticos de potencia, necesitan un suministro de potencia reactiva. La potencia reactiva proveniente de los bancos de condensadores de potencia es la más económica.

En la Fig. # 26 se muestra un sistema industrial, con la aplicación de filtros paralelos sintonizados.

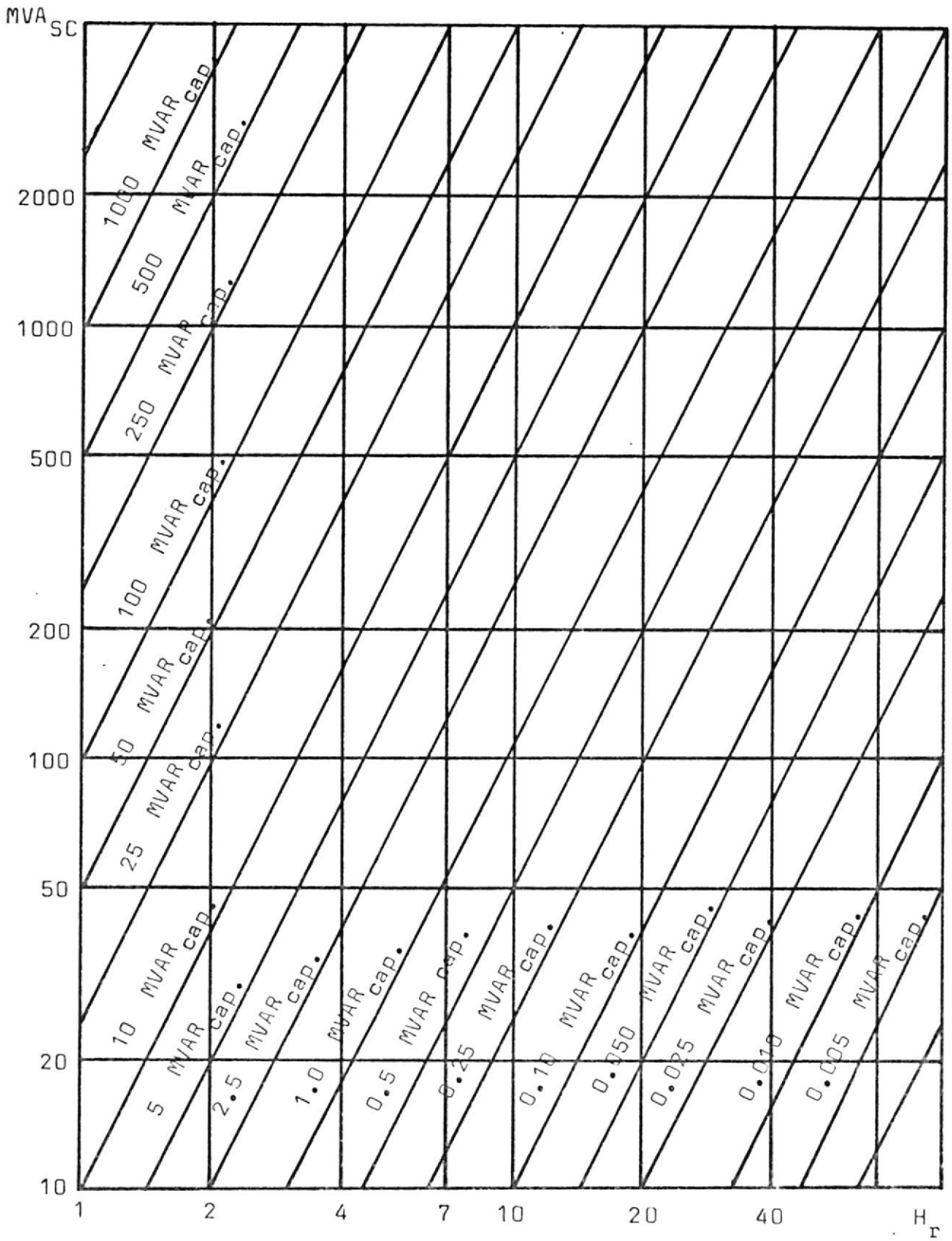


Fig. # 25 Localización de la resonancia paralelo en función de MVA_{SC} y los $MVAR_{capac.}$

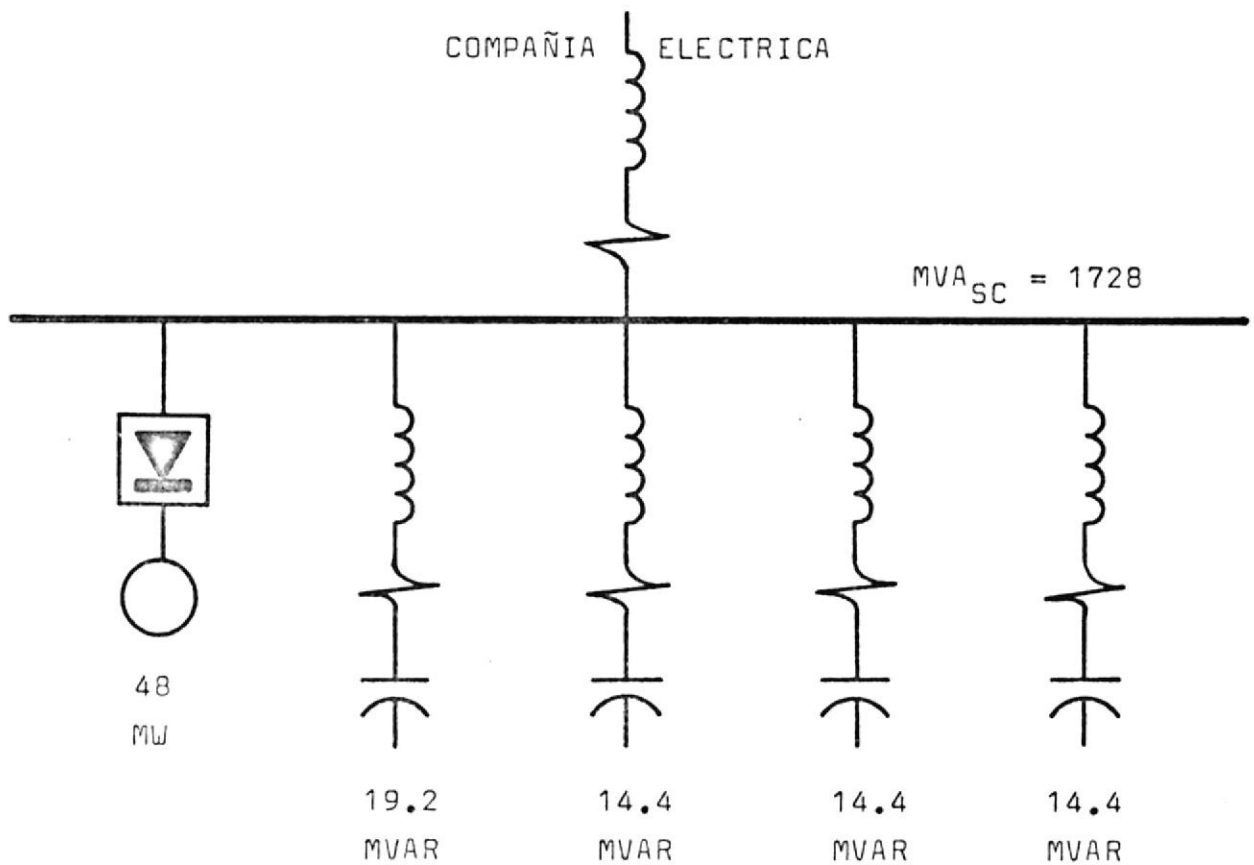


Fig. # 26 Típico Sistema Industrial con cuatro filtros sintonizados.

Un "FILTRO", es un dispositivo que actúa como una verdadera trampa para determinadas frecuencias. En general, los filtros consisten de reactores, capacitores ó la combinación de estos en unidades las cuales pueden ó no pueden ser sintonizadas.

Los filtros en los sistemas de potencia, son utilizados para reducir las armónicas. En realidad los tipos de filtros son dos:

(a) Filtros para el lado de corriente contínua, ellos, son relativamente sencillos y baratos.

(b) Filtros para el lado de corriente alterna, son más costosos y complicados.

Los filtros para el lado de corriente contínua tienen la función de atenuar el efecto de superposición (forma de onda tipo diente de sierra), haciendo la forma de onda de la tensión de corriente contínua, prácticamente una línea recta. Los filtros para el lado de corriente alterna, aquellos sintonizados, tienen por objetivo comportarse como un cortocircuito virtual para las frecuencias que se desean eliminar.

3.3.1.1.- FILTROS SINTONIZADOS

Los filtros sintonizados son de dos tipos, denomi-

nados comúnmente por:

a.- Filtros de Resonancia Paralelo: Estos tipos de filtros consisten de un reactor y un capacitor conectados en serie, su combinación conectada en paralelo con el circuito. Su característica impedancia-frecuencia, se muestra en la Fig. # 27 (a).

b.- Filtros Trampa de Ondas: Estos tipos de filtros, consisten de un reactor y un capacitor conectados en paralelo, su combinación conectada en serie con el circuito. Su característica impedancia-frecuencia, se muestra en la Fig. # 27 (b).

La principal característica de un filtro sintonizado a parte de la frecuencia a la cual actúa como tal, es la constante del filtro "Q". Esta constante es denominada FACTOR DE CALIDAD, la cual es la relación de la reactancia del reactor a la resistencia de la combinación, todo a la frecuencia fundamental (60 Hz).

El valor que generalmente se utiliza para el factor de calidad es de 30, a veces se utilizan valores inferiores a 30, a fin de prevenir las pérdidas producidas por las altas frecuencias. Un filtro con un factor de calidad elevado, requerirá de una pequeña capacidad de vol-

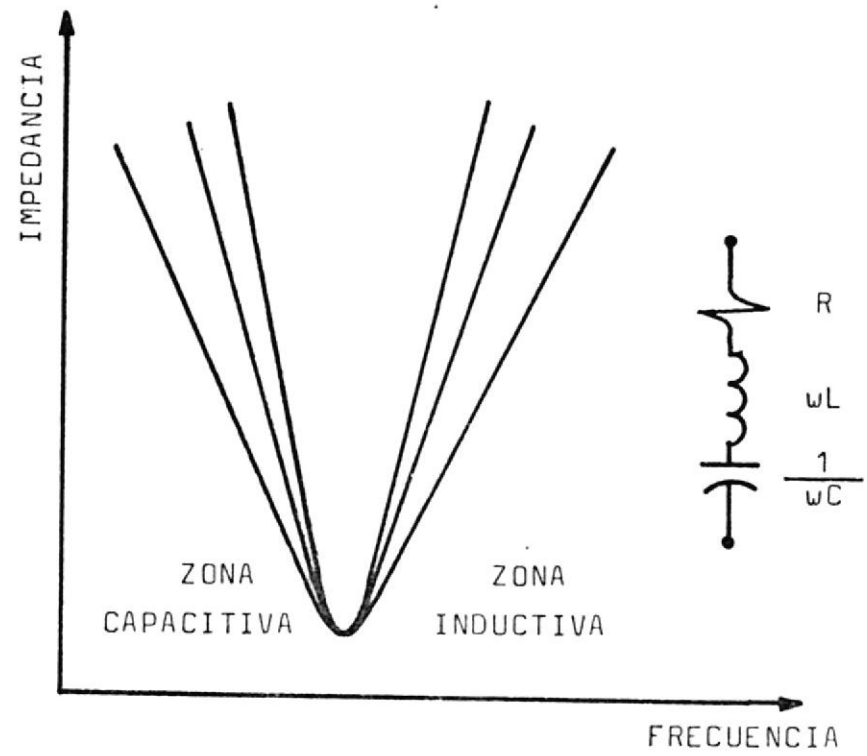
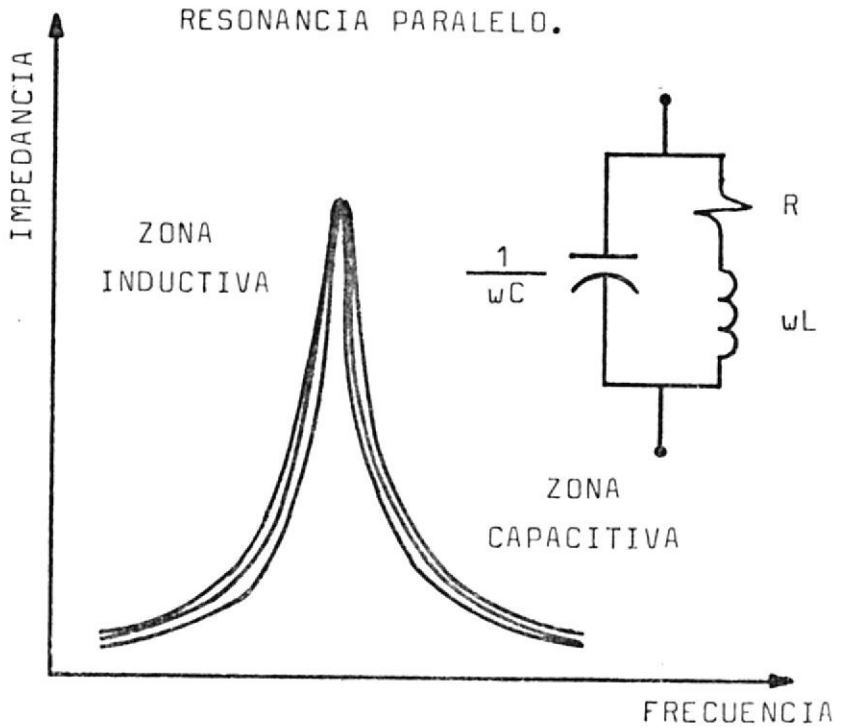


Fig. # 27 (a) IMPEDANCIA-FRECUENCIA, Filtros de RESONANCIA PARALELO.



(b) Filtros TRAMPA DE ONDA.

tios-amperios. Sin embargo un filtro de elevado factor de calidad requiere de una sintonización más exacta y es menos efectivo para frecuencias armónicas adyacentes.

Para poder encontrar el valor de la reactancia del filtro paralelo, es necesario recordar la relación de resonancia (a la frecuencia f):

$$X_{Lf} = X_{Cf} \tag{72}$$

Se trata de lograr que a una frecuencia "f" determinada, la reactancia inductiva del reactor sea igual a la reactancia capacitiva del capacitor, el orden del armónico no es sino la relación entre la frecuencia "f" y la frecuencia fundamental "f_o", así:

$$h = f/f_o \tag{73}$$

$$X_{Lo} = \frac{X_{Co}}{h^2} \tag{74}$$

Es muy importante tener presente la capacidad térmica del capacitor, puesto que por dicho capacitor fluirán elevadas corrientes y, deberá estar diseñado para soportar los consiguientes sobrevoltajes.

3.3.1.2.- FILTROS PASA BAJO

Un filtro pasa bajo es aquel dispositivo por medio del cual todas las señales comprendidas en la banda $0 \leqslant f \leqslant f_1$ se transmiten sin pérdidas, mientras que aquellas señales con frecuencias fuera de ésta banda es decir $f > f_1$, dan una transmisión nula. La respuesta ideal de un filtro pasa bajo es mostrada en la Fig. # 28 (a), en realidad ésta característica es totalmente irrealizable.

Anteriormente se había tratado los filtros sintonizados, en los cuales su sintonización se la obtenía normalmente por medio de taps en los reactores que sirven como parte del filtro. Un filtro pasa bajo, no es sino un filtro paralelo no sintonizado, estos filtros no sintonizados consisten en un reactor en serie con el suministro ó fuente y, un capacitor paralelo por cada fase.

Este tipo de filtros del lado de corriente alterna, son utilizados para convertidores estáticos de potencia de pequeño tamaño. Un diagrama esquemático se muestra en la Fig. # 28 (b).

La combinación de un reactor serie y un capacitor

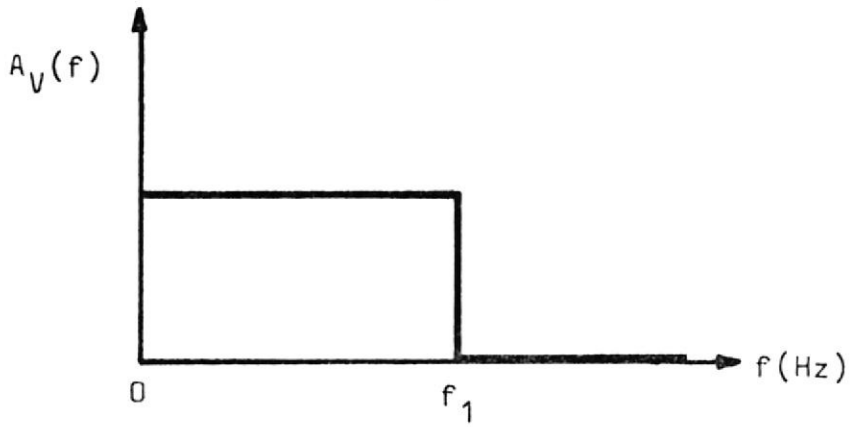


Fig. # 28(a) Característica ideal de un FILTRO PASA BAJO.

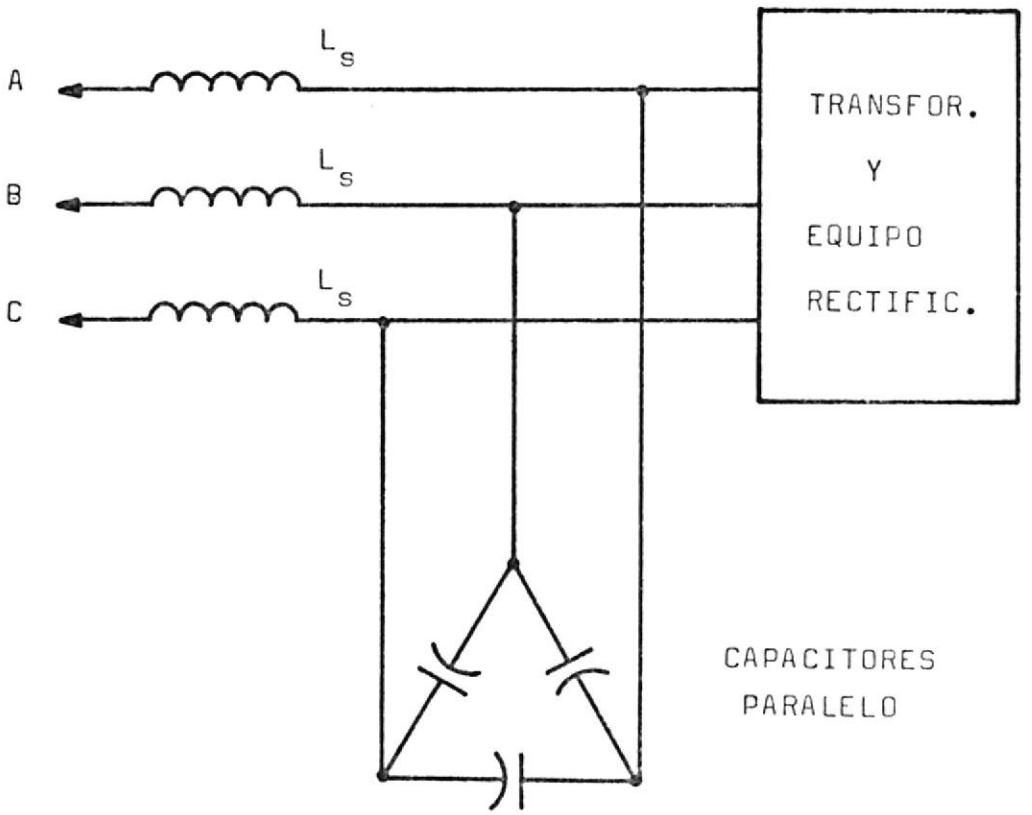


Fig. # 28(b) Diagrama esquemático de un FILTRO PASA BAJO (FILTRO PARALELO NO SINTONIZADO).

paralelo proporciona una frecuencia natural menor que la más baja frecuencia del convertidor, la cual se entra por debajo de los 300 Hz. Es necesario realizar una investigación de la efectividad del filtro no sintonizado analizando su comportamiento en un banda de frecuencia desde 60 Hz. hasta los 1380 Hz.

3.4.- LIMITES ADMISIBLES DE ARMONICAS EN LOS SISTEMAS DE POTENCIA

En el presente tiempo no existe una especificación uniforme sobre los límites admisibles del contenido de armónicas existentes en los sistemas de potencia. El incremento en la industria del uso de dispositivos semiconductores cada vez se hace mayor, pudiendo producirse un difícil problema en el futuro, lo cual debe ser previsto desde ahora.

The Bristish Electricity Council, provee de una recomendación que es un documento en el cual indica las corrientes de señales armónicas permisibles en sistemas de potencia. Esta recomendación se muestra en la Tabla # 2. Otra recomendación es la máxima carga inslada en los convertidores tomando en cuenta la Tabla # 2, ésta recomendación se muestra en la Tabla # 3.

The "Commission Communautairé de Normalisation", recomienda que la distorsión de voltaje debe ser del 2% ó menor. Otros autores recomiendan una distorsión del 5% ó menor. La aplicación práctica para minimizar la interferencia del funcionamiento de los convertidores con otros equipos eléctricos es limitar el factor de distorsión de voltaje a un máximo de 4% al 5%, el criterio dependerá del Ingeniero diseñador. Un buen diseño de un sistema de potencia, minimizará su interrupción y su operación errática.

Los filtros armónicos pueden reducir el flujo de corrientes armónicas al sistema de potencia en forma apreciable, y puede ser el medio más económico de control de éstas indeseables corrientes armónicas, aparte de que sirven como proveedores de reactivos.

Es necesario analizar correctamente el funcionamiento del sistema de potencia al producirse la inyección de armónicas hacia el mismo, el problema posible es la inestabilidad. Se debería observar la primera resonancia paralelo, revisar la región del cuarto armónico $\pm$ 3,75%, si hay problemas en ésta región la capacitancia debería ser incrementada ó disminuída. Es necesario realizar un flujo de potencia, pues al atenuar las armónicas, a veces se tiene que sacrificar el factor de potencia.

TABLA # 2

CORRIENTES ARMONICAS PERMISIBLES EN LOS SISTEMAS DE POTENCIA, RECOMENDACION REALIZADA POR THE BRITISH ELECTRICITY COUNCIL

VOLTAJE EN EL PUNTO A ANALIZARSE (KVS).	ARMONICA 5 (AMPS)	ARMONICA 7 (AMPS)	ARMONICA 11 (AMPS)	ARMONICA 13 (AMPS)
0.415	65.00	42.00	63.00	53.00
6.6/11.00	9.70	6.30	10.00	8.50
33.00	9.60	6.30	7.00	6.00
66.00	4.80	3.20	3.50	3.00
132.00	3.00	2.50	3.30	2.80

TABLA # 3

MAXIMA CARGA A INSTALARSE EN LOS CONVERTIDORES CORRESPONDIENTE A LAS CORRIENTES ARMONICAS DE LA TABLA # 2

VOLTAJE EN EL PUNTO A ANALIZARSE (KVS).	NUMERO DE PULSOS 6 MAX. CARGA (MW).	NUMERO DE PULSOS 12 MAX. CARGA (MW).
0.415	0.25	0.75
6.60	0.60	1.80
11.00	1.00	5.00
33/66	3.00	7.00
132.00	----	14.00

C A P I T U L O 4

PREVENSION Y ATENUACION DE LAS ARMONICAS EN LOS SISTEMAS DE POTENCIA

4.1.- ANALISIS DE UN SISTEMA REAL

Una vez que se ha entendido todo el fenómeno referente a las señales armónicas en los sistemas de potencia, es necesario realizar un análisis del mismo para conocer como reaccionará el sistema de potencia a corrientes de diferentes frecuencias.

Para la mayoría de los sistemas industriales, el diagrama unifilar puede ser reducido al mostrado en la Fig. # 29. El análisis es realizado, definiendo algunos términos básicos y ciertas relaciones de impedancias tales como:

ZMAG Es la impedancia equivalente que ve el convertidor conectado en la barra A. Se debe considerar a los rectificadores como fuentes de corrientes generadoras de armónicas.

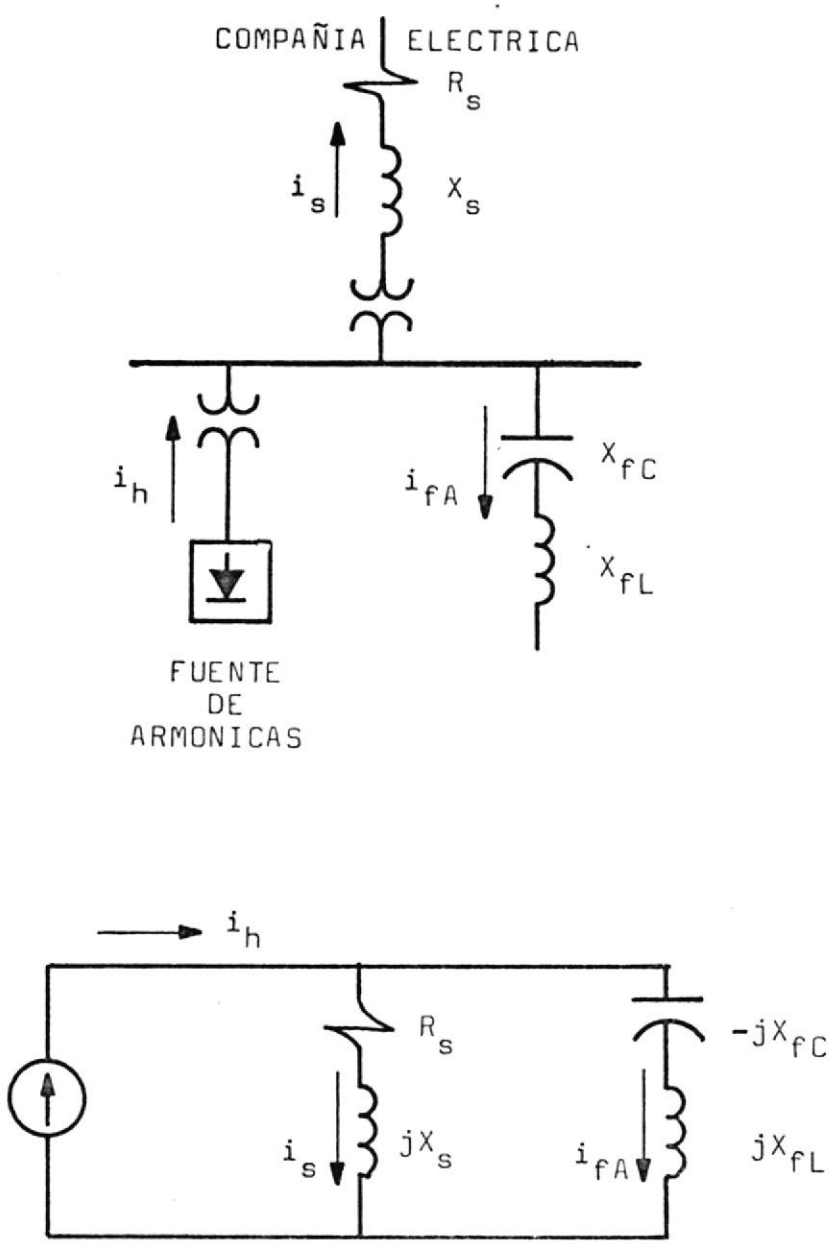


Fig. # 29 Diagrama unifilar que contiene FUENTES DE ARMONICAS y su correspondiente circuito equivalente (por fase).

ZANG Es el ángulo de la impedancia ZMAG.

ρ_s Es la corriente en por unidad de la fundamental que fluye hacia el sistema.

ρ_f Es la corriente en por unidad de la fundamental que fluye hacia el sistema de filtros ó al banco de capacitores.

$$i_h = i_s + i_{fA} \tag{75}$$

$$i_s = \rho_s \, i_h \tag{76}$$

$$i_{fA} = \rho_f \, i_h \tag{77}$$

$$1 = \rho_s + \rho_f \tag{78}$$

$$\rho_s = \frac{Z_{fA}}{Z_s + Z_{fA}} \tag{79}$$

$$\rho_f = \frac{Z_s}{Z_s + Z_{fA}} \tag{80}$$

Si el factor de distribución ρ_s es grande a una frecuencia armónica particular coincidente con una de las armónicas generadas por la fuente de armónicas, enton-

ces la amplificación de la corriente armónica ocurrirá y las corrientes que fluyen hacia el capacitor y hacia el sistema (fuente), pueden ser excesivas. Cuando se tiene la condición de que $Z_s + Z_{fA} \rightarrow 0$ a una misma frecuencia, el sistema está en resonancia a esa frecuencia. Es decir que para evitar esas condiciones se debería tener un valor bajo de ρ_s a esas frecuencias.

En conclución, la función de un reactor sintonizado es la de producir un escape de toda esa corriente elevada, haciéndose en conjunto con el capacitor, un corto circuito virtual a esas frecuencias, comportándose como una verdadera trampa de las señales armónicas.

Un ejemplo numérico, mostrará como éstas relaciones dejan suficiente información para conocer la perfomancia de un filtro no sintonizado y un filtro sintonizado. Los parámetros asumidos son:

Voltaje en la Barra A = 13.8 KV
MVA de Cortocircuito del sistema = 476
MVAR del capacitor = 19.04
$X_s/R_s = 10$

Se debe tener presente el comportamiento de la reactancia inductiva, la cual es proporcional a la frecuencia,

y la reactancia capacitiva la cual es inversamente proporcional a la frecuencia. Por lo tanto se tiene que:

$$X_s = \frac{h(13.8)^2}{476} = 0.4h$$

$$X_{fC} = \frac{(13.8)^2}{19.04\ h} = \frac{10}{h}$$

$$R_s = \frac{X_s}{10} = 0.04h$$

Además el factor de distribución ρ_f está dado por:

$$\rho_f = \frac{0.04 + j0.4}{0.04 + j(0.4 - 10/h^2)}$$

Los factores de distribución ρ_s y ρ_f son graficados y mostrados en la Fig. # 30 (a), para el caso de filtro no sintonizado. Se puede apreciar que la resonancia se produce a la Quinta armónica, luego es necesario eliminar ésta condición instalando un reactor sintonizado a ésta frecuencia. La reactancia de éste reactor a la frecuencia fundamental de 60 Hz. es:

$$X_{fL} = \frac{X_{fC}}{(5)^2} = \frac{10}{25} = 0.4$$

Ahora el factor de distribución ρ_f, cambiará por existir la presencia del reactor, sintonizado a la frecuen

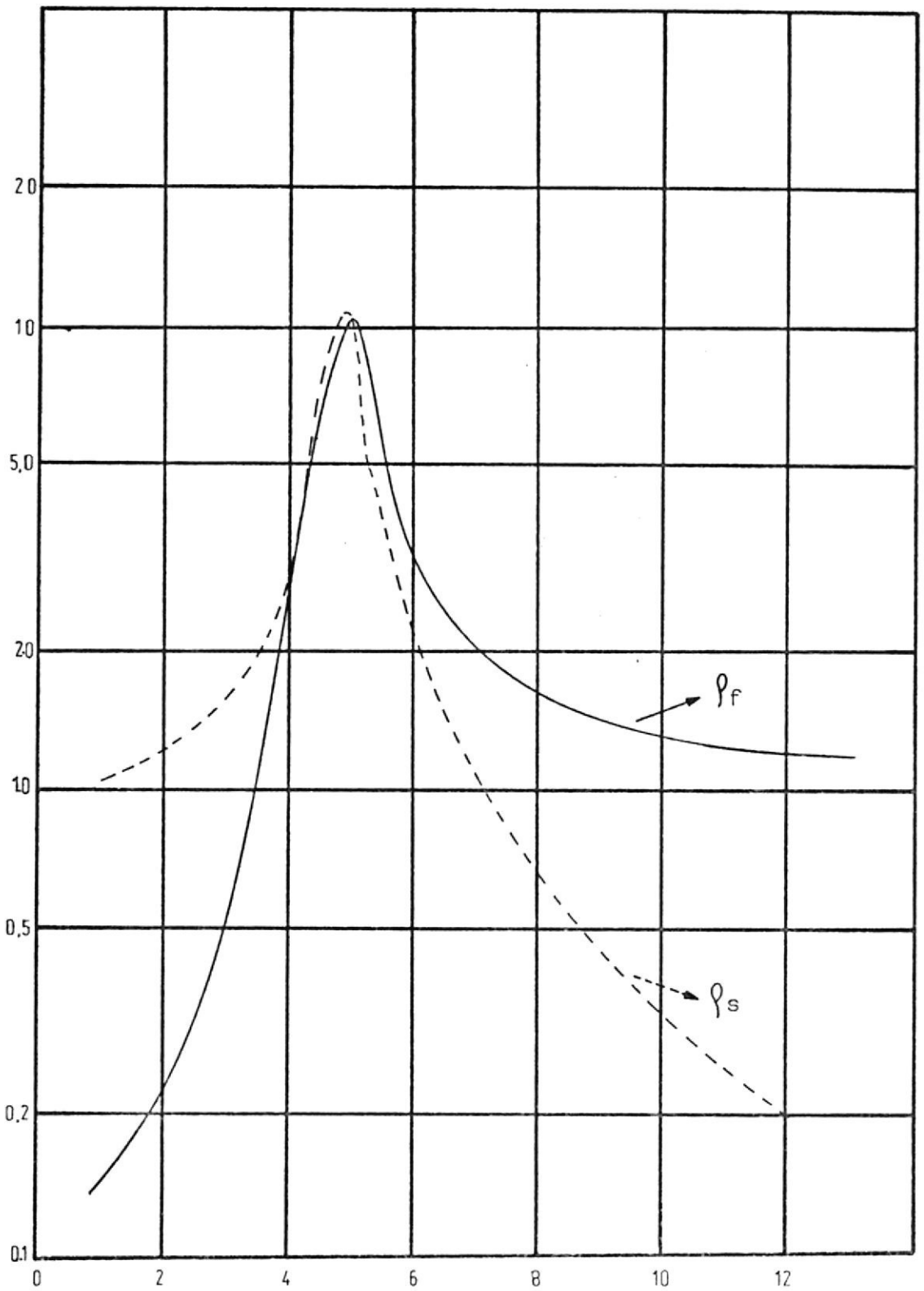


Fig. # 30(a) Factores de Distribución de Corriente Armónica vs el Orden del Armónico. Sin el Reactor Sintonizado.

cia de 300 Hz., luego el factor de distribución ρ_f estará dado por:

$$\rho_f = \frac{0.04 + j0.40}{0.04 + j(0.80 - 10.0/h^2)}$$

Para la obtención del factor de distribución ρ_s, se aplicará la expresión (78). Las gráficas de los factores de distribución ρ_s y ρ_f se muestran en la Fig. # 30(b), en la cual se considera la instalación de un reactor sintonizado a la quinta armónica.

Puede notarse en la Fig. # 30 (b) que a la quinta armónica el valor de ρ_f es igual a la unidad y el valor de ρ_s es igual a cero. Al instalar el reactor el cual se encuentra sintonizado a la quinta armónica, el factor de distribución ρ_f tiene un valor máximo a un armónico de orden bajo, cercano a 3.54.

Además se puede apreciar claramente que la relación de los factores de distribución ρ_f / ρ_s se reduce a elevadas frecuencias al utilizar el reactor sintonizado, por éste motivo a veces es necesario utilizar un filtro pasa alto conectado en paralelo con el filtro sintonizado que se mencionó anteriormente. Para sistemas grandes es necesario realizar un flujo de carga para ver si se han producido sobrevoltajes.

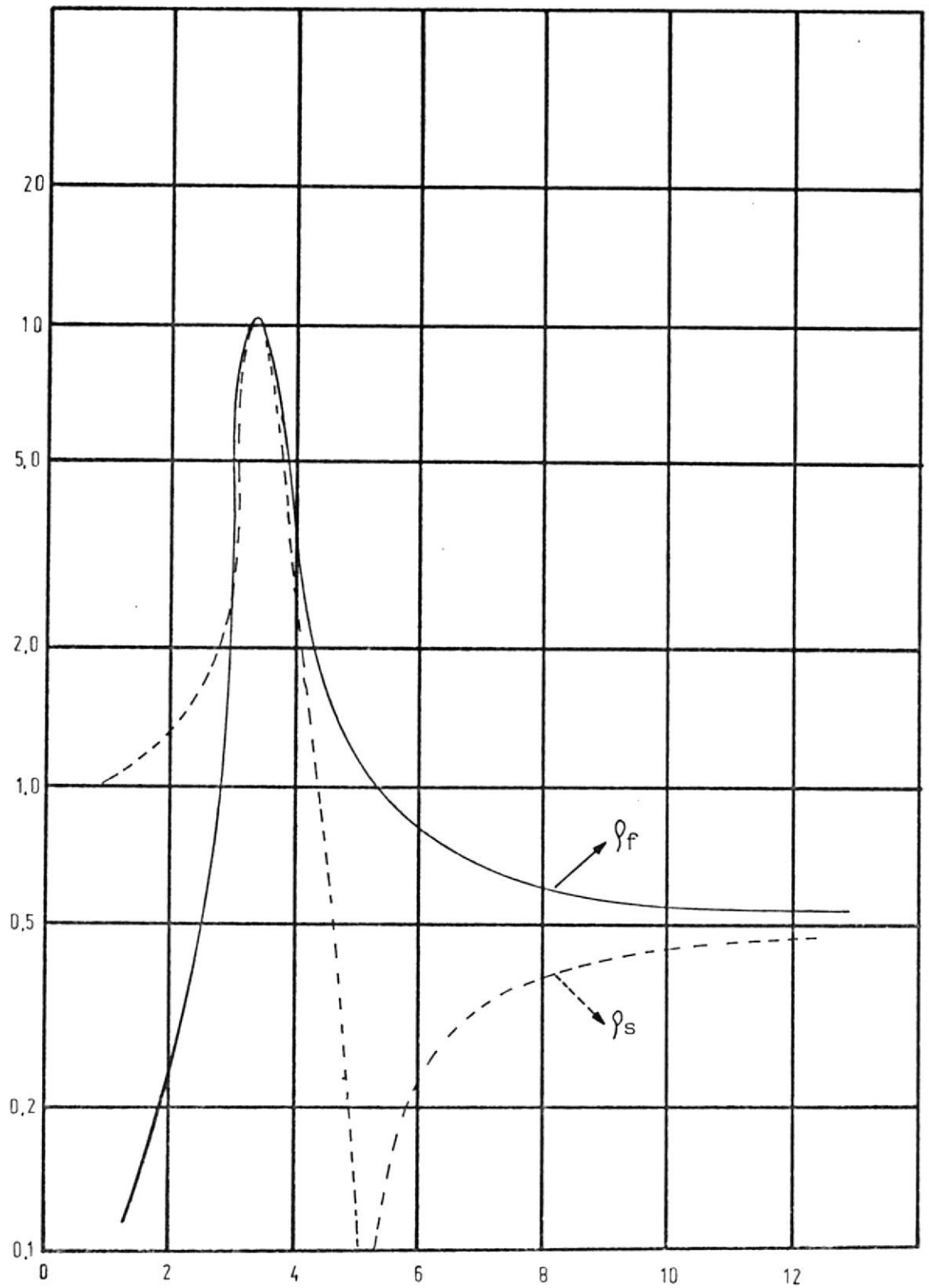


Fig. # 30(b) Factores de Distribución de Corriente Armónica vs el Orden del Armónico. Con el Reactor Sintonizado.

4.2.- ANALISIS DE LA CARACTERISTICA IMPEDANCIA - FRECUENCIA COMO UNA FUNCION DEL FACTOR DE CALIDAD "Q"

La condición de resonancia de una red se da cuando la impedancia de la red es puramente resistiva, luego se tendrá condición de resonancia cuando la tensión y la corriente en los terminales de entrada están en fase, produciéndose la respuesta de amplitud máxima.

La impedancia ZMAG mencionada en la sección 4.1, es la impedancia que ve el convertidor estático de potencia desde la barra a la cual está conectado, ésta impedancia variará con la frecuencia, obteniéndose de ésta manera una característica de ZMAG vs FRECUENCIA. Es necesario recordar que los equipos de rectificación, deberán considerarse como verdaderas fuentes de corriente.

Esta característica, tiene un pico que depende exclusivamente del valor de la resistencia del reactor sintonizado a la frecuencia a la que se produce la condición resonante. El ancho de ésta curva ó la pendiente de sus lados depende también de los valores de los otros elementos. El ancho de ésta curva, se lo llamará más cuidadosamente como ANCHO DE BANDA, será expresado en términos de otro parámetro muy importante, éste pa-

rámetro es llamado "FACTOR DE CALIDAD"; "Q".

Es necesario hacer notar de que la agudeza de la curva característica de un circuito resonante, está determinada por la máxima cantidad de energía que puede almacenarse en el circuito, en comparación con la energía que se pierde durante un período completo de la respuesta. Así pues, se puede definir "Q" como:

$$Q = 2\pi \frac{\text{Máxima energía almacenada}}{\text{Energía total perdida por período}} \qquad (81)$$

Una relación muy útil para obtener el factor "Q", es:

$$Q = \frac{2\pi f_o L}{R} = \frac{1}{2\pi f_o CR} \qquad (82)$$

La expresión (82) indica el método físico de obtener el factor de calidad como función de la reactancia inductiva y la resistencia ó de la reactancia capacitiva y la resistencia, ambas a la frecuencia f_o (60 Hz.).

Los circuitos que poseen un elevado factor de calidad, tienen un ancho de banda menor, es decir poseen mayor selectividad de frecuencias ó mayor calidad. Hay que tener mucho cuidado al realizar la selección de Q. Una característica importante que merece ser destacada

es de que al producirse resonancia paralelo, la impedancia ZMAG tiene un valor elevado al flujo de la corriente cuya frecuencia corresponda a la frecuencia de resonancia. La condición de resonancia paralelo puede producir la oscilación de elevadas corrientes que son excitadas por la corriente de frecuencia resonante. Estas corrientes fluyendo a través de las impedancias del sistema de potencia, producen elevados voltajes armónicos, los cuales sumados al voltaje de frecuencia fundamental producen formas de onda de voltaje distorsionadas. Esta distorsión produce que las corrientes armónicas fluyan al resto del sistema.

La solución sería realizar un estudio de la característica impedancia vs frecuencia, analizar la frecuencia para la cual se produce la condición de resonancia paralelo (elevada impedancia ZMAG), realizar luego un diseño de filtros (sección 4.1) previo con un valor de factor de calidad nulo (ideal), a continuación realizar un nuevo estudio de la característica impedancia vs frecuencia y luego comenzar a variar el factor de calidad del reactor sintonizado ó de todos los reactores sintonizados si acaso fue necesario utilizar varios filtros. En cada caso se analizará la característica de ZMAG vs FRECUENCIA. Finalmente se selecciona la característica más funcional.

4.2.1.- PROGRAMA PARA LA OBTENCION DE LA CARACTERISTICA IMPEDANCIA-FRECUENCIA (VARIANDO LA CAPACIDAD DEL BANCO DE CONDENSADORES Y EL FACTOR DE CALIDAD)

El comportamiento de un sistema de potencia frente al flujo de señales armónicas se lo puede analizar de una manera completa, estudiando la característica de la impedancia del sistema de potencia a diversas frecuencias, es decir realizando un análisis de su característica IMPEDANCIA vs FRECUENCIA.

El procedimiento utilizado para la obtención de la característica Impedancia-Frecuencia de un sistema de potencia, es el siguiente:

1. Se realiza la lectura de toda la información necesaria del sistema de potencia, es decir datos sobre las impedancias de las líneas, reactores, capacitores, admitancias en derivación, etc.

2. Entrada de datos de las barras que tienen instalación de filtros de armónicas, excepto la barra a analizar su espectro de armónicas. (Barra B)

3. Datos sobre los FACTORES DE CALIDAD deseados en los diseños de los filtros de armónicas a instalarse en la barra problema.

4. Entrada de la barra problema (B) y los MVAR del equipo compensador de reactivo instalado en dicha barra.

5. Se utilizará un máximo de cinco filtros, del tipo sintonizado de resonancia paralelo, para esto se utiliza el código BCD, es decir servirá como un contador y a la vez un lazo de las diferentes alternativas, las cuales son un total de 32, con tanto desde la alternativa cero hasta la 31.

6. El espectro de las señales de armónicas será estudiado en la gama de frecuencias desde 60-1.200 Hz. con incremento de 10 Hz., esto viene a constituir un nuevo lazo para la formación sólida de el objetivo que se persigue.

7. Se define una variable "S", la cual sirve para dimensionar la magnitud de la impedancia observada desde la barra B por el equipo rectificador. Esta variable "S", tiene un valor mínimo de cero

y un valor máximo de 114, es por eso que en la dimensión se tiene (35,120), además se tiene la asignación de la frecuencia en por unidad de la fundamental a la variable "KK", es decir F/60.

8. A continuación se inicia el proceso iterativo de la formación de la matriz YBARRA(KK), desde 1 hasta 20. En ese mismo subprograma, se tiene la modificación de la YBARRA por la presencia de filtros, con excepción de la barra B, pues en ésta es donde se van a instalarse recién los filtros.

9. Luego se tiene un pequeño subprograma que decide los valores de los elementos que constituirán los filtros a instalarse en la barra B, dependiendo los factores de calidad seleccionados en 31 numeral 3.

10. Después se tiene un subprograma que invierte la matriz YBARRA, dando como resultado la matriz ZBARRA. Esta matriz ZBARRA, es obtenida para cada una de las 32 alternativas un número de 114 veces.

11. Finalmente se tiene un subprograma que permite la obtención de la impedancia ZMAG vista desde la ba

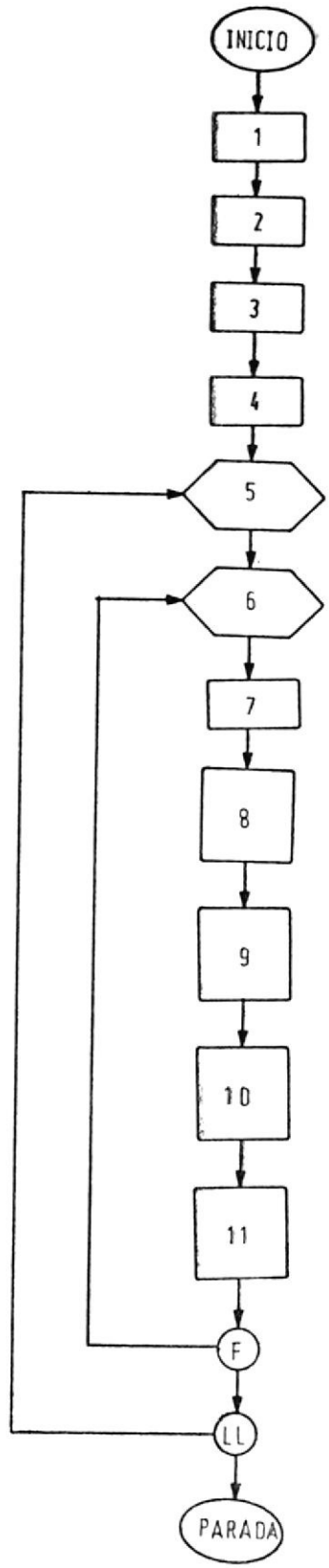


Fig. #31 Diagrama de Flujo para la obtención de la característica IMPEDANCIA-FRECUENCIA.

rra B, tanto su magnitud y ángulo de fase. Este pequeño subprograma también permite la obtención gráfica de la característica IMPEDANCIA-FRECUENCIA, visualizando así como es el comportamiento del sistema de potencia frente al flujo de armónicas.

El diagrama de flujo para el programa que permite obtener la característica Impedancia-Frecuencia de un sistema de potencia, se muestra en la Fig. # 31.

4.3.- DISEÑO DE FILTROS

Si es requerida la supresión de las corrientes armónicas, es necesario la utilización de FILTROS PARALELO, los cuales producen la reducción del flujo de las corrientes armónicas en los sistemas de potencia.

Los capacitores pueden proveer compensación de reactivos como bien pueden ser un importante componente de un filtro paralelo (ó filtros paralelos). Al realizar un diseño de filtros, algunas decisiones deben ser realizadas, las cuales permitirán continuar con el resto del diseño, entre ellas se tiene:

1.- Cuál es la cantidad de VARS que necesita la carga conectada en la barra problema?

2.- Cuál es la cantidad de VARS que debería ser aumentada?

3.- Cuál es el voltaje en la barra problema, analizándolo a carga nominal, sin carga y con sobrecarga.

4.- Si acaso la variación de voltaje es muy grande, existen máquinas sincrónicas que pueden ser equipadas con reguladores de VARS?

5.- Si la respuesta es negativa, Qué tipo de control de VARS incluyendo capacitores, ajustará éste tipo de necesidad?

6.- Es necesario decidir la cantidad de filtros que deberían ser empleados. Generalmente se tienen filtros sintonizados para Quinta, Séptima, Undécima y Decimatercera armónica, en algunos sistemas de potencia se utilizan un filtro pasa alto, todo depende del criterio del diseñador.

7.- La filosofía del diseño del filtro debe ser decidi

da. Es decir que se debería definir un tipo de filtro denominado "FILTRO MINIMO", el cual suprime las armónicas al menor costo y suministra la compensación de reactivos, pero a veces se tiene que sacrificar una de éstas características.

8.- Usualmente el tamaño del filtro sintonizado a la Quinta armónica (el capacitor), será de mayor tamaño que los filtros para las señales armónicas de orden elevado. La recomendación realizada por las normas ANSI Standar C55.1 es:

a) KVAR: 135%
b) CORRIENTE: 180% del valor RMS
c) VOLTAJE: 110% del valor RMS

El tamaño del capacitor normalmente será seleccionado basándose en los requerimientos de compensación de potencia reactiva. Este banco total, es dividido en varios bancos, de acuerdo a la cantidad necesaria de filtros a utilizarse para la atenuación de las señales armónicas en el sistema de potencia que se está estudiando, puede ser 2, 3, 4 ó 5 bancos.

La manera de particionar el banco total de capacitores es completamente arbitraria. Generalmente se instalan filtros de Quinta, Séptima, Décimaprimera, Décimatercera y Décimaséptima armónica.

En la selección adecuada del factor de calidad de cada uno de los filtros paralelos a instalarse en la barra problema, puede considerarse las recomendaciones dadas en la sección 3.3.1.1 (Filtros sintonizados), acerca del valor adecuado del factor de calidad "Q".

4.3.1.- PROGRAMA QUE PERMITE LA OBTENCION DEL TIPO DE FILTRO MAS FUNCIONAL

Este pequeño subprograma, ha sido unido al programa principal de la sección 4.2.1, éste subprograma empienza desde la línea 2622, terminando en la línea 3270. Su entendimiento es bastante sencillo y por ese motivo no hace falta una descripción detallada de los pasos que realiza, en síntesis utiliza el algoritmo conocido como "ORDENAMIENTO BURBUJA" ó llamado también como "ORDENAMIENTO SECUENCIAL".

Los listados de los programas tanto el de la sección 4.2.1 (PROGRAMA PARA LA OBTENCION DE LA CARACTERISTICA IMPEDANCIA-FRECUENCIA) como el de la presente sección 4.3.1 se presentan en el ANEXO 1.

C A P I T U L O 5

ESTUDIO DEL FLUJO DE POTENCIA DE ARMONICAS

5.1.- FORMULACION DEL FLUJO DE POTENCIA DE ARMONICAS

Si en un Sistema de Potencia se tiene flujo de señales armónicas, se van a producir distorsiones de la forma de onda de voltaje, esto se debe a que se superponen los voltajes armónicos a la forma de onda de voltaje fundamental. Cuando se produce RESONANCIA PARALELO, el equipo rectificador que se encuentra conectado a la barra problema (B) en éstas condiciones, observa una impedancia elevada, es decir se producen oscilaciones de corriente entre la reactancia inductiva del sistema de potencia y la reactancia capacitiva de los capacitores utilizados para la compensación de reactivos.

Otra forma de realizar un estudio de los valores que alcanzan las corrientes armónicas fluyendo hacia el sistema de potencia, es mediante el método descrito en el Capítulo 4, Sección 4.1, por el cual se obtie-

nen los factores de distribución de las corrientes en por unidad de la corriente del equipo rectificador.

Este procedimiento es bastante complejo, para facilitar su comprensión se explica a continuación los pasos a seguirse para la determinación del flujo de corriente de armónicas que no es más que el fiel reflejo del flujo de potencia de dichas señales armónicas, dicho procedimiento es el siguiente:

1. Lectura de toda la información del sistema de potencia a estudiarse, entre esa información se tienen: Número de Barras del Sistema, Número de Líneas, Barras de Carga, Barras de Generación, Número de transformadores con TAP fuera de su posición nominal, admitancias en derivación, etc.

2. Datos de las Barras que tienen instalación de Filtros ó trampas de armónicas, con excepción de aquella Barra a la cual se va a realizar el estudio de la generación, propagación y su correspondiente atenuación de las señales armónicas.

3. Entrada de los FACTORES DE CALIDAD de los diferentes filtros a diseñarse en la BARRA B, además exis

te la entrada de la Barra a estudiarse y el valor de los MVAR del equipo compensador de reactivo instalado en esa barra.

4. El Diseño consta de un máximo de cinco filtros del tipo sintonizado, para esto se utiliza el código BCD (2^5 = 32 alternativas), lo cual da el número de posibles combinaciones de los cinco tipos de filtros.

5. El estudio se lo hará en la gama de frecuencias comenzando desde la frecuencia fundamental que tiene un valor de 60 Hz. hasta los 1200 Hz., que es equivalente a decir armónico de orden 20.

6. El proceso iterativo comienza con la formación de la matriz YBARRA, la cual se obtiene para todas las frecuencias (incrementadas en 10 Hz.).

7. Este paso es equivalente al paso 9 de la Sección anrior, es decir 4.2.1.

8. Equivalente al 10 de la Sección 4.2.1.

9. Finalmente se tiene un subprograma que permite obte

ner los valores en por unidad de las corrientes que fluyen hacia el sistema de potencia, hacia el sistema equivalente de filtros, hacia cada uno de los diferentes filtros a ser instalados en cada una de las alternativas, a continuación se tiene un subprograma que de cada una de las alternativas que se vaya desarrollando en el computador, selecciona de cada una el menor valor valor del factor de distribución de la corriente de armónicas inyectadas al sistema de potencia, de todos esos menores valores, se escoge aquel que tenga el menor valor, luego se procede a ordenar las opciones, a fin de que el ingeniero diseñador, seleccione la opción más funcional del sistema de filtros a instalarse en la barra problema.

El Diagrama de Flujo del presente programa se muestra claramente en la Fig. # 32, el listado de las instrucciones, se lo adjunta en el ANEXO 2.

Para que un trabajo quede del todo concluído, es necesario que contenga hasta los más mínimos detalles, por eso es que adjunto en el ANEXO 3 un programa de FLUJO DE CARGA, el cual utiliza el Método de NEWTON-RAPHSON. En éste programa se toma en consideración las instala-

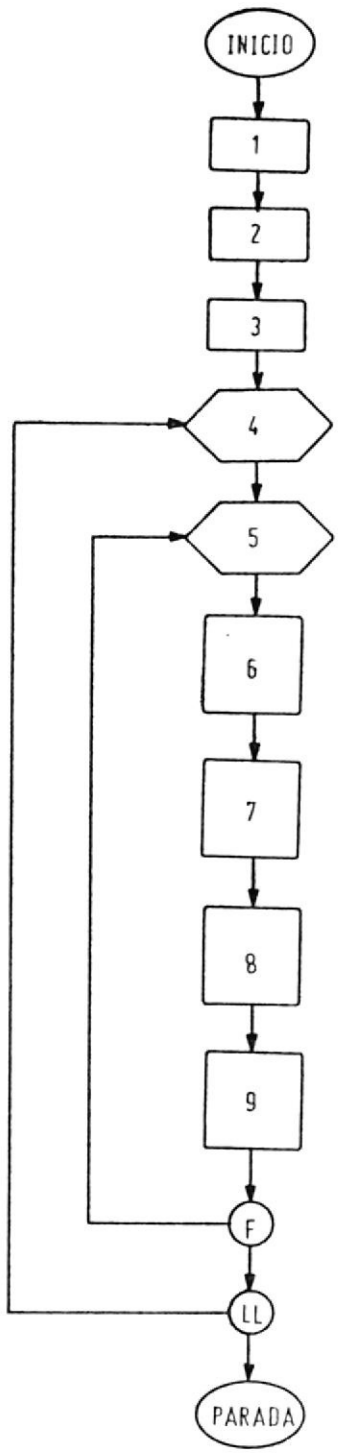


Fig. # 32 Diagrama de Flujo para la obtención del Flujo de Potencia de Armónicas.

ciones de filtros en un sistema de potencia, es necesario como se mencionó anteriormente analizar las variaciones que se producirían al instalarse un nuevo sistema de filtros en lo referente al flujo de potencia, pérdidas totales (tanto activas como reactivas) y los voltajes que se tienen en cada barra del sistema de potencia a estudiarse.

5.2.- APLICACION PRACTICA

A Manera de ejemplo, se realizará el análisis de la GENERACION, PROPAGACION Y ATENUACION DE LAS SEÑALES ARMONICAS causadas por la instalación de un equipo rectificador en el siguiente sistema de potencia, cuyo Diagrama Unifilar se muestra en la Fig. # 33 y cuyos datos son los siguientes:

D A T O S D E L I N E A S

BARRAS		IMPEDANCIAS	SUCEPTANCIAS
1	2	0.02 + j0.06	0.0 + j0.030
1	3	0.08 + j0.24	0.0 + j0.025
2	3	0.06 + j0.20	0.0 + j0.020
2	4	0.06 + j0.18	0.0 + j0.020

2	5	0.04 + j0.40	0.0 + j0.015
3	4	0.01 + j0.05	0.0 + j0.010
4	5	0.08 + j0.40	0.0 + j0.025

DATOS DE GENERACION, CARGAS Y VOLTAJES

BARRA	VOLTAJES (P.U.)	GENERACION		CARGAS	
		MW	MVAR	MW	MVAR
1	1.06 + j0.0	0	0	00	0
2	1.00 + j0.0	70	50	600	40
3	1.00 + j0.0	0	0	400	25
4	1.00 + j0.0	0	0	600	20
5	1.00 + j0.0	0	0	600	20

Las diferentes alternativas de instalación de sistemas de FILTROS y alternativas del flujo de potencia se encuentran en el ANEXO 4. En éste Anexo, se incluye un estudio de la característica IMPEDANCIA-FRECUENCIA para el presente sistema de potencia, cuyo diagrama unifilar como se mencionó anteriormente, se encuentra en la Fig. # 33.

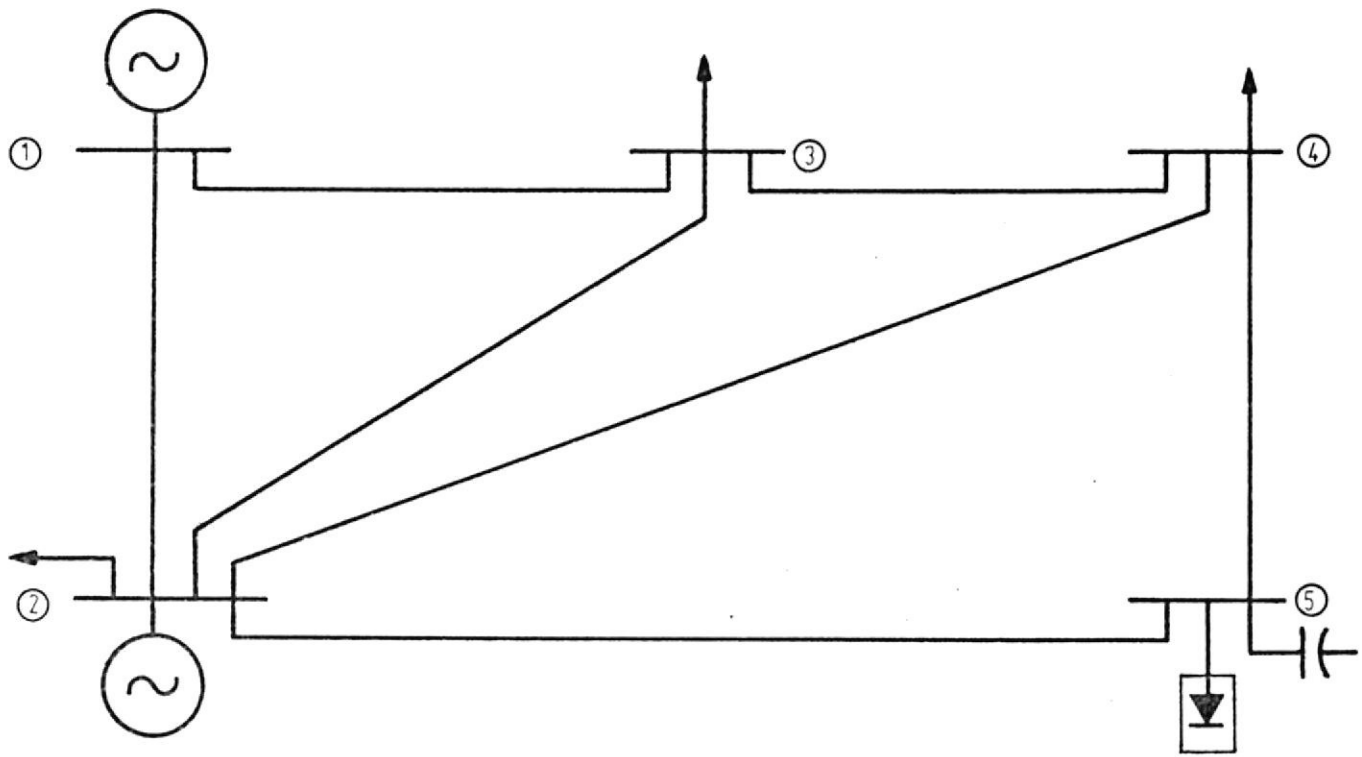


Fig. # 33 Diagrama Unifilar de un Sistema de Potencia a estudiar su Flujo de Señales Armónicas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.- CONCLUSIONES

- La Primera Resonancia Paralelo de un Sistema de Potencia es principalmente una función de la inductancia equivalente del sistema de potencia y del tamaño total del banco de capacitores utilizados para el diseño de filtros.

- Los Convertidores Estáticos de Potencia generan corrientes armónicas, las cuales pueden causar serios problemas.

- Las Corrientes Armónicas pueden ser reducidas por el uso de circuitos multifásicos, ó por la adecuada instalación de filtros paralelo.

- Los filtros de las corrientes armónicas, pueden re-

ducir apreciablemente el flujo de corrientes armónicas al sistema de potencia, además de ser un medio efectivo del control de éstas indeseables corrientes armónicas, sirve como medio de compensación de reactivos, en conclusión su aplicación es bastante económica.

- Para realizar el análisis de un Sistema de Potencia, la asunción de barras de voltaje del tipo sinusoidal, puede no ser adecuada debido a la iteracción entre las corrientes y los voltajes de las señales armónicas, muy en especial cuando se producen condiciones de resonancia.

2.- RECOMENDACIONES

- Para Sistemas Industriales, se aconseja realizar un estudio de su característica Impedancia-frecuencia con la ayuda del Programa del Anexo 1, pues ellos tienen tendencia a tener resonancias paralelo cerca de la banda de 300-420 Hz, además se aconseja realizar un flujo de carga de éste sistema mediante la ayuda del Programa del Anexo 3.

- Para prevenir excesiva distorsión de voltaje, una Razón de Corto Circuito adecuada (SCR) es un valor mayor que 20, si acaso no se tienen instalados ningún tipo de filtros.

- Si un sistema opera normalmente a un factor de potencia de 0.80 y requiere conocer el tamaño del banco de condensadores a fin de cambiar su factor de potencia a 0.95, se aconseja multiplicar la capacidad (MW) del convertidor estático de potencia por el factor de 0.421, es decir:

  MVAR a ser aumentados = 0.421 MW del Convertidor.

- Actualmente no existe una especificación uniforme sobre la cantidad de Corrientes Armónicas, Distorsión de Voltaje e Interferencia Telefónica permitidas, se recomienda prestar atención a las Tablas # 2 y # 3, en las cuales se tiene un resumen de éstas cantidades permitidas.

- Se debe sobredimensionar la capacidad del banco de condensadores a utilizarse como filtros de armónicas, evitando de ésta manera su rápido envejecimiento.

A N E X O S

A N E X O 1

PROGRAMA GENERAL QUE PERMITE OBTENER:

1. LA CARACTERISTICA IMPEDANCIA-FRECUENCIA COMO UNA FUNCION DEL FACTOR DE CALIDAD "Q".

2. EL TIPO DE FILTRO MAS FUNCIONAL PARA LA ATENUACION DE LAS SEÑALES ARMONICAS EN LOS SISTEMAS DE POTENCIA.

```
1 OPEN #7,"P:"
3 DIM YR(10,10),YI(10,10),ZR(10,10),ZI(10,10),LS(10),LR
(10),X(10),R(10),YD(10),ZMAG(35,120),ZANG(35,120),ZMAX(
32)
4 DIM A(32)
5 P=180/3.14159264
10 REM  ************************************************
************************************************
20 REM  **  ESCUELA  SUPERIOR  POLITECNICA  DEL  LITORA
L  **
30 REM  ************************************************
************************************************
40 REM  **  FACULTAD  DE  INGENIERIA ELECTRICA  **
50 REM  ************************************************
************************************************
60 REM  **  PROGRAMA QUE PERMITE LA OBTENCION DE LA CAR
ACTERISTICA IMPEDANCIA VS FRECUENCIA  **
70 REM  **  DEL SISTEMA DE POTENCIA A ESTUDIARSE, EL CU
AL TIENE INSTALACION DE CONVERTIDORES ESTATICOS  **
80 REM  **  DE POTENCIA EN LA BARRA PROBLEMA "B", EN ES
TA BARRA SE HARAN LOS DISENOS DE FILTROS DE ARMONICAS
**
90 REM  ************************************************
************************************************
100 REM  *  ESTE PROGRAMA SELECCIONA LA COMBINACION MAS
 OPTIMA DE FILTROS A INSTALARSE EN LAS BARRAS PROBLEMAS
  *
110 REM  **  UNA VEZ REALIZADA LA SELECCION SE CORRE UN
 FLUJO DE POTENCIA PARA ANALIZAR SI SE HA PRODUCIDO  **
120 REM  **  SOBREVOLTAJES EN EL RESTO DEL SISTEMA  **
130 REM  ************************************************
************************************************
140 GRAPHICS 0
142 FOR I=1 TO 6
144 PRINT
146 NEXT I
150 PRINT TAB(5);"ESCUELA  SUPERIOR  POLITECNICA"
160 FOR I=1 TO 4
162 PRINT
164 NEXT I
170 PRINT TAB(16);"D E L"
180 FOR I=1 TO 4
182 PRINT
184 NEXT I
190 PRINT TAB(12);"L I T O R A L"
192 FOR I=0 TO 1000
194 NEXT I
195 GRAPHICS 0
230 REM  ************************************************
************************************************
240 REM  **  SE PROCEDE A LA LECTURA DE LOS DATOS  **
```

```
250 REM  ************************************************
************************************************************
260 PRINT
270 PRINT
280 PRINT TAB(11);"DATOS DEL SISTEMA"
290 FOR I=1 TO 3
300 PRINT
310 NEXT I
312 REM  ************************************************
************************************************************
314 REM **  NG= NUMERO DE BARRAS DE GENERACION  **
315 REM **  NL= NUMERO DE LINEAS QUE TIENE EL SISTEMA
**
316 REM **  NTAP = NUMERO DE TRANSFORMADORES QUE TIENEN
 SU TAP FUERA DE SU POSICION NOMINAL  **
318 REM **  NDEV = NUMERO DE ELEMENTOS EN DERIVACION  *
*
320 REM  ************************************************
************************************************************
322 PRINT TAB(4);"NB";:PRINT TAB(10);"NG";:PRINT TAB(16
);"NL";:PRINT TAB(22);"NTAP";:PRINT TAB(30);"NDEV"
330 PRINT TAB(2);"_____________________________________"
340 PRINT TAB(2);:INPUT NB,NG,NL,NTAP,NDEV
350 FOR I=1 TO 4
360 PRINT
370 NEXT I
380 PRINT TAB(12);"MVABASE=";:INPUT MVABASE
390 REM  **  DATOS DE LAS LINEAS DEL SISTEMA DE POTENCI
A  **
400 GRAPHICS 0
410 PRINT
415 PRINT
418 PRINT
420 PRINT TAB(7);"**** DATOS DE LINEAS ****"
430 PRINT
440 PRINT
445 PRINT
450 PRINT "LINEA";:PRINT TAB(8);"BARRA A BARRA";:PRINT
TAB(26);"R";:PRINT TAB(34);"X"
460 PRINT "_____________________________________"
470 FOR I=1 TO NL
480 PRINT TAB(2);I;:PRINT TAB(8);:INPUT LS(I),LR(I),R(I
),X(I)
490 NEXT I
500 GRAPHICS 0
502 PRINT
504 PRINT
506 PRINT
510 PRINT TAB(2);"**  DATOS DE LAS CAPACITANCIAS  **"
520 PRINT TAB(13);"DE LAS LINEAS"
530 PRINT
540 PRINT TAB(4);"LINEA";:PRINT TAB(12);"BARRA A BARRA"
```

```
;:PRINT TAB(30);"YD(I)"
550 PRINT TAB(3);"_____"
560 FOR I=1 TO NL
570 PRINT TAB(5);I;:PRINT TAB(13);LS(I);:PRINT TAB(21);
LR(I);:PRINT TAB(27);:INPUT YD(I)
580 NEXT I
590 GRAPHICS 0
595 PRINT
598 PRINT
599 PRINT TAB(4);"BARRA QUE DESEA ANALIZAR; B=";:INPUT
B
600 PRINT
602 PRINT
604 PRINT TAB(4);"MVAR(";:PRINT B;:PRINT ")=";:INPUT MV
AR(B)
605 PRINT
606 PRINT
610 PRINT
612 REM  ************************************************
************************************************************
614 REM  **  DATOS SOBRE LOS BANCOS DE CAPACITORES, REA
CTORES O FILTROS PRESENTES EN EL SISTEMA DE POTENCIA  *
*
616 REM  ************************************************
************************************************************
620 PRINT TAB(3);"PRESENCIA DE FILTROS EN EL SISTEMA"
630 PRINT TAB(3);"_____"
640 PRINT
650 FOR I=1 TO NB
654 IF I=B GO TO 775
655 PRINT TAB(5);"BARRA ";:PRINT I
660 PRINT "YC5(";:PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "XL5(";:PR
INT I;:PRINT "),";:PRINT "RF5(";:PRINT I;
670 PRINT "),";:INPUT YC5(I),XL5(I),RF5(I)
680 PRINT "YC7(";:PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "XL7(";:PR
INT I;:PRINT "),";:PRINT "RF7(";:PRINT I;
690 PRINT "),";:INPUT YC7(I),XL7(I),RF7(I)
700 PRINT "YC11(";:PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "XL11(";:
PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "RF11(";:PRINT I;
710 PRINT "),";:INPUT YC11(I),XL11(I),RF11(I)
720 PRINT "YC13(";:PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "XL13(";:
PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "RF13(";:PRINT I;
730 PRINT "),";:INPUT YC13(I),XL13(I),RF13(I)
740 PRINT "YC15(";:PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "XL15(";:
PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "RF15(";:PRINT I;
750 PRINT "),";:INPUT YC15(I),XL15(I),RF15(I)
760 PRINT
770 PRINT
775 NEXT I
778 GRAPHICS 0
780 PRINT TAB(3);"FACTORES DE CALIDAD DE LOS FILTROS"
```

```
782 PRINT TAB(2);"_____"
784 PRINT
785 PRINT
786 PRINT TAB(10);"Q5= ";:INPUT Q5
788 PRINT TAB(10);"Q7= ";:INPUT Q7
790 PRINT TAB(9);"Q11= ";:INPUT Q11
792 PRINT TAB(9);"Q13= ";:INPUT Q13
794 PRINT TAB(9);"Q15= ";:INPUT Q15
800 PRINT
805 PRINT
810 REM  ************************************************
************************************************************
820 REM  **  COMIENZA EL PROCESO ITERATIVO DEL ESTUDIO
DEL FLUJO DE CORRIENTES ARMONICAS  **
830 REM  ************************************************
************************************************************
840 GRAPHICS 0
850 PRINT
860 PRINT
890 REM  ************************************************
************************************************************
900 REM  **  FORMACION DE LA MATRIZ YBARRA  **
902 REM  ************************************************
************************************************************
904 FOR LL=0 TO 31
906 K2=INT(LL/2)
908 K5=LL-2*K2
910 K3=INT(K2/2)
912 K7=K2-2*K3
914 K4=INT(K3/2)
916 K11=K3-2*K4
918 K15=INT(K4/2)
920 K13=K4-2*K15
922 N=K5+K7+K11+K13+K15
924 GRAPHICS 0
941 PRINT #7
942 PRINT #7
943 PRINT #7,TAB(24);"*** ANALISIS DE LA BARRA ";B;"***
"
944 PRINT #7
945 PRINT #7,TAB(27);"A L T E R N A T I V A  ";LL
946 PRINT #7,TAB(22);"_____
___"
947 PRINT #7
948 PRINT #7,TAB(22);" FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA
 "; B
949 PRINT #7
950 PRINT #7,TAB(27);"K5";TAB(32);"K7";TAB(37);"K11";TA
B(43);"K13";TAB(49);"K15"
951 PRINT #7,TAB(27);K5;TAB(32);K7;TAB(38);K11;TAB(44);
K13;TAB(50);K15
952 PRINT #7
953 FOR F=60 TO 1200 STEP 10
```

```
954 S=(F-60)/10
955 KK=F/60
956 PRINT
957 PRINT
958 PRINT TAB(11);"FRECUENCIA=";F;"Hz"
960 FOR I=1 TO NB
970 FOR J=1 TO NB
980 YR(I,J)=0
990 YI(I,J)=0
1000 NEXT J
1010 NEXT I
1020 FOR I=1 TO NL
1030 ZM=R(I)^2+(KK*X(I))^2
1040 RL=R(I)/ZM
1050 YL=-KK*X(I)/ZM
1060 L=LS(I)
1070 M=LR(I)
1080 YR(L,L)=YR(L,L)+RL
1090 YR(M,M)=YR(M,M)+RL
1100 YR(L,M)=YR(L,M)-RL
1110 YR(M,L)=YR(L,M)
1120 YI(L,L)=YI(L,L)+KK*YD(I)+YL
1130 YI(M,M)=YI(M,M)+KK*YD(I)+YL
1140 YI(L,M)=YI(L,M)-YL
1150 YI(M,L)=YI(L,M)
1160 NEXT I
1170 REM  ************************************************
************************************************************
1180 REM  *MODIFICACIONES EN YBARRA DEBIDO A LA PRESENC
IA DE TRANSFORMADORES CON TAP FUERA DE SU POSICION NOMI
NAL*
1190 REM  ************************************************
************************************************************
1200 IF NTAP=0 GO TO 1400
1210 REM  ************************************************
************************************************************
1220 REM  ** IE=BARRA DE SALIDA DEL TRANSFORMADOR **
1230 REM  ** IS=BARRA DE LLEGADA DEL TRANSFORMADOR **
1240 REM  ************************************************
************************************************************
1250 PRINT
1260 PRINT
1270 PRINT TAB(6);"**TRANSFORMADORES CON TAP**"
1280 PRINT
1290 PRINT TAB(11);"IE";:PRINT TAB(18);"IS";:PRINT TAB(
25);"TAP"
1300 PRINT TAB(9);"_____________________"
1310 FOR I=1 TO NTAP
1320 PRINT TAB(9);:INPUT IE,IS,TAP
1330 YI(IE,IE)=YI(IE,IE)+YI(IE,IS)-YI(IE,IS)/(TAP^2)
1340 YI(IE,IS)=YI(IE,IS)/TAP
1350 YI(IS,IE)=YI(IE,IS)
1360 NEXT I
```

```
1370 REM  ************************************************
**********************************************************
1380 REM  ** MODIFICACION DE YBARRA POR LA PRESENCIA DE
 FILTROS EN EL SISTEMA DE POTENCIA A ESTUDIARSE **
1390 REM  ************************************************
**********************************************************
1400 FOR I=1 TO NB
1410 IF I=B GO TO 1582
1420 D5=(1-YC5(I)*XL5(I)*(KK^2))^2+(KK*YC5(I)*RF5(I))^2
1430 YR5(I)=RF5(I)*(KK*YC5(I))^2/D5
1440 YI5(I)=KK*YC5(I)*(1-(KK^2)*YC5(I)*XL5(I))/D5
1450 D7=(1-YC7(I)*XL7(I)*(KK^2))^2+(KK*YC7(I)*RF7(I))^2
1460 YR7(I)=RF7(I)*(KK*YC7(I))^2/D7
1470 YI7(I)=KK*YC7(I)*(1-(KK^2)*YC7(I)*XL7(I))/D7
1480 D11=(1-YC11(I)*XL11(I)*(KK^2))^2+(KK*YC11(I)*RF11(
I))^2
1490 YR11(I)=RF11(I)*(KK*YC11(I))^2/D11
1500 YI11(I)=KK*YC11(I)*(1-(KK^2)*YC11(I)*XL11(I))/D11
1510 D13=(1-YC13(I)*XL13(I)*(KK^2))^2+(KK*YC13(I)*RF13(
I))^2
1520 YR13(I)=RF13(I)*(KK*YC13(I))^2/D13
1530 YI13(I)=KK*YC13(I)*(1-(KK^2)*YC13(I)*XL13(I))/D13
1540 D15=(1-YC15(I)*XL15(I)*(KK^2))^2+(KK*YC15(I)*RF15(
I))^2
1550 YR13(I)=RF15(I)*(KK*YC15(I))^2/D15
1560 YI15(I)=KK*YC15(I)*(1-(KK^2)*YC15(I)*XL15(I))/D15
1570 YR(I,I)=YR(I,I)+YR5(I)+YR7(I)+YR11(I)+YR13(I)+YR15
(I)
1580 YI(I,I)=YI(I,I)+YI5(I)+YI7(I)+YI11(I)+YI13(I)+YI15
(I)
1582 NEXT I
1583 IF N<>0 GO TO 1588
1584 YC=KK*MVAR(B)/MVABASE
1586 YRFT=0:YIFT=YC
1587 GO TO 1620
1588 YC=MVAR(B)/(MVABASE*N)
1590 IF K5=0 THEN YC5(B)=0:XL5(B)=0:RF5(B)=0
1591 IF K5=1 THEN YC5(B)=YC:XL5(B)=1/(25*YC5(B)):RF5(B)
=XL5(B)/Q5
1592 IF K7=0 THEN YC7(B)=0:XL7(B)=0:RF7(B)=0
1593 IF K7=1 THEN YC7(B)=YC:XL7(B)=1/(49*YC7(B)):RF7(B)
=XL7(B)/Q7
1594 IF K11=0 THEN YC11(B)=0:XL11(B)=0:RF11(B)=0
1595 IF K11=1 THEN YC11(B)=YC:XL11(B)=1/(121*YC11(B)):R
F11(B)=XL11(B)/Q11
1596 IF K13=0 THEN YC13(B)=0:XL13(B)=0:RF13(B)=0
1597 IF K13=1 THEN YC13(B)=YC:XL13(B)=1/(169*YC13(B)):R
F13(B)=XL13(B)/Q13
1598 IF K15=0 THEN YC15(B)=0:XL15(B)=0:RF15(B)=0
1599 IF K15=1 THEN YC15(B)=YC:XL15(B)=1/(225*YC15(B)):R
F15(B)=XL15(B)/Q15
```

```
1600 DF5=(1-(KK^2)*YC5(B)*XL5(B))^2+(KK*YC5(B)*RF5(B))^
2
1601 DF7=(1-(KK^2)*YC7(B)*XL7(B))^2+(KK*YC7(B)*RF7(B))^
2
1602 DF11=(1-(KK^2)*YC11(B)*XL11(B))^2+(KK*YC11(B)*RF11
(B))^2
1603 DF13=(1-(KK^2)*YC13(B)*XL13(B))^2+(KK*YC13(B)*RF13
(B))^2
1604 DF15=(1-(KK^2)*YC15(B)*XL15(B))^2+(KK*YC15(B)*RF15
(B))^2
1605 YRF5=(RF5(B)*(KK*YC5(B))^2)/DF5
1606 YRF7=(RF7(B)*(KK*YC7(B))^2)/DF7
1607 YRF11=(RF11(B)*(KK*YC11(B))^2)/DF11
1608 YRF13=(RF13(B)*(KK*YC13(B))^2)/DF13
1609 YRF15=(RF15(B)*(KK*YC15(B))^2)/DF15
1610 YIF5=KK*YC5(B)*(1-(KK^2)*YC5(B)*XL5(B))/DF5
1611 YIF7=KK*YC7(B)*(1-(KK^2)*YC7(B)*XL7(B))/DF7
1612 YIF11=KK*YC11(B)*(1-(KK^2)*YC11(B)*XL11(B))/DF11
1613 YIF13=KK*YC13(B)*(1-(KK^2)*YC13(B)*XL13(B))/DF13
1614 YIF15=KK*YC15(B)*(1-(KK^2)*YC15(B)*XL15(B))/DF15
1615 YRFT=YRF5+YRF7+YRF11+YRF13+YRF15
1616 YIFT=YIF5+YIF7+YIF11+YIF13+YIF15
1617 PRINT YRFT;YIFT
1620 REM  ************************************************
************************************************
1625 REM  **  INVERSION DE LA MATRIZ YBARRA  **
1630 REM  **  OBTENCION DE LA IMPEDANCIA EQUIVALENTE DE
SDE LA BARRA A ANALIZAR SU ESPECTRO DE ARMONICAS  **
1640 REM  ************************************************
************************************************
1642 PRINT
1643 PRINT
1644 PRINT TAB(7);"M A T R I Z    Y B A R R A"
1646 PRINT
1647 PRINT TAB(3);"I";:PRINT TAB(7);"J";:PRINT TAB(15);
"YR(I,J)";:PRINT TAB(28);"YI(I,J)"
1648 PRINT TAB(2);"_____________________________________
"
1650 FOR I=1 TO NB
1651 FOR J=1 TO NB
1652 PRINT TAB(2);I;:PRINT TAB(6);J;:PRINT TAB(13);YR(I
,J);:PRINT TAB(26);YI(I,J)
1653 NEXT J
1654 NEXT I
1658 FOR J=1 TO NB
1660 FOR I=1 TO NB
1670 ZR(J,I)=0
1680 ZI(J,I)=0
1690 NEXT I
1700 ZR(J,J)=1
1710 ZI(J,J)=0
1720 NEXT J
1730 FOR J=1 TO NB
```

```
1740 FOR I=J TO NB
1750 IF (YR(I,J)^2+YI(I,J)^2)<>0 THEN 1790
1760 NEXT I
1770 PRINT TAB(5);"M A T R I Z    S I N G U L A R"
1780 STOP
1790 FOR K=1 TO NB
1800 S1=YR(J,K)
1810 S2=YI(J,K)
1820 YR(J,K)=YR(I,K)
1830 YI(J,K)=YI(I,K)
1840 YR(I,K)=S1
1850 YI(I,K)=S2
1860 S1=ZR(J,K)
1870 S2=ZI(J,K)
1880 ZR(J,K)=ZR(I,K)
1890 ZI(J,K)=ZI(I,K)
1900 ZR(I,K)=S1
1910 ZI(I,K)=S2
1920 NEXT K
1930 D=YR(J,J)^2+YI(J,J)^2
1940 T1=YR(J,J)/D
1950 T2=-YI(J,J)/D
1960 FOR K=1 TO NB
1970 PRY=T1*YR(J,K)-T2*YI(J,K)
1980 PIY=T1*YI(J,K)+T2*YR(J,K)
1990 YR(J,K)=PRY
2000 YI(J,K)=PIY
2010 PRZ=T1*ZR(J,K)-T2*ZI(J,K)
2020 PIZ=T1*ZI(J,K)+T2*ZR(J,K)
2030 ZR(J,K)=PRZ
2040 ZI(J,K)=PIZ
2050 NEXT K
2060 FOR L=1 TO NB
2070 IF L=J THEN 2200
2080 T1=-YR(L,J)
2090 T2=-YI(L,J)
2100 FOR K=1 TO NB
2110 PRY=T1*YR(J,K)-T2*YI(J,K)
2120 PIY=T2*YR(J,K)+T2*YI(J,K)
2122 IF ABS(PRY)<1E-06 THEN PRY=0
2124 IF ABS(PIY)<1E-06 THEN PIY=0
2130 YR(L,K)=YR(L,K)+PRY
2140 YI(L,K)=YI(L,K)+PIY
2142 IF ABS(YR(L,K))<1E-06 THEN YR(L,K)=0
2144 IF ABS(YI(L,K))<1E-06 THEN YI(L,K)=0
2150 PRZ=T1*ZR(J,K)-T2*ZI(J,K)
2160 PIZ=T2*ZR(J,K)+T1*ZI(J,K)
2170 ZR(L,K)=ZR(L,K)+PRZ
2180 ZI(L,K)=ZI(L,K)+PIZ
2190 NEXT K
2200 NEXT L
2210 NEXT J
```

```
2211 GRAPHICS 0
2212 PRINT
2214 PRINT
2216 PRINT TAB(11);"FRECUENCIA=";F;"Hz"
2218 PRINT
2220 PRINT
2222 PRINT TAB(7);"M A T R I Z    Z B A R R A"
2224 PRINT
2225 PRINT TAB(3);"I";:PRINT TAB(7);"J";:PRINT TAB(15);
"ZR(I,J)";:PRINT TAB(28);"ZI(I,J)"
2226 PRINT TAB(2);"_____________________________________
"
2227 FOR I=1 TO NB
2228 FOR J=1 TO NB
2229 PRINT TAB(2);I;:PRINT TAB(6);J;:PRINT TAB(13);ZR(I
,J);:PRINT TAB(26);ZI(I,J)
2230 NEXT J
2232 NEXT I
2234 REM  ************************************************
************************************************************
2235 REM  **  OBTENCION DE LA IMPEDANCIA ZMAG VISTA DES
DE LA BARRA B  **
2236 REM  ************************************************
************************************************************
2237 DFT=YRFT^2+YIFT^2
2238 ZRFT=YRFT/DFT
2239 ZIFT=-YIFT/DFT
2240 Z1=ZRFT*ZR(B,B)-ZIFT*ZI(B,B)
2241 Z2=ZRFT*ZI(B,B)+ZIFT*ZR(B,B)
2242 Z3=ZR(B,B)+ZRFT
2243 Z4=ZI(B,B)+ZIFT
2244 DMAG=Z3^2+Z4^2
2245 ZMAR=(Z1*Z3+Z2*Z4)/DMAG
2246 ZMAI=(Z2*Z3-Z1*Z4)/DMAG
2250 ZMAG(LL,S)=SQR(ZMAR^2+ZMAI^2)
2258 ZANG(LL,S)=P*ATN(ZMAI/ZMAR)
2260 NEXT F
2261 GRAPHICS 0
2262 PRINT #7
2264 PRINT #7
2265 PRINT #7,TAB(22);"IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTI
DOR"
2266 PRINT #7,TAB(30);"DESDE  LA  BARRA";:PRINT #7,TAB(
48);B
2267 PRINT #7
2268 PRINT #7
2269 PRINT #7,TAB(23);"F(Hz)";TAB(34);"ZMAG(PU)";TAB(48
);"ZANG(GR)"
2270 PRINT #7,TAB(20);"_____________________________________
_____"
```

```
2271 PRINT #7
2273 FOR S=0 TO 114
2274 F=10*S+60
2275 PRINT #7,TAB(23);F;TAB(33);ZMAG(LL,S);TAB(47);ZANG
(LL,S)
2276 NEXT S
2280 GRAPHICS 0
2390 REM  ************************************************
**********************************************************
2400 REM  **  CARACTERISTICA IMPEDANCI
2410 REM  ************************************************
**********************************************************
2420 ZMAX(LL)=ZMAG(LL,0)
2430 FOR S=1 TO 114
2440 IF ZMAG(LL,S)<=ZMAX(LL) THEN GO TO 2460
2450 ZMAX(LL)=ZMAG(LL,S)
2460 NEXT S
2464 INPUT DECI
2465 IF DECI<>1 THEN STOP
2468 PRINT #7,TAB(138);"ZMAG(";LL;")"
2470 FOR S=-1 TO 53
2475 SS=2*S
2480 FF=20*S+60
2490 IF S<>-1 GO TO 2550
2500 PRINT #7,TAB(18);FF;
2510 FOR I=24 TO 150
2520 PRINT #7,TAB(I);".";
2530 NEXT I
2540 GO TO 2610
2550 PRINT #7,TAB(18);FF;
2560 J=INT(124*ZMAG(LL,SS)/ZMAX(LL)+24)
2570 IF J<>24 GO TO 2600
2580 PRINT #7,TAB(J);"*"
2590 GO TO 2610
2600 PRINT #7,TAB(24);".";:PRINT #7,TAB(J);"*"
2610 NEXT S
2612 PRINT #7,TAB(21);"F(Hz)"
2615 INPUT DEC
2618 IF DEC<>1 THEN STOP
2620 NEXT LL
2622 REM  ************************************************
**********************************************************
2623 REM  **  SELECCION DEL FILTRO OPTIMO A INSTALARSE
EN LA BARRA B  **
2624 REM  ************************************************
**********************************************************
2625 FOR I=1 TO 31
2630 A(I)=ZMAX(I)
2635 NEXT I
2640 FOR K=0 TO 31
2660 FOR L=0 TO JJ
```

```
2670 IF A(L)<=A(L+1) THEN GO TO 2710
2680 TEMP=A(L)
2690 A(L)=A(L+1)
2700 A(L+1)=TEMP
2710 NEXT L
2720 NEXT K
2730 GRAPHICS 0
2735 IF DEC<>1 THEN STOP
2738 PRINT #7
2739 PRINT #7
2740 PRINT #7,TAB(26);"ORDENAMIENTO DE LOS FILTROS"
2750 PRINT #7,TAB(30);"DESDE EL MAS OPTIMO"
2760 PRINT #7
2770 PRINT #7
2780 PRINT #7,TAB(27);"K5";TAB(32);"K7";TAB(37);"K11";T
AB(43);"K13";TAB(49);"K15"
2800 PRINT #7,TAB(25);"_____"
2810 FOR I=0 TO 31
2820 D=A(I)
2830 FOR J=0 TO 31
2840 IF D<=ZMAX(J) THEN GO TO 2860
2850 NEXT J
2860 BB=J
2870 K2=INT(BB/2):K5=BB-2*K2:K3=INT(K2/2):K7=K2-2*K3:K4
=INT(K3/2)
2880 K11=K3-2*K4:K15=INT(K4/2):K13=K4-2*K15
2885 PRINT #7
2890 PRINT #7,TAB(27);K5;TAB(32);K7;TAB(38);K11;TAB(44)
;K13;TAB(50);K15
2900 PRINT #7
2950 PRINT #7
3000 N=K5+K7+K11+K13+K15
3010 IF N<>0 GO TO 3050
3020 PRINT #7,TAB(24);"NO SE HA INSTALADO NINGUN FILTRO
"
3040 GO TO 3260
3050 YC=MVAR(B)/(MVABASE*N)
3060 IF K5=0 THEN YC5(B)=0:XL5(B)=0:RF5(B)=0
3070 IF K5=1 THEN YC5(B)=YC:XL5(B)=1/(25*YC):RF5(B)=XL5
(B)/Q5
3080 IF K7=0 THEN YC7(B)=0:XL7(B)=0:RF7(B)=0
3090 IF K7=1 THEN YC7(B)=YC:XL7(B)=1/(49*YC):RF7(B)=XL7
(B)/Q7
3100 IF K11=0 THEN YC11(B)=0:XL11(B)=0:RF11(B)=0
3110 IF K11=1 THEN YC11(B)=YC:XL11(B)=1/(121*YC):RF11(B
)=XL11(B)/Q11
3120 IF K13=0 THEN YC13(B)=0:XL13(B)=0:RF13(B)=0
3130 IF K13=1 THEN YC13(B)=YC:XL13(B)=1/(169*YC):RF13(B
)=XL13(B)/Q13
3140 IF K15=0 THEN YC15(B)=0:XL15(B)=0:RF15(B)=0
3150 IF K15=1 THEN YC15(B)=YC:XL15(B)=1/(225*YC):RF15(B
```

```
)=XL15(B)/Q15
3160 PRINT #7,TAB(24);"YC5";TAB(34);"XL5";TAB(45);"RF5"
;TAB(54);"Q5"
3170 PRINT #7,TAB(21);YC5;TAB(31);XL5;TAB(42);RF5;TAB(5
3);Q5
3175 PRINT #7
3176 PRINT #7
3180 PRINT #7,TAB(24);"YC7";TAB(34);"XL7";TAB(45);"RF7"
;TAB(54);"Q7"
3190 PRINT #7,TAB(21);YC7;TAB(31);XL7;TAB(42);RF7;TAB(5
3);Q7
3195 PRINT #7
3196 PRINT #7
3200 PRINT #7,TAB(24);"YC11";TAB(34);"XL11";TAB(45);"RF
11";TAB(54);"Q11"
3210 PRINT #7,TAB(21);YC11;TAB(31);XL11;TAB(42);RF11;TA
B(53);Q11
3215 PRINT #7
3216 PRINT #7
3220 PRINT #7,TAB(24);"YC13";TAB(34);"XL13";TAB(45);"RF
13";TAB(54);"Q13"
3230 PRINT #7,TAB(21);YC13;TAB(31);XL13;TAB(42);RF13;TA
B(53);Q13
3235 PRINT #7
3236 PRINT #7
3240 PRINT #7,TAB(24);"YC15";TAB(34);"XL15";TAB(45);"RF
15";TAB(54);"Q15"
3250 PRINT #7,TAB(21);YC15;TAB(31);XL15;TAB(42);RF15;TA
B(53);Q15
3255 PRINT #7
3256 PRINT #7
3260 NEXT I
3270 STOP
```

A N E X O 2

PROGRAMA GENERAL QUE PERMITE OBTENER:

1. EL FLUJO DE POTENCIA DE LAS SEÑALES ARMONICAS, VALORES DE LAS CORRIENTES ARMONICAS.

```
2 OPEN #7,"P:"
4 DIM YR(10,10),YI(10,8),ZR(10,10),ZI(10,10),LS(10),LR(
10),X(10),R(10),YD(10),RHOS(35,120),ANGS(35,120)
5 DIM RHOF(35,120),ANGF(35,120),RHO5(35,120),ANG5(35,12
0),RHO7(35,120),ANG7(35,120),RHO11(35,120),ANG11(35,120
)
6 DIM RHO13(35,120),ANG13(35,120),RHO15(35,120),ANG15(3
5,120)
10 REM  ************************************************
************************************************************
20 REM  **  ESCUELA  SUPERIOR  POLITECNICA  DEL  LITORA
L  **
30 REM  ************************************************
************************************************************
40 REM  **  FACULTAD  DE  INGENIERIA ELECTRICA  **
50 REM  ************************************************
************************************************************
60 REM  **  PROGRAMA QUE REALIZA EL ESTUDIO DEL FLUJO D
E ARMONICAS EN LOS SISTEMAS DE POTENCIA  **
70 REM  **  ESTE PROGRAMA INDICA LOS VALORES EN POR UNI
DAD DE LAS CORRIENTES QUE SE INYECTAN AL SISTEMA DE  **
80 REM  **  POTENCIA DESDE LA BARRA QUE CONTIENE CONVER
TIDORES ESTATICOS  **
90 REM  ************************************************
************************************************************
100 REM  **  ESTE PROGRAMA CALCULA LOS VALORES EN PU DE
 LAS CORRIENTES INYECTADAS A CADA UNO DE LOS FILTROS  *
*
110 REM  * INSTALADOS EN LA BARRA PROBLEMA E INDICA EL
VALOR DE LA CORRIENTE EN PU A TODO EL SISTEMA DE FILTRO
S *
120 REM  **  LUEGO SE CORRE UN FLUJO DE POTENCIA PREPAR
ADO ESPECIALMENTE PARA EL CASO DE UN SISTEMA DE  **
125 REM  **  POTENCIA EN EL CUAL SE HAN INSTALADO TRAMP
AS PARA LAS SENALES ARMONICAS  **
130 REM  ************************************************
************************************************************
140 GRAPHICS 0
142 FOR I=1 TO 6
144 PRINT
146 NEXT I
150 PRINT TAB(5);"ESCUELA  SUPERIOR  POLITECNICA"
160 FOR I=1 TO 4
162 PRINT
164 NEXT I
170 PRINT TAB(16);"D E L"
180 FOR I=1 TO 4
```

```
182 PRINT
184 NEXT I
190 PRINT TAB(12);"L I T O R A L"
192 FOR I=0 TO 1000
194 NEXT I
195 GRAPHICS 0
230 REM  ************************************************
************************************************************
240 REM  **  SE PROCEDE A LA LECTURA DE LOS DATOS  **
250 REM  ************************************************
************************************************************
260 PRINT
270 PRINT
280 PRINT TAB(11);"DATOS DEL SISTEMA"
290 FOR I=1 TO 3
300 PRINT
310 NEXT I
312 REM  ************************************************
************************************************************
314 REM **  NG= NUMERO DE BARRAS DE GENERACION  **
315 REM **  NL= NUMERO DE LINEAS QUE TIENE EL SISTEMA
**
316 REM **  NTAP = NUMERO DE TRANSFORMADORES QUE TIENEN
 SU TAP FUERA DE SU POSICION NOMINAL  **
318 REM **  NDEV = NUMERO DE ELEMENTOS EN DERIVACION  *
*
320 REM  ************************************************
************************************************************
322 PRINT TAB(4);"NB";:PRINT TAB(10);"NG";:PRINT TAB(16
);"NL";:PRINT TAB(22);"NTAP";:PRINT TAB(30);"NDEV"
330 PRINT TAB(2);"_____________________________________"
340 PRINT TAB(2);:INPUT NB,NG,NL,NTAP,NDEV
350 FOR I=1 TO 4
360 PRINT
370 NEXT I
380 PRINT TAB(12);"MVABASE=";:INPUT MVABASE
390 REM  **  DATOS DE LAS LINEAS DEL SISTEMA DE POTENCI
A  **
400 GRAPHICS 0
410 PRINT
415 PRINT
418 PRINT
420 PRINT TAB(7);"**** DATOS DE LINEAS ****"
430 PRINT
440 PRINT
445 PRINT
450 PRINT "LINEA";:PRINT TAB(8);"BARRA A BARRA";:PRINT
```

```
TAB(26);"R";:PRINT TAB(34);"X"
460 PRINT "_____"
470 FOR I=1 TO NL
480 PRINT TAB(2);I;:PRINT TAB(8);:INPUT LS(I),LR(I),R(I
),X(I)
490 NEXT I
500 GRAPHICS 0
502 PRINT
504 PRINT
506 PRINT
510 PRINT TAB(2);"**  DATOS DE LAS CAPACITANCIAS  **"
520 PRINT TAB(13);"DE LAS LINEAS"
530 PRINT
540 PRINT TAB(4);"LINEA";:PRINT TAB(12);"BARRA A BARRA"
;:PRINT TAB(30);"YD(I)"
550 PRINT TAB(3);"_____"
560 FOR I=1 TO NL
570 PRINT TAB(5);I;:PRINT TAB(13);LS(I);:PRINT TAB(21);
LR(I);:PRINT TAB(27);:INPUT YD(I)
580 NEXT I
590 GRAPHICS 0
595 PRINT
598 PRINT
599 PRINT TAB(4);"BARRA QUE DESEA ANALIZAR; B=";:INPUT
B
600 PRINT
602 PRINT
604 PRINT TAB(4);"MVAR(";:PRINT B;:PRINT ")=";:INPUT MV
AR(B)
605 PRINT
606 PRINT
610 PRINT
612 REM  ************************************************
************************************************************
614 REM  **  DATOS SOBRE LOS BANCOS DE CAPACITORES, REA
CTORES O FILTROS PRESENTES EN EL SISTEMA DE POTENCIA  *
*
616 REM  ************************************************
************************************************************
620 PRINT TAB(3);"PRESENCIA DE FILTROS EN EL SISTEMA"
630 PRINT TAB(3);"_____"
640 PRINT
650 FOR I=1 TO NB
654 IF I=B GO TO 775
655 PRINT TAB(5);"BARRA ";:PRINT I
660 PRINT "YC5(";:PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "XL5(";:PR
```

```
INT I;:PRINT "),";:PRINT "RF5(";:PRINT I;
670 PRINT "),";:INPUT YC5(I),XL5(I),RF5(I)
680 PRINT "YC7(";:PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "XL7(";:PR
INT I;:PRINT "),";:PRINT "RF7(";:PRINT I;
690 PRINT "),";:INPUT YC7(I),XL7(I),RF7(I)
700 PRINT "YC11(";:PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "XL11(";:
PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "RF11(";:PRINT I;
710 PRINT "),";:INPUT YC11(I),XL11(I),RF11(I)
720 PRINT "YC13(";:PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "XL13(";:
PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "RF13(";:PRINT I;
730 PRINT "),";:INPUT YC13(I),XL13(I),RF13(I)
740 PRINT "YC15(";:PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "XL15(";:
PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "RF15(";:PRINT I;
750 PRINT "),";:INPUT YC15(I),XL15(I),RF15(I)
760 PRINT
770 PRINT
775 NEXT I
778 GRAPHICS 0
780 PRINT TAB(3);"FACTORES DE CALIDAD DE LOS FILTROS"
782 PRINT TAB(2);"_____"
784 PRINT
785 PRINT
786 PRINT TAB(10);"Q5= ";:INPUT Q5
788 PRINT TAB(10);"Q7= ";:INPUT Q7
790 PRINT TAB(9);"Q11= ";:INPUT Q11
792 PRINT TAB(9);"Q13= ";:INPUT Q13
794 PRINT TAB(9);"Q15= ";:INPUT Q15
800 PRINT
805 PRINT
810 REM  ************************************************
************************************************************
820 REM  **  COMIENZA EL PROCESO ITERATIVO DEL ESTUDIO
DEL FLUJO DE CORRIENTES ARMONICAS  **
830 REM  ************************************************
************************************************************
840 GRAPHICS 0
850 PRINT
860 PRINT
890 REM  ************************************************
************************************************************
900 REM  **  FORMACION DE LA MATRIZ YBARRA  **
902 REM  ************************************************
************************************************************
904 FOR LL=0 TO 31
906 K2=INT(LL/2)
908 K5=LL-2*K2
```

```
910 K3=INT(K2/2)
912 K7=K2-2*K3
914 K4=INT(K3/2)
916 K11=K3-2*K4
918 K15=INT(K4/2)
920 K13=K4-2*K15
922 N=K5+K7+K11+K13+K15
924 GRAPHICS 0
941 PRINT #7
942 PRINT #7
943 PRINT #7,TAB(24);"*** ANALISIS DE LA BARRA ";B;"***
"
944 PRINT #7
945 PRINT #7,TAB(27);"A L T E R N A T I V A  ";LL
946 PRINT #7,TAB(22);"_____________________________________
__"
947 PRINT #7
948 PRINT #7,TAB(22);" FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA
 "; B
949 PRINT #7
950 PRINT #7,TAB(27);"K5";TAB(32);"K7";TAB(37);"K11";TA
B(43);"K13";TAB(49);"K15"
951 PRINT #7,TAB(27);K5;TAB(32);K7;TAB(38);K11;TAB(44);
K13;TAB(50);K15
952 PRINT #7
953 FOR F=60 TO 1200 STEP 10
954 S=(F-60)/10
955 KK=F/60
956 PRINT
957 PRINT
958 PRINT TAB(11);"FRECUENCIA=";F;"Hz"
960 FOR I=1 TO NB
970 FOR J=1 TO NB
980 YR(I,J)=0
990 YI(I,J)=0
1000 NEXT J
1010 NEXT I
1020 FOR I=1 TO NL
1030 ZM=R(I)^2+(KK*X(I))^2
1040 RL=R(I)/ZM
1050 YL=-KK*X(I)/ZM
1060 L=LS(I)
1070 M=LR(I)
1080 YR(L,L)=YR(L,L)+RL
1090 YR(M,M)=YR(M,M)+RL
1100 YR(L,M)=YR(L,M)-RL
```

```
1110 YR(M,L)=YR(L,M)
1120 YI(L,L)=YI(L,L)+KK*YD(I)+YL
1130 YI(M,M)=YI(M,M)+KK*YD(I)+YL
1140 YI(L,M)=YI(L,M)-YL
1150 YI(M,L)=YI(L,M)
1160 NEXT I
1170 REM  ************************************************
**********************************************************
1180 REM  *MODIFICACIONES EN YBARRA DEBIDO A LA PRESENC
IA DE TRANSFORMADORES CON TAP FUERA DE SU POSICION NOMI
NAL*
1190 REM  ************************************************
**********************************************************
1200 IF NTAP=0 GO TO 1400
1210 REM  ************************************************
**********************************************************
1220 REM  ** IE=BARRA DE SALIDA DEL TRANSFORMADOR **
1230 REM  ** IS=BARRA DE LLEGADA DEL TRANSFORMADOR **
1240 REM  ************************************************
**********************************************************
1250 PRINT
1260 PRINT
1270 PRINT TAB(6);"**TRANSFORMADORES CON TAP**"
1280 PRINT
1290 PRINT TAB(11);"IE";:PRINT TAB(18);"IS";:PRINT TAB(
25);"TAP"
1300 PRINT TAB(9);"_________________________"
1310 FOR I=1 TO NTAP
1320 PRINT TAB(9);:INPUT IE,IS,TAP
1330 YI(IE,IE)=YI(IE,IE)+YI(IE,IS)-YI(IE,IS)/(TAP^2)
1340 YI(IE,IS)=YI(IE,IS)/TAP
1350 YI(IS,IE)=YI(IE,IS)
1360 NEXT I
1370 REM  ************************************************
**********************************************************
1380 REM  ** MODIFICACION DE YBARRA POR LA PRESENCIA DE
 FILTROS EN EL SISTEMA DE POTENCIA A ESTUDIARSE **
1390 REM  ************************************************
**********************************************************
1400 FOR I=1 TO NB
1410 IF I=B GO TO 1582
1420 D5=(1-YC5(I)*XL5(I)*(KK^2))^2+(KK*YC5(I)*RF5(I))^2
1430 YR5(I)=RF5(I)*(KK*YC5(I))^2/D5
1440 YI5(I)=KK*YC5(I)*(1-(KK^2)*YC5(I)*XL5(I))/D5
1450 D7=(1-YC7(I)*XL7(I)*(KK^2))^2+(KK*YC7(I)*RF7(I))^2
1460 YR7(I)=RF7(I)*(KK*YC7(I))^2/D7
```

```
1470 YI7(I)=KK*YC7(I)*(1-(KK^2)*YC7(I)*XL7(I))/D7
1480 D11=(1-YC11(I)*XL11(I)*(KK^2))^2+(KK*YC11(I)*RF11(
I))^2
1490 YR11(I)=RF11(I)*(KK*YC11(I))^2/D11
1500 YI11(I)=KK*YC11(I)*(1-(KK^2)*YC11(I)*XL11(I))/D11
1510 D13=(1-YC13(I)*XL13(I)*(KK^2))^2+(KK*YC13(I)*RF13(
I))^2
1520 YR13(I)=RF13(I)*(KK*YC13(I))^2/D13
1530 YI13(I)=KK*YC13(I)*(1-(KK^2)*YC13(I)*XL13(I))/D13
1540 D15=(1-YC15(I)*XL15(I)*(KK^2))^2+(KK*YC15(I)*RF15(
I))^2
1550 YR13(I)=RF15(I)*(KK*YC15(I))^2/D15
1560 YI15(I)=KK*YC15(I)*(1-(KK^2)*YC15(I)*XL15(I))/D15
1570 YR(I,I)=YR(I,I)+YR5(I)+YR7(I)+YR11(I)+YR13(I)+YR15
(I)
1580 YI(I,I)=YI(I,I)+YI5(I)+YI7(I)+YI11(I)+YI13(I)+YI15
(I)
1582 NEXT I
1583 IF N<>0 GO TO 1588
1584 YC=KK*MVAR(B)/MVABASE
1586 YRFT=0:YIFT=YC
1587 GO TO 1620
1588 YC=MVAR(B)/(MVABASE*N)
1590 IF K5=0 THEN YC5(B)=0:XL5(B)=0:RF5(B)=0
1591 IF K5=1 THEN YC5(B)=YC:XL5(B)=1/(25*YC5(B)):RF5(B)
=XL5(B)/Q5
1592 IF K7=0 THEN YC7(B)=0:XL7(B)=0:RF7(B)=0
1593 IF K7=1 THEN YC7(B)=YC:XL7(B)=1/(49*YC7(B)):RF7(B)
=XL7(B)/Q7
1594 IF K11=0 THEN YC11(B)=0:XL11(B)=0:RF11(B)=0
1595 IF K11=1 THEN YC11(B)=YC:XL11(B)=1/(121*YC11(B)):R
F11(B)=XL11(B)/Q11
1596 IF K13=0 THEN YC13(B)=0:XL13(B)=0:RF13(B)=0
1597 IF K13=1 THEN YC13(B)=YC:XL13(B)=1/(169*YC13(B)):R
F13(B)=XL13(B)/Q13
1598 IF K15=0 THEN YC15(B)=0:XL15(B)=0:RF15(B)=0
1599 IF K15=1 THEN YC15(B)=YC:XL15(B)=1/(225*YC15(B)):R
F15(B)=XL15(B)/Q15
1600 DF5=(1-(KK^2)*YC5(B)*XL5(B))^2+(KK*YC5(B)*RF5(B))^
2
1601 DF7=(1-(KK^2)*YC7(B)*XL7(B))^2+(KK*YC7(B)*RF7(B))^
2
1602 DF11=(1-(KK^2)*YC11(B)*XL11(B))^2+(KK*YC11(B)*RF11
(B))^2
1603 DF13=(1-(KK^2)*YC13(B)*XL13(B))^2+(KK*YC13(B)*RF13
(B))^2
```

```
1604 DF15=(1-(KK^2)*YC15(B)*XL15(B))^2+(KK*YC15(B)*RF15
(B))^2
1605 YRF5=(RF5(B)*(KK*YC5(B))^2)/DF5
1606 YRF7=(RF7(B)*(KK*YC7(B))^2)/DF7
1607 YRF11=(RF11(B)*(KK*YC11(B))^2)/DF11
1608 YRF13=(RF13(B)*(KK*YC13(B))^2)/DF13
1609 YRF15=(RF15(B)*(KK*YC15(B))^2)/DF15
1610 YIF5=KK*YC5(B)*(1-(KK^2)*YC5(B)*XL5(B))/DF5
1611 YIF7=KK*YC7(B)*(1-(KK^2)*YC7(B)*XL7(B))/DF7
1612 YIF11=KK*YC11(B)*(1-(KK^2)*YC11(B)*XL11(B))/DF11
1613 YIF13=KK*YC13(B)*(1-(KK^2)*YC13(B)*XL13(B))/DF13
1614 YIF15=KK*YC15(B)*(1-(KK^2)*YC15(B)*XL15(B))/DF15
1615 YRFT=YRF5+YRF7+YRF11+YRF13+YRF15
1616 YIFT=YIF5+YIF7+YIF11+YIF13+YIF15
1617 PRINT YRFT;YIFT
1620 REM  ************************************************
************************************************************
1625 REM  **  INVERSION DE LA MATRIZ YBARRA  **
1630 REM  **  OBTENCION DE LA IMPEDANCIA EQUIVALENTE DE
SDE LA BARRA A ANALIZAR SU ESPECTRO DE ARMONICAS  **
1640 REM  ************************************************
************************************************************
1642 PRINT
1643 PRINT
1644 PRINT TAB(7);"M A T R I Z    Y B A R R A"
1646 PRINT
1647 PRINT TAB(3);"I";:PRINT TAB(7);"J";:PRINT TAB(15);
"YR(I,J)";:PRINT TAB(28);"YI(I,J)"
1648 PRINT TAB(2);"_____________________________________
"
1650 FOR I=1 TO NB
1651 FOR J=1 TO NB
1652 PRINT TAB(2);I;:PRINT TAB(6);J;:PRINT TAB(13);YR(I
,J);:PRINT TAB(26);YI(I,J)
1653 NEXT J
1654 NEXT I
1658 FOR J=1 TO NB
1660 FOR I=1 TO NB
1670 ZR(J,I)=0
1680 ZI(J,I)=0
1690 NEXT I
1700 ZR(J,J)=1
1710 ZI(J,J)=0
1720 NEXT J
1730 FOR J=1 TO NB
1740 FOR I=J TO NB
```

```
1750 IF (YR(I,J)^2+YI(I,J)^2)<>0 THEN 1790
1760 NEXT I
1770 PRINT TAB(5);"M A T R I Z    S I N G U L A R"
1780 STOP
1790 FOR K=1 TO NB
1800 S1=YR(J,K)
1810 S2=YI(J,K)
1820 YR(J,K)=YR(I,K)
1830 YI(J,K)=YI(I,K)
1840 YR(I,K)=S1
1850 YI(I,K)=S2
1860 S1=ZR(J,K)
1870 S2=ZI(J,K)
1880 ZR(J,K)=ZR(I,K)
1890 ZI(J,K)=ZI(I,K)
1900 ZR(I,K)=S1
1910 ZI(I,K)=S2
1920 NEXT K
1930 D=YR(J,J)^2+YI(J,J)^2
1940 T1=YR(J,J)/D
1950 T2=-YI(J,J)/D
1960 FOR K=1 TO NB
1970 PRY=T1*YR(J,K)-T2*YI(J,K)
1980 PIY=T1*YI(J,K)+T2*YR(J,K)
1990 YR(J,K)=PRY
2000 YI(J,K)=PIY
2010 PRZ=T1*ZR(J,K)-T2*ZI(J,K)
2020 PIZ=T1*ZI(J,K)+T2*ZR(J,K)
2030 ZR(J,K)=PRZ
2040 ZI(J,K)=PIZ
2050 NEXT K
2060 FOR L=1 TO NB
2070 IF L=J THEN 2200
2080 T1=-YR(L,J)
2090 T2=-YI(L,J)
2100 FOR K=1 TO NB
2110 PRY=T1*YR(J,K)-T2*YI(J,K)
2120 PIY=T2*YR(J,K)+T2*YI(J,K)
2122 IF ABS(PRY)<1E-06 THEN PRY=0
2124 IF ABS(PIY)<1E-06 THEN PIY=0
2130 YR(L,K)=YR(L,K)+PRY
2140 YI(L,K)=YI(L,K)+PIY
2142 IF ABS(YR(L,K))<1E-06 THEN YR(L,K)=0
2144 IF ABS(YI(L,K))<1E-06 THEN YI(L,K)=0
2150 PRZ=T1*ZR(J,K)-T2*ZI(J,K)
2160 PIZ=T2*ZR(J,K)+T1*ZI(J,K)
```

```
2170 ZR(L,K)=ZR(L,K)+PRZ
2180 ZI(L,K)=ZI(L,K)+PIZ
2190 NEXT K
2200 NEXT L
2210 NEXT J
2211 GRAPHICS 0
2212 PRINT
2214 PRINT
2216 PRINT TAB(11);"FRECUENCIA=";F;"Hz"
2218 PRINT
2220 PRINT
2222 PRINT TAB(7);"M A T R I Z    Z B A R R A"
2224 PRINT
2225 PRINT TAB(3);"I";:PRINT TAB(7);"J";:PRINT TAB(15);
"ZR(I,J)";:PRINT TAB(28);"ZI(I,J)"
2226 PRINT TAB(2);"_____________________________________
"
2227 FOR I=1 TO NB
2228 FOR J=1 TO NB
2229 PRINT TAB(2);I;:PRINT TAB(6);J;:PRINT TAB(13);ZR(I
,J);:PRINT TAB(26);ZI(I,J)
2230 NEXT J
2232 NEXT I
2234 REM  ************************************************
**************************************************
2235 REM  **  OBTENCION DE LA CORRIENTE EN P.U. QUE SE
INYECTA AL SISTEMA DE POTENCIA A ESTUDIARSE  **
2236 REM  ************************************************
**************************************************
2240 DFS=YRFT^2+YIFT^2
2250 RO=(DFS+YRFT*ZR(B,B)+YIFT*ZI(B,B)/DFS
2260 XO=(YRFT*ZI(B,B)-YIFT*ZR(B,B)/DFS
2270 DFSS=RO^2+XO^2:ROS=RO/DFSS:XOS=-XO/DFSS
2280 RHOS(LL,S)=SQR(ROS^2+XOS^2):ANGS(LL,S)=P*(ATN(XOS/
ROS))
2300 REM  ************************************************
**************************************************
2310 REM  **  OBTENCION DE LA CORRIENTE EN P.U. QUE SE
INYECTA AL CONJUNTO DE FILTROS CONECTADOS A LA BARRA B
 **
2320 REM  ************************************************
**************************************************
2330 ROF=1-ROS
2340 XOF=-XOS
2350 RHOF(LL,S)=SQR(ROF^2+XOF^2)
2360 ANGF(LL,S)=P*(ATN(XOF/ROF))
```

```
2370 IF K5<>0 GO TO 2380
2375 RHO5(LL,S)=0:ANG5(LL,S)=0
2378 GO TO 2470
2379 REM  ************************************************
**********************************************************
2380 REM  *****   CORRIENTE INYECTADA AL FILTRO DE QUIN
TO ORDEN   *****
2385 REM  ************************************************
**********************************************************
2390 YRE=YRFT-YRF5:YIE=YIFT-YIF5
2400 YRS=ZR(B,B)/(ZR(B,B)^2+ZI(B,B)^2):YIS=-ZI(B,B)/(ZR
(B,B)^2+ZI(B,B)^2)
2410 YRSE=YRE+YRS:YISE=YIE+YIS
2420 DFS=YRF5^2+YIF5^2
2430 R5=(DFS+YRSE*YRF5+YISE*YIF5)/DFS:X5=(YISE*YRF5-YRS
E*YIF5)/DFS:DFSS=R5^2+X5^2
2440 RO5=R5/DFSS:XO5=-X5/DFSS
2450 RHO5(LL,S)=SQR(RO5^2+XO5^2)
2460 ANG5(LL,S)=P*(ATN(XO5/RO5))
2470 IF K7<>0 GO TO 2490
2480 RHO7(LL,S)=0:ANG7(LL,S)=0
2485 GO TO 2560
2486 REM  ************************************************
**********************************************************
2490 REM  *****   CORRIENTE INYECTADA AL FILTRO DE SEPT
IMO ORDEN   *****
2492 YRE=YRFT-YRF7:YIE=YIFT-YIF7
2494 YRS=ZR(B,B)/(ZR(B,B)^2+ZI(B,B)^2):YIS=-ZI(B,B)/(ZR
(B,B)^2+ZI(B,B)^2)
2495 REM  ************************************************
**********************************************************
2500 YRSE=YRE+YRS:YISE=YIE+YIS
2510 DFS=YRF7^2+YIF7^2
2520 R7=(DFS+YRSE*YRF7+YISE*YIF7)/DFS:X7=(YISE*YRF7-YRS
E*YIF7)/DFS:DFSS=R7^2+X7^2
2530 RO7=R7/DFSS:XO7=-X7/DFSS
2540 RHO7(LL,S)=SQR(RO7^2+XO7^2)
2550 ANG7(LL,S)=P*(ATN(XO7/RO7))
2560 IF K11<>0 GO TO 2590
2570 RHO11(LL,S)=0:ANG11(LL,S)=0
2580 GO TO 2680
2585 REM  ************************************************
**********************************************************
2590 REM  *****   CORRIENTE INYECTADA AL FILTRO DE DECI
MO PRIMER ORDEN   *****
2595 REM  ************************************************
```

```
**********************************************************
2600 YRE=YRFT-YRF11:YIE=YIFT-YIF11
2610 YRS=ZR(B,B)/(ZR(B,B)^2+ZI(B,B)^2):YIS=-ZI(B,B)/(ZR
(B,B)^2+ZI(B,B)^2)
2620 YRSE=YRE+YRS:YISE=YIE+YIS
2630 DFS=YRF11^2+YIF11^2
2640 R11=(DFS+YRSE*YRF11+YISE*YIF11)/DFS:X11=(YISE*YRF1
1-YRSE*YIF11)/DFS:DFSS=R11^2+X11^2
2650 RO11=R11/DFSS:XO11=-X11/DFSS
2660 RHO11(LL,S)=SQR(RO11^2+XO11^2)
2670 ANG11(LL,S)=P*(ATN(XO11/RO11))
2680 IF K13<>0 GO TO 2710
2690 RHO13(LL,S)=0:ANG13(LL,S)=0
2700 GO TO 2800
2705 REM  ***********************************************
**********************************************************
2710 REM  *****   CORRIENTE INYECTADA AL FILTRO DE DECI
MO TERCER ORDEN   *****
2715 REM  ***********************************************
**********************************************************
2720 YRE=YRFT-YRF13:YIE=YIFT-YIF13
2730 YRS=ZR(B,B)/(ZR(B,B)^2+ZI(B,B)^2):YIS=-ZI(B,B)/(ZR
(B,B)^2+ZI(B,B)^2)
2740 YRSE=YRE+YRS:YISE=YIE+YIS
2750 DFS=YRF13^2+YIF13^2
2760 R13=(DFS+YRSE*YRF13+YISE*YIF13)/DFS:X13=(YISE*YRF1
3-YRSE*YIF13)/DFS:DFSS=R13^2+X13^2
2770 RO13=R13/DFSS:XO13=-X13/DFSS
2780 RHO13(LL,S)=SQR(RO13^2+XO13^2)
2790 ANG13(LL,S)=P*(ATN(XO13/RO13))
2800 IF K15<>0 GO TO 2830
2810 RHO15(LL,S)=0:ANG15(LL,S)=0
2820 GO TO 2920
2825 REM  ***********************************************
**********************************************************
2830 REM  *****   CORRIENTE INYECTADA AL FILTRO DE DECI
MO QUINTO ORDEN   *****
2835 REM  ***********************************************
**********************************************************
2840 YRE=YRFT-YRF15:YIE=YIFT-YIF15
2850 YRS=ZR(B,B)/(ZR(B,B)^2+ZI(B,B)^2):YIS=-ZI(B,B)/(ZR
(B,B)^2+ZI(B,B)^2)
2860 YRSE=YRE+YRS:YISE=YIE+YIS
2870 DFS=YRF15^2+YIF15^2
2880 R15=(DFS+YRSE*YRF15+YISE*YIF15)/DFS:X15=(YISE*YRF1
5-YRSE*YIF15)/DFS:DFSS=R15^2+X15^2
```

```
2890 RO15=R15/DFSS:XO15=-X15/DFSS
2900 RHO15(LL,S)=SQR(RO15^2+XO15^2)
2910 ANG15(LL,S)=P*(ATN(XO15/RO15))
2920 NEXT F
2930 NEXT LL
3000 REM  ************************************************
**********************************************************
3010 REM  *****  FIN DEL PROCESO ITERATIVO  *****
3015 REM  *****  R E S U L T A D O S  *****
3020 REM  ************************************************
**********************************************************
3030 PRINT #7
3040 PRINT #7
3042 PRINT #7,TAB(22);"A  L  T  E  R  N  A  T  I  V  A
   ";LL
3043 PRINT #7
3044 PRINT #7
3045 PRINT #7
3046 PRINT #7,TAB(11);"F(Hz)";TAB(22);"RHOS(PU)";TAB(36
);"ANGS(GR)";TAB(50);"RHOF(PU)";TAB(64);"ANGF(GR)"
3048 PRINT #7,TAB(7);"_____________________________________
_____________________________________"
3050 PRINT #7
3060 FOR LL=0 TO 31
3070 FOR S=0 TO 114
3080 PRINT #7,TAB(11);F;TAB(20);RHOS(LL,S);TAB(34);ANGS
(LL,S);TAB(48);RHOF(LL,S);TAB(62);ANGF(LL,S)
3090 NEXT S
3100 NEXT LL
3200 STOP
```

A N E X O 3

PROGRAMA GENERAL QUE PERMITE OBTENER:

1. EL FLUJO DE CARGA DE UN SISTEMA DE POTENCIA EN EL QUE SE CONSIDERA LA PRESENCIA DE FILTROS DE LAS SEÑALES DE ARMONICAS, SE LO HACE EN BASE DEL FLUJO DE CARGA DE NEWTON-RAPHSON.

```
2 OPEN #7,"P:"
4 INPUT LL
5 PRINT #7,TAB(27);"A L T E R N A T I V A  ";LL
6 INPUT DECI
7 IF DECI<>1 THEN STOP
20 GRAPHICS 0
30 DIM LS(20),LR(20),R(20),X(20),YD(20),PG(20),QG(20),P
C(20),QC(20),PB(20),QB(20),VS(20)
40 DIM THFG(20),IT(20),P(20),Q(20),V(20),THETA(20),DPQ(
20),YR(20,20),YI(20,20),D(20),AJ(30,30)
50 REM  ************************************************
************************************************
60 REM  **  ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL  *
*
70 REM  ************************************************
************************************************
80 REM  **  FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA  **
90 REM  ************************************************
************************************************
100 REM  **  FLUJO DE CARGA CONSIDERANDO LA PRESENCIA D
E FILTROS DE ARMONICAS EN LOS SISTEMAS DE POTENCIA  **
110 REM  **  UTILIZA EL METODO DE NEWTON RAPHSON  **
120 REM  ************************************************
************************************************
130 GRAPHICS 0
135 FOR I=1 TO 6
140 PRINT
142 NEXT I
150 PRINT TAB(5);"ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA"
160 FOR I=1 TO 4
165 PRINT
170 NEXT I
175 PRINT TAB(16);"D E L"
180 FOR I=1 TO 4
185 PRINT
186 NEXT I
188 PRINT TAB(12);"L I T O R A L"
190 FOR I=0 TO 1000
192 NEXT I
195 GRAPHICS 0
196 PRINT
198 PRINT
200 REM  ************************************************
************************************************
```

```
210 REM     SE HARA LA LECTURA DE LOS DATOS DE ENTRADA
220 REM  ************************************************
**************************************************************
225 PRINT TAB(11);"DATOS DEL SISTEMA"
228 PRINT
229 PRINT
230 PRINT "NB";:PRINT TAB(6);"NG";:PRINT TAB(11);"NL";:
PRINT TAB(16);"NTAP";:PRINT TAB(24);"NDEV";
235 PRINT TAB(32) "TOLERA"
240 PRINT "_____________________________________________"
250 PRINT
260 INPUT NB,NG,NL,NTAP,NDEV,TOLERA
270 PRINT
280 PRINT
290 PRINT TAB(15);"MVABASE=";:INPUT MVABASE
300 PRINT TAB(12);"FRECUENCIA=";:INPUT FRECUENCIA
310 PRINT
320 PRINT
325 PRINT TAB(5);"EL TIPO DE BARRA CON 1 SE REPRESENTA
UNA BARRA DE CARGA"
326 PRINT TAB(5);"Y CON 0 SE REPRESENTA UNA BARRA DE GE
NERACION O COMPENSADOR"
328 PRINT
329 PRINT
330 PRINT TAB(10);"BARRA";:PRINT TAB(20);"TIPO DE BARRA
"
335 PRINT TAB(9);"_____________________________"
340 FOR I=1 TO NB
350 PRINT TAB(11);I;:PRINT TAB(23);:INPUT IT(I)
360 NEXT I
370 REM *****LECTURA DE DATOS DE LINEAS DEL SISTEMA****
*
380 PRINT
390 PRINT
400 PRINT TAB(6);"**** DATOS DE LINEAS ****"
402 PRINT
405 PRINT
410 PRINT "LINEA";:PRINT TAB(8);"BARRA A BARRA";:PRINT
TAB(26);"R";:PRINT TAB(34);"X"
420 PRINT "_____________________________________________"
430 FOR I=1 TO NL
440 PRINT TAB(2);I;:PRINT TAB(8);:INPUT LS(I),LR(I),R(I
),X(I)
450 NEXT I
460 PRINT
470 PRINT
```

```
475 PRINT TAB(15);"DATOS DE LAS"
480 PRINT TAB(4);"*** ADMITANCIAS EN DERIVACION ***"
485 PRINT
490 PRINT TAB(4);"LINEA";:PRINT TAB(12);"BARRA A BARRA"
;:PRINT TAB(30);"YD(I)"
495 PRINT TAB(4);"_____"
500 FOR I=1 TO NL
510 PRINT TAB(5);I;:PRINT TAB(13);LS(I);:PRINT TAB(21);
LR(I);:PRINT TAB(27);:INPUT YD(I)
520 NEXT I
530 PRINT
540 PRINT
550 PRINT
560 PRINT "** DATOS DE POTENCIAS EN CADA BARRA **"
565 PRINT TAB(10)"GENERACION";:PRINT TAB(28);"CARGA"
570 PRINT "BARRA";:PRINT TAB(9);"PG(I)";:PRINT TAB(16);
"QG(I)";:PRINT TAB(25);"PC(I)";:PRINT TAB(32);"QC(I)"
580 PRINT "_____"
590 FOR I=1 TO NB
600 PRINT TAB(3);I;:PRINT TAB(6);:INPUT PG(I),QG(I),PC(
I),QC(I)
610 NEXT I
620 PRINT
630 PRINT
640 PRINT TAB(4);"** DATOS DE VOLTAJES DE BARRA **"
645 PRINT
660 PRINT TAB(11);"I";:PRINT TAB(22);"VS(I)
670 PRINT TAB(9);"_____"
680 FOR I=1 TO NG
690 PRINT TAB(10);I;:PRINT TAB(19);:INPUT VS(I)
700 NEXT I
710 REM  ************************************************
************************************************************
720 REM  ** FORMACION  DE  YBARRA **
730 REM  ************************************************
************************************************************
740 FOR I=1 TO NB
750 FOR J=1 TO NB
760 YR(I,J)=0
770 YI(I,J)=0
780 NEXT J
790 NEXT I
800 FOR I=1 TO NL
810 ZM=R(I)^2+X(I)^2
820 RL=R(I)/ZM
```

```
830 YL=-X(I)/ZM
840 L=LS(I)
850 M=LR(I)
860 YR(L,L)=YR(L,L)+RL
870 YR(M,M)=YR(M,M)+RL
880 YR(L,M)=YR(L,M)-RL
890 YR(M,L)=YR(L,M)
900 YI(L,L)=YI(L,L)+YD(I)+YL
910 YI(M,M)=YI(M,M)+YD(I)+YL
920 YI(L,M)=YI(L,M)-YL
930 YI(M,L)=YI(L,M)
940 NEXT I
950 REM  ************************************************
************************************************************
960 REM  * MODIFICACIONES EN YBARRA DEBIDO A LA PRESENC
IA DE TRANSFORMADORES CON TAP FUERA DE SU POSICION NOMI
NAL*
970 REM  ** SI NO EXISTIERAN, SE ANALIZARA LA PRESENCIA
 DE ELEMENTOS EN DERIVACION **
980 REM  ************************************************
************************************************************
990 IF NTAP=0 GO TO 1121
1000 REM ************************************************
************************************************************
1010 REM ** IE=NODO DE SALIDA DEL TRANSFORMADOR **
1020 REM ** IS=NODO DE LLEGADA DEL TRANSFORMADOR **
1022 PRINT
1025 PRINT
1030 PRINT TAB(6);"**TRANSFORMADORES CON TAP**"
1035 PRINT
1040 PRINT TAB(11);"IE";:PRINT TAB(18);"IS";:PRINT TAB(
25);"TAP"
1050 PRINT TAB(9);"_____"
1070 FOR I=1 TO NTAP
1080 PRINT TAB(9);:INPUT IE,IS,TAP
1090 YI(IE,IE)=YI(IE,IE)+YI(IE,IS)-YI(IE,IS)/(TAP^2)
1100 YI(IE,IS)=YI(IE,IS)/TAP
1110 YI(IS,IE)=YI(IE,IS)
1120 NEXT I
1121 REM  ************************************************
************************************************************
1122 REM  **  DATOS SOBRE FILTROS DE ARMONICAS PRESENTE
S EN EL SISTEMA DE POTENCIA A ESTUDIARSE  **
1123 REM  ************************************************
************************************************************
1124 GRAPHICS 0
```

```
1125 PRINT
1126 PRINT
1127 PRINT TAB(3);"PRESENCIA DE FILTROS EN EL SISTEMA"
1128 PRINT TAB(3);"_____________________________________"
1129 PRINT
1130 FOR I=1 TO NB
1132 PRINT TAB(5);"BARRA ";:PRINT I
1134 PRINT "YC5(";:PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "XL5(";:P
RINT I;:PRINT "),";:PRINT "RF5(";:PRINT I;
1135 PRINT ")=";:INPUT YC5(I),XL5(I),RF5(I)
1136 PRINT "YC7(";:PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "XL7(";:P
RINT I;:PRINT "),";:PRINT "RF7(";:PRINT I;
1137 PRINT ")=";:INPUT YC7(I),XL7(I),RF7(I)
1138 PRINT "YC11(";:PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "XL11(";
:PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "RF11(";:PRINT I;
1139 PRINT ")=";:INPUT YC11(I),XL11(I),RF11(I)
1140 PRINT "YC13(";:PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "XL13(";
:PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "RF13(";:PRINT I;
1141 PRINT ")=";:INPUT YC13(I),XL13(I),RF13(I)
1142 PRINT "YC15(";:PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "XL15(";
:PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "RF15(";:PRINT I;
1143 PRINT ")=";:INPUT YC15(I),XL15(I),RF15(I)
1144 PRINT "YCO1(";:PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "XLO1(";
:PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "RFO1(";:PRINT I;
1145 PRINT ")=";:INPUT YCO1(I),XLO1(I),RFO1(I)
1146 PRINT "YCO2(";:PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "XLO2(";
:PRINT I;:PRINT "),";:PRINT "RFO2(";:PRINT I;
1147 PRINT ")=";:INPUT YCO2(I),XLO2(I),RFO2(I)
1148 PRINT
1149 PRINT
1150 NEXT I
1152 GRAPHICS 0
1154 REM  ************************************************
************************************************
1155 REM  ** SE INVESTIGAN LOS ELEMENTOS EN DERIVACION
**
1156 REM  ************************************************
************************************************
1160 IF NDEV=0 GO TO 1230
1170 REM  ** IN=NODO AL QUE SE ENCUENTRA CONECTADO EL E
LEMENTO EN DERIVACION **
1180 REM  ** REA=VALOR DEL ELEMENTO EN DERIVACION **
1185 PRINT
1188 PRINT
1190 FOR I=1 TO 10
1192 PRINT TAB(10);"BARRA ";I;" ";
```

```
1200 INPUT REA
1210 YI(IN,IN)=YI(IN,IN)+REA
1220 NEXT I
1230 REM  ************************************************
************************************************************
1240 REM  ** MODIFICACION DE YBARRA POR LA PRESENCIA DE
 FILTROS EN EL SISTEMA DE POTENCIA A ESTUDIARSE  **
1242 REM  ************************************************
************************************************************
1243 FOR I=1 TO NB
1244 D5=(1-YC5(I)*XL5(I))^2+(YC5(I)*RF5(I))^2
1245 YR5(I)=RF5(I)*(YC5(I)^2)/D5
1246 YI5(I)=YC5(I)*(1-YC5(I)*XL5(I))/D5
1247 D7=(1-YC7(I)*XL7(I))^2+(YC7(I)*RF7(I))^2
1248 YR7(I)=RF7(I)*(YC7(I)^2)/D7
1249 YI7(I)=YC7(I)*(1-YC7(I)*XL7(I))/D7
1250 D11=(1-YC11(I)*XL11(I))^2+(YC11(I)*RF11(I))^2
1251 YR11(I)=RF11(I)*(YC11(I)^2)/D11
1252 YI11(I)=YC11(I)*(1-YC11(I)*XL11(I))/D11
1253 D13=(1-YC13(I)*XL13(I))^2+(YC13(I)*RF13(I))^2
1254 YR13(I)=RF13(I)*(YC13(I)^2)/D13
1255 YI13(I)=YC13(I)*(1-YC13(I)*XL13(I))/D13
1256 D15=(1-YC15(I)*XL15(I))^2+(YC15(I)*RF15(I))^2
1257 YR15(I)=RF15(I)*(YC15(I)^2)/D15
1258 YI15(I)=YC15(I)*(1-YC15(I)*XL15(I))/D15
1259 DO1=(1-YCO1(I)*XLO1(I))^2+(YCO1(I)*RFO1(I))^2
1260 YRO1(I)=RFO1(I)*(YCO1(I)^2)/DO1
1261 YIO1(I)=YCO1(I)*(1-YCO1(I)*XLO1(I))/DO1
1262 DO2=(1-YCO2(I)*XLO2(I))^2+(YCO2(I)*RFO2(I))^2
1263 YRO2(I)=RFO2(I)*(YCO2(I)^2)/DO2
1264 YIO2(I)=YCO2(I)*(1-YCO2(I)*XLO2(I))/DO2
1265 YR(I,I)=YR(I,I)+YR5(I)+YR7(I)+YR11(I)+YR13(I)+YR15
(I)+YRO1(I)+YRO2(I)
1266 YI(I,I)=YI(I,I)+YI5(I)+YI7(I)+YI11(I)+YI13(I)+YI15
(I)+YIO1(I)+YIO2(I)
1267 NEXT I
1268 REM  ************************************************
************************************************************
1269 REM  **  MATRIZ  YBARRA **
1270 REM  ************************************************
************************************************************
1272 PRINT
1280 PRINT
1290 PRINT TAB(9);"*** MATRIZ  YBARRA ***"
1295 PRINT
1297 PRINT TAB(4);"I";:PRINT TAB(8);"J";:PRINT TAB(14);
```

```
"YR(I,J)";:PRINT TAB(25);"YI(I,J)"
1298 PRINT TAB(2);"_____"
1300 FOR I=1 TO NB
1310 FOR J=1 TO NB
1320 PRINT TAB(4);I;:PRINT TAB(8);J;:PRINT TAB(14);YR(I
,J);:PRINT TAB(25);YI(I,J)
1340 NEXT J
1350 NEXT I
1352 REM  ************************************************
************************************************************
1354 REM  **  CALCULO DE POTENCIAS INICIALES NETAS EN B
ASE A DATOS LEIDOS  **
1355 REM  **  ASIGNACION DE VALORES DE VOLTAJES  **
1356 REM  ************************************************
************************************************************
1360 M=0
1370 FOR I=1 TO NB
1380 P(I)=(PG(I)-PC(I))/MVABASE
1390 Q(I)=(QG(I)-QC(I))/MVABASE
1400 PC(I)=PC(I)/MVABASE
1410 QC(I)=QC(I)/MVABASE
1420 REM  ** FIJAR LOS ANGULOS DE LOS VOLTAJES COMO CER
O **
1430 THETA(I)=0
1440 REM  ** SI ES LA BARRA COMPENSADORA, SE ANALIZA LA
 SIGUIENTE, SE FIJA EL ANGULO EN CERO **
1450 IF IT(I)=0 GO TO 1490
1460 REM  ** SI NO SE ASIGNA VOLTAJE UNITARIO **
1470 V(I)=1.0
1480 GO TO 1510
1490 M=M+1
1500 V(I)=VS(M)
1510 NEXT I
1512 FOR I=2 TO NB
1514 V(I)=1.0
1515 NEXT I
1520 REM ************************************************
************************************************************
1530 REM ** CALCULO DE LAS POTENCIAS INICIALES **
1540 REM ************************************************
************************************************************
1550 FOR K=2 TO NB
1555 C=0
1558 D=0
1560 FOR J=1 TO NB
```

```
1570 C=C+V(J)*(YR(K,J)*COS(THETA(J))-YI(K,J)*SIN(THETA(
J)))
1580 D=D+V(J)*(YR(K,J)*SIN(THETA(J))+YI(K,J)*COS(THETA(
J)))
1590 NEXT J
1600 SUMP=V(K)*(C*COS(THETA(K))+D*SIN(THETA(K)))
1610 SUMQ=V(K)*(C*SIN(THETA(K))-D*COS(THETA(K)))
1620 REM ** CALCULO DE DESVIACIONES DE POTENCIAS **
1630 DPQ(K-1)=P(K)-SUMP
1640 DPQ(K+NB-2)=Q(K)-SUMQ
1650 PRINT K;SUMP;SUMQ;DPQ(K-1);DPQ(K+NB-2)
1660 NEXT K
1680 MN=2*(NB-1)
1685 DVMAX=0
1690 FOR I=1 TO MN
1700 DESV=ABS(DPQ(I))
1710 IF DESV>DVMAX THEN DVMAX=DESV
1720 NEXT I
1730 PRINT "DESV. MAXIMA= ";DVMAX
1740 REM ************************************************
************************************************************
1750 REM ** SUBRUTINA JACOB **
1760 REM ************************************************
************************************************************
1770 REM ** SE INICIA EL PROCESO ITERATIVO **
1780 ITER=0
1790 REM ** ORDEN DEL JACOBIANO **
1800 FOR I=1 TO MN
1810 FOR J=1 TO MN
1820 AJ(I,J)=0
1830 NEXT J
1840 NEXT I
1850 REM ** COMIENZAN LOS CALCULOS PARA FORMAR EL JACOB
IANO **
1860 FOR K=2 TO NB
1870 REM ** CALCULO DE J1 Y J4 (DP) **
1880 FOR J=1 TO NB
1890 IF J=K GO TO 1970
1900 I=K-1
1910 L=I+NB-1
1920 AJ(I,I)=AJ(I,I)+V(J)*(YR(K,J)*COS(THETA(J))-YI(K,J
)*SIN(THETA(J)))
1930 AJ(L,L)=AJ(I,I)
1940 REM ** CALCULO DE J2 Y J3 (DP)**
1950 AJ(I,L)=AJ(I,L)+V(J)*(YR(K,J)*SIN(THETA(J))+YI(K,J
)*COS(THETA(J)))
```

```
1960 AJ(L,I)=-AJ(I,L)
1970 NEXT J
1980 FOR J=2 TO NB
1990 IF J=K GO TO 2060
2000 REM **CALCULO DE J1 Y J4 (NDP)**
2010 AJ(I,J-1)=AJ(I,J-1)+V(K)*(YR(K,J)*COS(THETA(K))+YI
(K,J)*SIN(THETA(K)))
2020 AJ(L,J+NB-2)=-AJ(I,J-1)
2030 REM **CALCULO DE J2 Y J3 (NDP)**
2040 AJ(I,J+NB-2)=AJ(I,J+NB-2)+V(K)*(YR(K,J)*SIN(THETA(
K))-YI(K,J)*COS(THETA(K)))
2050 AJ(K+NB-2,J-1)=AJ(I,J+NB-2)
2060 NEXT J
2070 REM **CONTINUACION DE CALCULOS PARA J1 Y J4 (DP)**
2080 AJ(I,I)=AJ(I,I)+2*V(K)*YR(K,K)*COS(THETA(K))
2090 AJ(L,L)=AJ(L,L)-2*V(K)*YI(K,K)*SIN(THETA(K))
2100 REM **CONTINUACION DE CALCULOS PARA J2 Y J3 (DP)**
2110 AJ(I,L)=AJ(I,L)+2*V(K)*YR(K,K)*SIN(THETA(K))
2120 AJ(L,I)=AJ(L,I)-2*V(K)*YI(K,K)*COS(THETA(K))
2130 NEXT K
2135 PRINT
2138 PRINT
2140 PRINT TAB(5);"** JACOBIANO  DEL  SISTEMA **"
2142 PRINT
2144 PRINT TAB(6);"I";:PRINT TAB(12);"J";:PRINT TAB(24)
;"AJ(I,J)"
2146 PRINT TAB(3);"_____________________________________"
2150 PRINT
2160 FOR I=1 TO MN
2170 FOR J=1 TO MN
2180 PRINT TAB(5);I;:PRINT TAB(11);J;:PRINT TAB(23);AJ(
I,J)
2190 NEXT J
2200 NEXT I
2210 REM ************************************************
************************************************
2220 REM ** SOLUCION DE UN SISTEMA DE ECUACIONES SIMULT
ANEAS **
2230 REM ************************************************
************************************************
2235 REM ** TERMINOS INDEPENDIENTES **
2240 FOR I=1 TO MN
2250 AJ(I,MN+1)=DPQ(I)
2260 NEXT I
2270 FOR J=1 TO MN
2280 FOR I=J TO MN
```

```
2290 IF AJ(I,J)<>0 THEN 2340
2300 NEXT I
2310 PRINT
2320 PRINT TAB(4);"EL SISTEMA NO TIENE SOLUCION UNICA"
2330 GO TO 2570
2340 FOR K=1 TO MN+1
2350 X=AJ(J,K)
2360 AJ(J,K)=AJ(I,K)
2370 AJ(I,K)=X
2380 NEXT K
2390 Y=1/AJ(J,J)
2400 FOR K=1 TO MN+1
2410 AJ(J,K)=Y*AJ(J,K)
2420 NEXT K
2430 FOR I=1 TO MN
2440 IF I=J THEN 2490
2450 Y=-AJ(I,J)
2460 FOR K=1 TO MN+1
2470 AJ(I,K)=AJ(I,K)+Y*AJ(J,K)
2480 NEXT K
2490 NEXT I
2500 NEXT J
2510 PRINT
2520 PRINT "SOLUCION DE LAS ECUACIONES"
2530 FOR I=1 TO MN
2540 D(I)=AJ(I,MN+1)
2550 PRINT I,D(I)
2560 NEXT I
2570 REM ************************************************
************************************************************
2580 REM ** CALCULO DE LOS NUEVOS VOLTAJES, ANGULOS Y L
AS NUEVAS POTENCIAS **
2590 REM ************************************************
************************************************************
2600 FOR I=2 TO NB
2610 A=V(I)*COS(THETA(I))+D(I-1)
2612 B=V(I)*SIN(THETA(I))+D(I+NB-2)
2620 V(I)=SQR(A^2+B^2)
2625 THETA(I)=ATN(B/A)
2630 NEXT I
2640 FOR K=2 TO NB
2650 C=0
2660 D=0
2670 FOR J=1 TO NB
2680 C=C+V(J)*(YR(K,J)*COS(THETA(J))-YI(K,J)*SIN(THETA(
J)))
```

```
2690 D=D+V(J)*(YR(K,J)*SIN(THETA(J))+YI(K,J)*COS(THETA(
J)))
2700 NEXT J
2710 SUMP=V(K)*(C*COS(THETA(K))+D*SIN(THETA(K)))
2720 SUMQ=V(K)*(C*SIN(THETA(K))-D*COS(THETA(K)))
2730 DPQ(K-1)=P(K)-SUMP
2740 DPQ(K+NB-2)=Q(K)-SUMQ
2745 PRINT K;SUMP;DPQ(K-1)
2747 PRINT K;V(K);THETA(K)
2750 NEXT K
2755 DVMAX=0
2758 ITER=ITER+1
2760 FOR I=1 TO MN
2770 DESV=ABS(DPQ(I))
2780 IF DESV>DVMAX THEN DVMAX=DESV
2790 NEXT I
2795 PRINT "NUMERO DE ITERACIONES REALIZADAS= ";ITER
2798 PRINT "DESVIACION MAXIMA= ";DVMAX
2800 IF ITER>12 GO TO 2990
2900 IF DVMAX>TOLERA GO TO 1790
2910 PRINT
2920 PRINT
2930 PRINT "SE OBTUVO CONVERGENCIA EN"
2940 PRINT ITER;" ITERACIONES"
2950 PRINT
2960 PRINT "LA DESVIACION MAXIMA OBTENIDA"
2970 PRINT "FUE IGUAL A ";DVMAX
2980 GO TO 3064
2990 IF DVMAX<TOLERA GO TO 2910
3000 PRINT
3010 PRINT
3020 PRINT "NO SE OBTUVO CONVERGENCIA"
3030 PRINT "ITERACIONES REALIZADAS= ";ITER
3040 PRINT
3050 PRINT "LA DESVIACION MAXIMA OBTENIDA"
3060 PRINT "FUE IGUAL A ";DVMAX
3064 PRINT #7
3066 PRINT #7
3070 PRINT #7,TAB(30);"R E S U L T A D O S"
3080 PRINT #7
3090 PRINT #7,TAB(24);"I";:PRINT #7,TAB(35);"V(I)";:PRI
NT #7,TAB(48);"THETA(I)"
3100 PRINT #7,TAB(21);"_____________________________
      "
3105 PRINT #7
3110 FOR I=1 TO NB
```

```
3120 PRINT #7,TAB(23);I;:PRINT #7,TAB(33);V(I);:PRINT #
7,TAB(48);THETA(I)*57.2958
3130 NEXT I
3140 PRINT #7
3150 PRINT #7
3160 PRINT #7,TAB(22);"** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINE
AS **"
3170 PRINT #7
3180 PRINT #7,TAB(20);"LINEA";TAB(28);"LS";TAB(33);"LR"
;TAB(40);"P(MWS)";TAB(53);"Q(MVARS)"
3190 PRINT #7,TAB(18);"_____________________________________
_____________"
3200 PRINT #7
3210 FOR L=1 TO NB
3220 PB(L)=0
3230 QB(L)=0
3240 NEXT L
3250 PERP=0
3260 PERQ=0
3270 FOR I=1 TO NL
3280 L=LS(I)
3290 M=LR(I)
3300 A1=(V(L)^2)-V(L)*V(M)*COS(THETA(L)-THETA(M))
3310 B1=V(L)*V(M)*SIN(THETA(L)-THETA(M))
3320 P1=(-A1*YR(L,M)+B1*YI(L,M))*MVABASE
3330 Q1=(B1*YR(L,M)+A1*YI(L,M)-(V(L)^2)*YD(I))*MVABASE
3334 PB(L)=PB(L)+P1
3336 QB(L)=QB(L)+Q1
3340 PRINT #7,TAB(21);I;TAB(27);L;TAB(32);M;TAB(39);P1;
TAB(52);Q1
3350 L=LR(I)
3360 M=LS(I)
3370 A2=(V(L)^2)-V(L)*V(M)*COS(THETA(L)-THETA(M))
3380 B2=V(L)*V(M)*SIN(THETA(L)-THETA(M))
3390 P2=(-A2*YR(L,M)+B2*YI(L,M))*MVABASE
3400 Q2=(B2*YR(L,M)+A2*YI(L,M)-(V(L)^2)*YD(I))*MVABASE
3404 PB(L)=PB(L)+P2
3406 QB(L)=QB(L)+Q2
3410 PRINT #7,TAB(21);I;TAB(27);L;TAB(32);M;TAB(39);P2;
TAB(52);Q2
3420 PERP=PERP+P1+P2
3430 PERQ=PERQ+Q1+Q2
3440 NEXT I
3450 PRINT #7
3460 PRINT #7
3470 PRINT #7,TAB(29);"** PERDIDAS  TOTALES **"
```

```
3480 PRINT #7
3490 PRINT #7,TAB(24);"ACTIVAS (MWS)";TAB(42);"REACTIVA
S(MVARS)"
3500 PRINT #7,TAB(22);"_____________________________________
_____
"
3510 PRINT #7
3520 PRINT #7,TAB(25);PERP;TAB(44);PERQ
3530 PRINT #7
3550 PRINT #7
3560 PRINT #7,TAB(27);"** G E N E R A C I O N **"
3570 PRINT #7
3580 PRINT #7,TAB(24);"BARRA";TAB(36);"P(MWS)";TAB(48);
"Q(MVARS)"
3590 PRINT #7,TAB(21);" _____________________________________
_______
"
3595 PRINT #7
3600 FOR I=1 TO NB
3610 PB(I)=PB(I)+PC(I)*MVABASE
3620 QB(I)=QB(I)+QC(I)*MVABASE
3624 IF ABS(PB(I))<1E-02 THEN PB(I)=0
3626 IF ABS(QB(I))<1E-02 THEN QB(I)=0
3630 PRINT #7,TAB(25);I;TAB(34);PB(I);TAB(47);QB(I)
3640 NEXT I
3650 PRINT #7
3655 PRINT #7
3670 PRINT #7,TAB(30);"** C  A  R  G  A **"
3675 PRINT #7
3680 PRINT #7,TAB(24);"BARRA";TAB(36);"P(MWS)";TAB(48);
"Q(MVARS)"
3690 PRINT #7,TAB(21);" _____________________________________
_____
"
3695 PRINT #7
3700 FOR I=1 TO NB
3710 PC(I)=PC(I)*MVABASE
3720 QC(I)=QC(I)*MVABASE
3730 PRINT #7,TAB(25);I;TAB(37);PC(I);TAB(49);QC(I)
3740 NEXT I
3750 STOP
```

A N E X O 4

A P L I C A C I O N P R A C T I C A

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 0

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

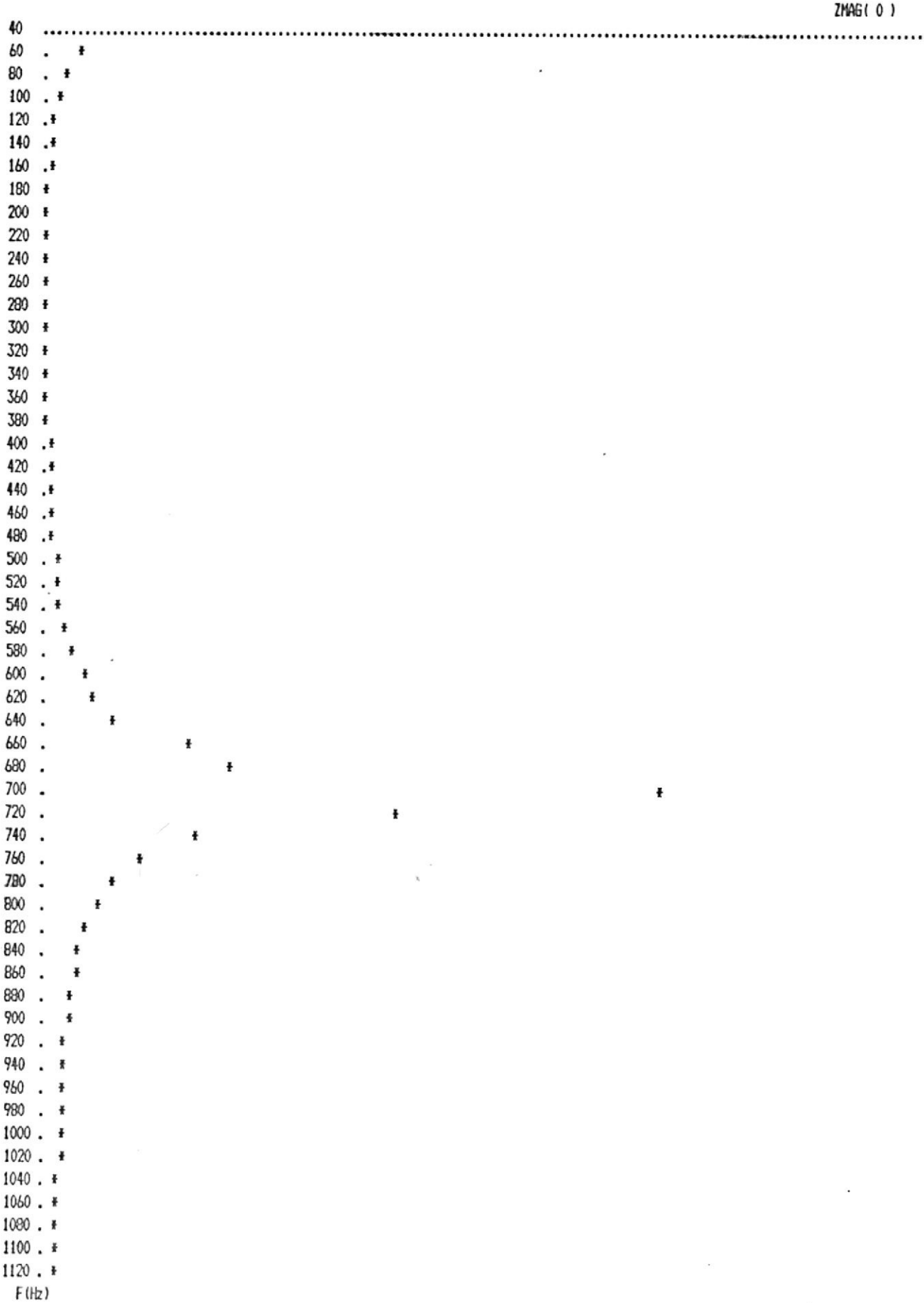
K5	K7	K11	K13	K15
0	0	0	0	0

IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96192	-88.3956
70	3.93652	-88.646
80	3.23508	-88.7715
90	2.72354	-88.8211
100	2.33187	-88.8205
110	2.02061	-88.7827
120	1.76564	-88.7143
130	1.55165	-88.6177
140	1.36826	-88.4923
150	1.20831	-88.3354
160	1.06664	-88.1411
170	.939473	-87.9003
180	.823968	-87.5988
190	.717921	-87.2146
200	.619636	-86.7119
210	.52778	-86.0299
220	.441315	-85.0565
230	.359477	-83.5608
240	.281841	-80.9829
250	.208633	-75.5446
260	.140936	-57.793
270	3.42459E-02	30.0489
280	4.40268E-02	69.1395
290	.10403	77.6153
300	.170072	81.0815
310	.237805	82.9472

320	.306452	84.1072
330	.375939	84.8946
340	.446407	85.4614
350	.518083	85.8866
360	.591232	86.2155
370	.666155	86.4754
380	.743176	86.6842
390	.822641	86.8539
400	.904935	86.9927
410	.990471	87.1065
420	1.0797	87.1996
430	1.17314	87.2751
440	1.27134	87.3354
450	1.37492	87.382
460	1.4846	87.4162
470	1.60117	87.4386
480	1.72552	87.4497
490	1.85866	87.4494
500	2.00172	87.4371
510	2.15594	87.4117
520	2.32265	87.3711
530	2.50318	87.3114
540	2.6987	87.2254
550	2.90997	87.0974
560	3.13787	86.8875
570	3.39471	86.465
580	3.85521	85.2875
590	5.535	83.75
600	6.00396	85.6729
610	6.24829	86.1317
620	6.8224	86.0122
630	7.69932	85.6001
640	9.06601	84.529
650	12.1787	78.7673
660	19.3534	75.3824
670	19.8964	79.7738
680	25.1982	78.0126
690	38.4683	72.4419
700	80.5981	52.7049
710	112.12	-35.8181
720	46.7086	-70.9929
730	27.979	-79.1409
740	19.9278	-82.5446
750	15.503	-84.3913
760	12.7145	-85.5438
770	10.7986	-86.3281
780	9.40163	-86.8941
790	8.3379	-87.3202
800	7.50061	-87.6511

810	6.82408	-87.9143
820	6.26574	-88.1272
830	5.79674	-88.3016
840	5.39684	-88.4454
850	5.05144	-88.5641
860	4.74967	-88.6611
870	4.48328	-88.7382
880	4.24585	-88.7956
890	4.03225	-88.8313
900	3.83827	-88.8396
910	3.66037	-88.8079
920	3.49554	-88.7079
930	3.34162	-88.4703
940	3.20005	-87.8927
950	3.09541	-86.2155
960	3.24717	-79.8574
970	3.99715	-74.7041
980	3.52014	-84.6794
990	3.16786	-87.6015
1000	2.97118	-88.5384
1010	2.83473	-88.9444
1020	2.727	-89.1596
1030	2.63578	-89.2903
1040	2.55542	-89.378
1050	2.48293	-89.4411
1060	2.41654	-89.4892
1070	2.35508	-89.5272
1080	2.29777	-89.5583
1090	2.244	-89.5844
1100	2.19333	-89.6064
1110	2.14539	-89.6253
1120	2.09988	-89.6413
1130	2.05659	-89.6542
1140	2.01569	-89.6629
1150	1.97989	-89.6661
1160	1.95208	-89.6918
1170	1.91435	-89.7189
1180	1.87729	-89.7291
1190	1.84294	-89.7368
1200	1.81052	-89.7438


ZMAG(0)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 0

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.95479
3	.974478	-5.88764
4	.966408	-7.00868
5	.931278	-12.1466

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.085	36.561
1	2	1	-103.798	-36.1843
2	1	3	51.7468	19.9845
2	3	1	-49.4703	-18.3381
3	2	3	29.6834	12.2126
3	3	2	-29.056	-14.096
4	2	4	44.0951	14.2099
4	4	2	-42.8177	-14.321
5	2	5	40.0191	19.7608
5	5	2	-39.2266	-14.6943
6	3	4	38.5264	7.43452
6	4	3	-38.3624	-8.49899
7	4	5	21.1804	2.82049
7	5	4	-20.7734	-5.2883

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83184	1.56273

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.832	56.5454
2	69.9997	49.999
3	0	0
4	0	0
5	0	1.73972E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 1

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

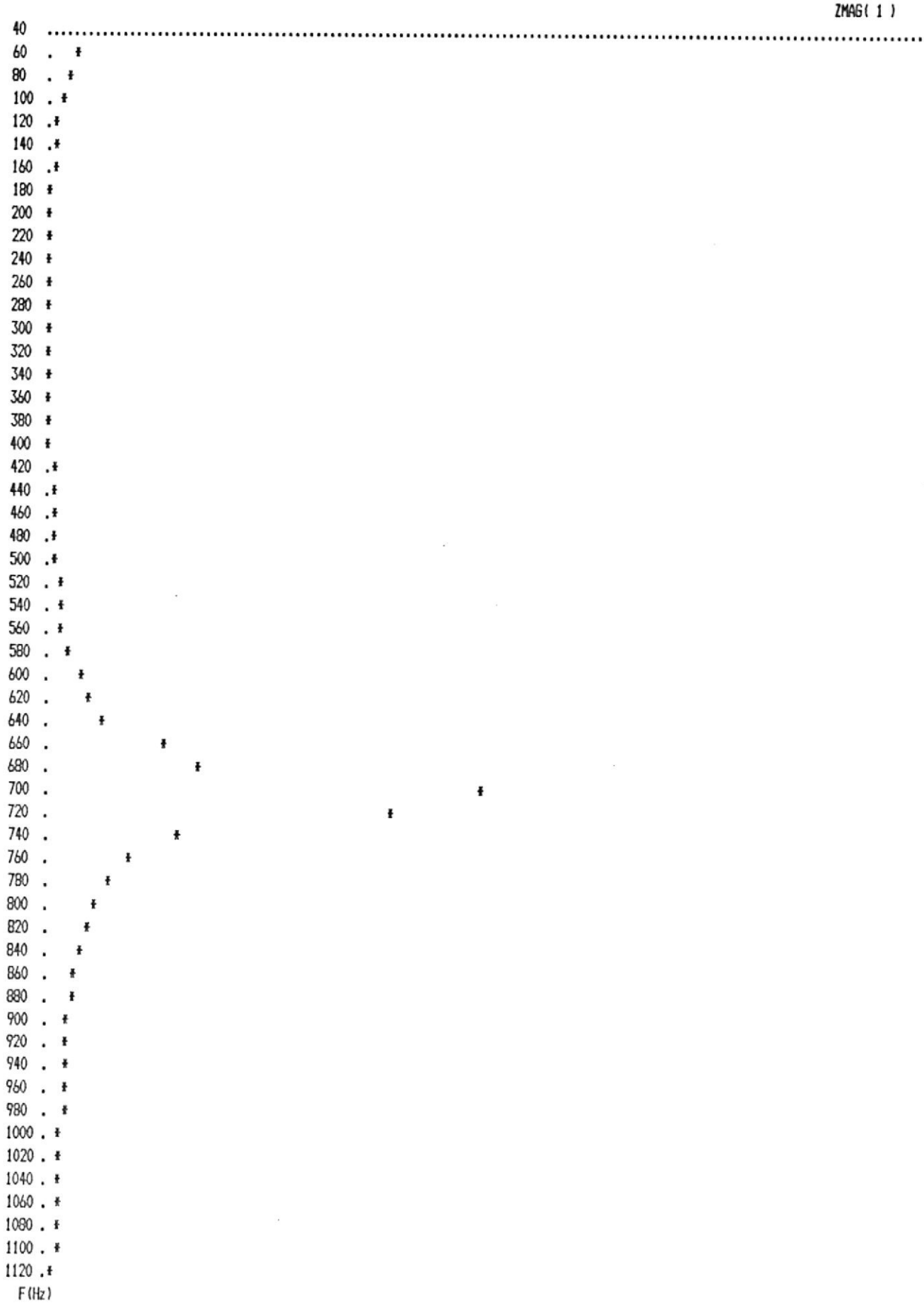
K5	K7	K11	K13	K15
1	0	0	0	0

IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96171	-88.3956
70	3.93631	-88.646
80	3.23486	-88.7714
90	2.72332	-88.821
100	2.33164	-88.8204
110	2.02038	-88.7827
120	1.7654	-88.7143
130	1.55141	-88.6177
140	1.36802	-88.4924
150	1.20807	-88.3355
160	1.0664	-88.1413
170	.939237	-87.9005
180	.823739	-87.5992
190	.717703	-87.2151
200	.619431	-86.7125
210	.527593	-86.0308
220	.441149	-85.0578
230	.359337	-83.5627
240	.281729	-80.9859
250	.208553	-75.5495
260	.140892	-57.8035
270	.034248	30.0422
280	4.40379E-02	69.1329
290	.104169	77.5879
300	.169448	79.884
310	.236895	82.9493
320	.30563	84.1147

330	.375047	84.902
340	.445391	85.4685
350	.516907	85.8935
360	.589865	86.2222
370	.664564	86.4821
380	.741325	86.691
390	.820494	86.8607
400	.902449	86.9997
410	.987596	87.1138
420	1.07638	87.2072
430	1.16931	87.283
440	1.26692	87.3437
450	1.36984	87.3908
460	1.47875	87.4255
470	1.59442	87.4486
480	1.71774	87.4604
490	1.84968	87.4609
500	1.99135	87.4496
510	2.14393	87.4253
520	2.30873	87.386
530	2.48701	87.328
540	2.67989	87.244
550	2.88806	87.1185
560	3.11234	86.912
570	3.36475	86.4954
580	3.8165	85.3341
590	5.45537	83.8391
600	5.9096	85.7398
610	6.14552	86.1942
620	6.69934	86.083
630	7.54206	85.6889
640	8.84765	84.6597
650	11.7907	79.1278
660	18.3963	76.1174
670	18.8637	80.3072
680	23.561	78.7985
690	34.8277	74.1451
700	67.6405	59.4256
710	131.529	-17.9133
720	53.5098	-68.0858
730	30.4221	-78.176
740	21.1613	-82.0779
750	16.2489	-84.1188
760	13.2172	-85.3659
770	11.1625	-86.2031
780	9.67887	-86.8015
790	8.55719	-87.2489
800	7.67918	-87.5945
810	6.97288	-87.8682

820	6.39206	-88.0889
830	5.90563	-88.2692
840	5.49192	-88.4176
850	5.13537	-88.5398
860	4.82444	-88.6396
870	4.55041	-88.719
880	4.30653	-88.7781
890	4.0874	-88.815
900	3.88864	-88.8241
910	3.70654	-88.7926
920	3.53797	-88.692
930	3.3807	-88.4522
940	3.23616	-87.8688
950	3.12941	-86.1737
960	3.28439	-79.7397
970	4.05298	-74.4849
980	3.56518	-84.6109
990	3.20471	-87.5734
1000	3.00386	-88.5222
1010	2.86471	-88.9331
1020	2.75496	-89.1508
1030	2.6621	-89.2831
1040	2.58035	-89.3718
1050	2.50665	-89.4357
1060	2.43918	-89.4843
1070	2.37675	-89.5228
1080	2.31855	-89.5543
1090	2.26397	-89.5806
1100	2.21255	-89.6029
1110	2.16392	-89.622
1120	2.11776	-89.6381
1130	2.07388	-89.6512
1140	2.03242	-89.66
1150	1.99614	-89.6632
1160	1.968	-89.6892
1170	1.92977	-89.7166
1180	1.89222	-89.7269
1190	1.85744	-89.7347
1200	1.82462	-89.7418


ZMAG(1)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 1

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.9548
3	.974479	-5.88765
4	.966409	-7.00869
5	.931281	-12.1466

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.085	36.5599
1	2	1	-103.798	-36.1833
2	1	3	51.7468	19.9841
2	3	1	-49.4703	-18.3378
3	2	3	29.6834	12.2125
3	3	2	-29.056	-14.096
4	2	4	44.0951	14.2097
4	4	2	-42.8176	-14.3209
5	2	5	40.0191	19.7603
5	5	2	-39.2267	-14.6939
6	3	4	38.5264	7.43417
6	4	3	-38.3624	-8.49881
7	4	5	21.1804	2.8201
7	5	4	-20.7733	-5.28798

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83168	1.56217

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.832	56.5441
2	69.9998	49.9992
3	0	0
4	0	0
5	0	1.80972E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 2

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

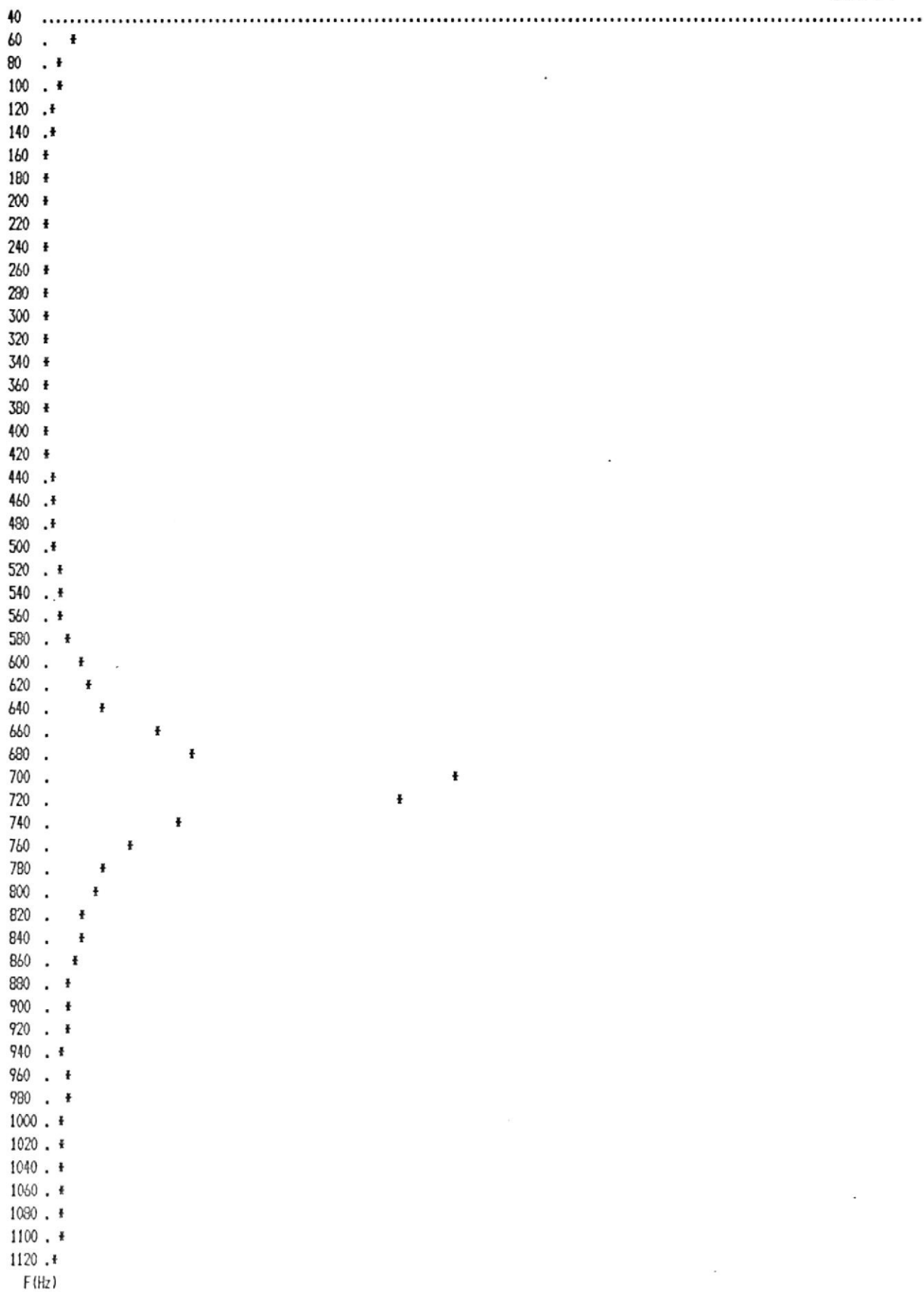
K5	K7	K11	K13	K15
0	1	0	0	0

IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96182	-88.3956
70	3.93641	-88.646
80	3.23497	-88.7715
90	2.72343	-88.8211
100	2.33176	-88.8205
110	2.0205	-88.7827
120	1.76553	-88.7144
130	1.55154	-88.6177
140	1.36815	-88.4924
150	1.20821	-88.3355
160	1.06654	-88.1412
170	.939375	-87.9004
180	.823876	-87.599
190	.717837	-87.2148
200	.619561	-86.7122
210	.527715	-86.0303
220	.44126	-85.057
230	.359435	-83.5615
240	.281811	-80.9838
250	.208614	-75.5459
260	.140927	-57.7952
270	3.42463E-02	30.0478
280	4.40282E-02	69.1388
290	.104039	77.6141
300	.170101	81.0798
310	.237874	82.9449
320	.30659	84.1041
330	.376188	84.8906

340	.446835	85.4561
350	.518793	85.8795
360	.592392	86.2057
370	.66805	86.4614
380	.746333	86.663
390	.828158	86.8184
400	.91564	86.9204
410	1.0179	86.8603
420	1.01354	69.8887
430	1.13199	87.1773
440	1.24523	87.3353
450	1.35328	87.3961
460	1.46457	87.4342
470	1.58149	87.4583
480	1.70544	87.4703
490	1.83765	87.4709
500	1.9793	87.4596
510	2.13168	87.4355
520	2.29608	87.3964
530	2.4738	87.3387
540	2.66595	87.2552
550	2.87323	87.1304
560	3.09647	86.9251
570	3.34755	86.5108
580	3.7959	85.3568
590	5.41612	83.8804
600	5.86619	85.7681
610	6.1012	86.2189
620	6.64951	86.1094
630	7.48215	85.7203
640	8.76936	84.7041
650	11.66	79.246
660	18.097	76.3423
670	18.5577	80.4609
680	23.1063	79.0117
690	33.8969	74.5715
700	64.6454	60.8978
710	134.99	-12.3061
720	55.5222	-67.2053
730	31.0779	-77.912
740	21.4703	-81.958
750	16.4256	-84.0522
760	13.3306	-85.3241
770	11.2411	-86.1748
780	9.73628	-86.7813
790	8.60084	-87.2338
800	7.7134	-87.5829
810	7.00037	-87.859
820	6.41458	-88.0815
830	5.92439	-88.2631

840	5.50777	-88.4125
850	5.1489	-88.5355
860	4.83612	-88.6359
870	4.56058	-88.7157
880	4.31544	-88.7752
890	4.09526	-88.8124
900	3.89561	-88.8217
910	3.71274	-88.7903
920	3.54351	-88.6897
930	3.38567	-88.4497
940	3.24062	-87.8656
950	3.1335	-86.1685
960	3.28876	-79.7257
970	4.05939	-74.4595
980	3.57021	-84.6031
990	3.20873	-87.5702
1000	3.00733	-88.5203
1010	2.86782	-88.9318
1020	2.75779	-89.1498
1030	2.6647	-89.2823
1040	2.58276	-89.3711
1050	2.50889	-89.4351
1060	2.44127	-89.4837
1070	2.3787	-89.5223
1080	2.32038	-89.5538
1090	2.26569	-89.5802
1100	2.21418	-89.6025
1110	2.16545	-89.6216
1120	2.11921	-89.6378
1130	2.07524	-89.6509
1140	2.03371	-89.6598
1150	1.99738	-89.663
1160	1.96919	-89.689
1170	1.9309	-89.7164
1180	1.89329	-89.7267
1190	1.85846	-89.7345
1200	1.82559	-89.7416


ZMAG(2)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)



A L T E R N A T I V A 2

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.95479
3	.974478	-5.88764
4	.966408	-7.00868
5	.93128	-12.1466

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.085	36.5605
1	2	1	-103.798	-36.1838
2	1	3	51.7468	19.9844
2	3	1	-49.4704	-18.338
3	2	3	29.6834	12.2127
3	3	2	-29.056	-14.096
4	2	4	44.0951	14.2099
4	4	2	-42.8177	-14.321
5	2	5	40.0191	19.7606
5	5	2	-39.2267	-14.6941
6	3	4	38.5264	7.43451
6	4	3	-38.3624	-8.49908
7	4	5	21.1804	2.82026
7	5	4	-20.7733	-5.28811

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83189	1.56269

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.832	56.5449
2	69.9998	49.9994
3	0	0
4	0	0
5	0	1.77768E-02



** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 3

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

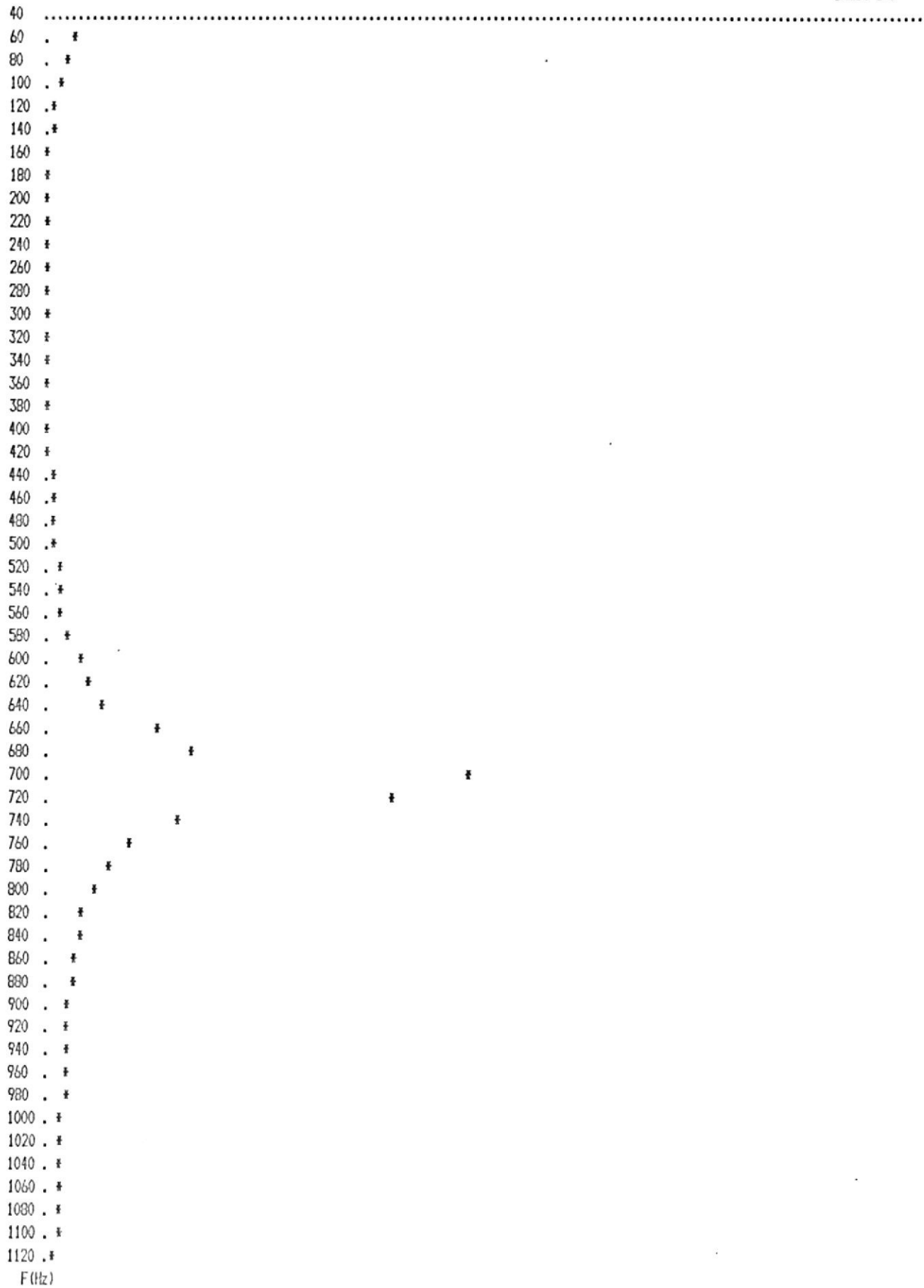
K5	K7	K11	K13	K15
1	1	0	0	0

IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96177	-88.3956
70	3.93636	-88.646
80	3.23492	-88.7715
90	2.72337	-88.8211
100	2.3317	-88.8204
110	2.02044	-88.7827
120	1.76547	-88.7143
130	1.55147	-88.6177
140	1.36808	-88.4924
150	1.20814	-88.3355
160	1.06647	-88.1412
170	.939306	-87.9005
180	.823807	-87.5991
190	.71777	-87.215
200	.619496	-86.7124
210	.527654	-86.0306
220	.441205	-85.0574
230	.359386	-83.5621
240	.28177	-80.9848
250	.208584	-75.5477
260	.140909	-57.7994
270	3.42471E-02	30.045
280	.044033	69.1358
290	.104104	77.601
300	.169783	80.4807
310	.237383	82.9471
320	.306109	84.1094
330	.375617	84.8963

340	.446112	85.4623
350	.517848	85.8865
360	.591126	86.2139
370	.666303	86.4718
380	.743821	86.677
390	.824308	86.8397
400	.908997	86.9603
410	1.00252	86.9889
420	1.05604	78.2856
430	1.15035	87.2293
440	1.25599	87.3394
450	1.36151	87.3935
460	1.47163	87.4299
470	1.58793	87.4534
480	1.71157	87.4654
490	1.84365	87.4659
500	1.98531	87.4546
510	2.13779	87.4304
520	2.30239	87.3912
530	2.48039	87.3333
540	2.6729	87.2496
550	2.88063	87.1245
560	3.10438	86.9186
570	3.35612	86.5031
580	3.80617	85.3455
590	5.43568	83.8598
600	5.88781	85.754
610	6.12328	86.2066
620	6.67433	86.0963
630	7.51198	85.7047
640	8.80833	84.682
650	11.725	79.1872
660	18.2455	76.2307
670	18.7094	80.3847
680	23.3315	78.9062
690	34.3562	74.3612
700	66.1145	60.1783
710	133.397	-15.1462
720	54.499	-67.6537
730	30.7466	-78.0454
740	21.3147	-82.0184
750	16.3368	-84.0857
760	13.2736	-85.3451
770	11.2017	-86.189
780	9.70749	-86.7914
790	8.57896	-87.2414
800	7.69625	-87.5887
810	6.9866	-87.8636

820	6.4033	-88.0852
830	5.915	-88.2661
840	5.49984	-88.415
850	5.14213	-88.5377
860	4.83027	-88.6378
870	4.55549	-88.7173
880	4.31098	-88.7767
890	4.09133	-88.8137
900	3.89212	-88.8229
910	3.70964	-88.7914
920	3.54074	-88.6909
930	3.38318	-88.451
940	3.23839	-87.8672
950	3.13145	-86.1711
960	3.28657	-79.7327
970	4.05618	-74.4722
980	3.56769	-84.607
990	3.20672	-87.5718
1000	3.00559	-88.5212
1010	2.86627	-88.9325
1020	2.75637	-89.1503
1030	2.6634	-89.2827
1040	2.58155	-89.3714
1050	2.50777	-89.4354
1060	2.44022	-89.484
1070	2.37773	-89.5225
1080	2.31947	-89.554
1090	2.26483	-89.5804
1100	2.21336	-89.6027
1110	2.16468	-89.6218
1120	2.11849	-89.638
1130	2.07456	-89.651
1140	2.03306	-89.6599
1150	1.99676	-89.6631
1160	1.9686	-89.6891
1170	1.93034	-89.7165
1180	1.89276	-89.7268
1190	1.85795	-89.7346
1200	1.8251	-89.7417


ZMAG(3)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 3

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.9548
3	.974478	-5.88764
4	.966408	-7.00868
5	.93128	-12.1466

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.085	36.5607
1	2	1	-103.798	-36.184
2	1	3	51.7468	19.9844
2	3	1	-49.4704	-18.3381
3	2	3	29.6834	12.2126
3	3	2	-29.056	-14.096
4	2	4	44.0951	14.2098
4	4	2	-42.8176	-14.321
5	2	5	40.0191	19.7605
5	5	2	-39.2267	-14.694
6	3	4	38.5264	7.43428
6	4	3	-38.3623	-8.49886
7	4	5	21.1804	2.82019
7	5	4	-20.7733	-5.28804

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83189	1.56254

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.832	56.5452
2	69.9997	49.9989
3	0	0
4	0	0
5	0	1.79217E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 4

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

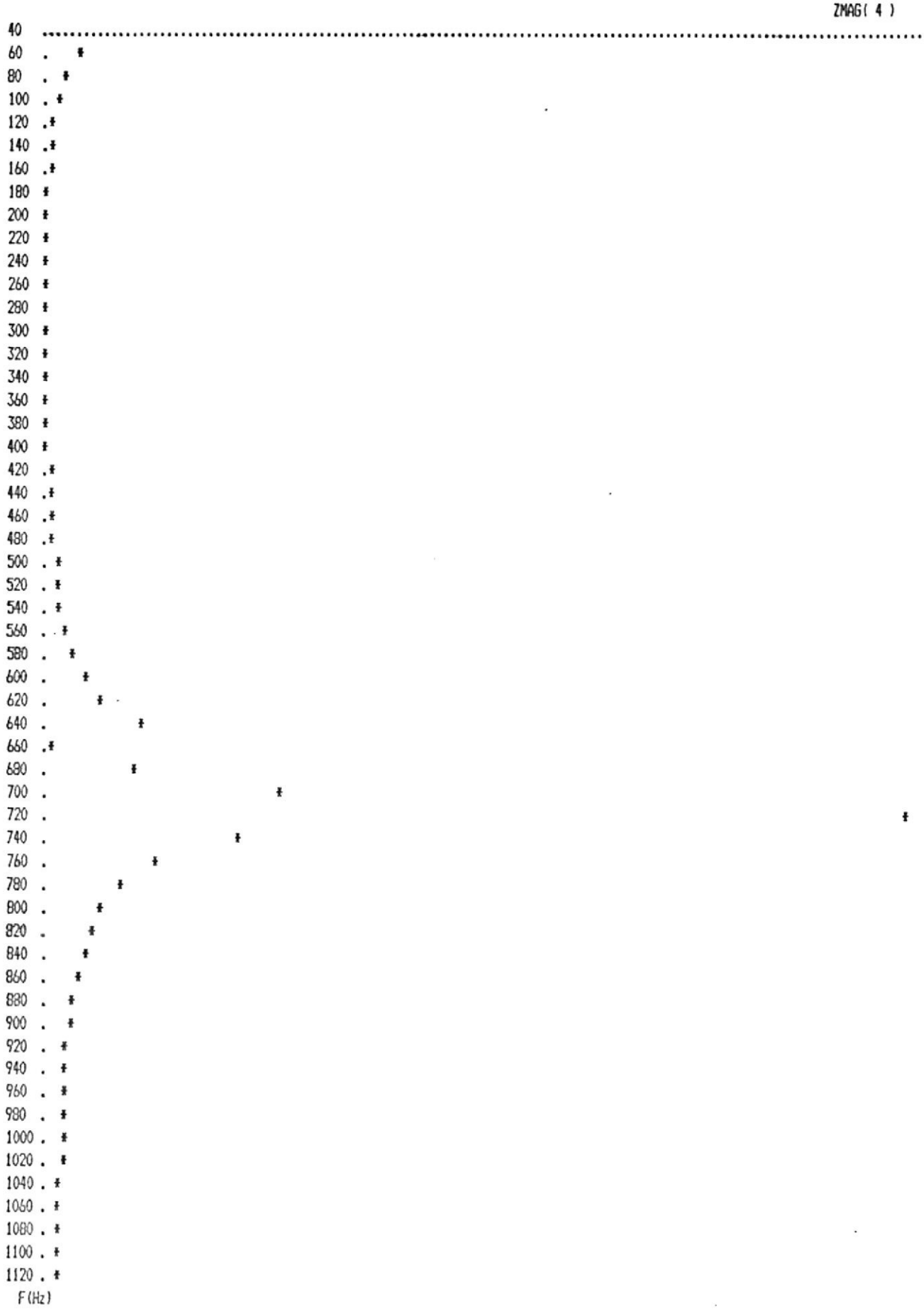
K5	K7	K11	K13	K15
0	0	1	0	0

IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96188	-88.3956
70	3.93647	-88.646
80	3.23504	-88.7715
90	2.72349	-88.8211
100	2.33183	-88.8205
110	2.02057	-88.7827
120	1.7656	-88.7144
130	1.5516	-88.6177
140	1.36822	-88.4924
150	1.20827	-88.3355
160	1.06661	-88.1412
170	.939437	-87.9004
180	.823935	-87.5989
190	.717892	-87.2147
200	.61961	-86.712
210	.527758	-86.03
220	.441297	-85.0566
230	.359464	-83.561
240	.281832	-80.9832
250	.208628	-75.545
260	.140934	-57.7936
270	.034246	30.0486
280	4.40272E-02	69.1393
290	.104032	77.615
300	.170079	81.0811
310	.237821	82.9467
320	.306483	84.1066

330	.37599	84.8938
340	.446489	85.4605
350	.518205	85.8856
360	.59141	86.2142
370	.666406	86.4739
380	.743522	86.6825
390	.823112	86.8519
400	.905568	86.9903
410	.991313	87.1037
420	1.08081	87.1963
430	1.17459	87.2713
440	1.27323	87.3309
450	1.37739	87.3767
460	1.4878	87.4098
470	1.60531	87.4311
480	1.73088	87.4406
490	1.86561	87.4384
500	2.01074	87.4237
510	2.1677	87.3953
520	2.33803	87.3507
530	2.52341	87.2859
540	2.72547	87.1931
550	2.94562	87.0555
560	3.18574	86.8316
570	3.46003	86.3854
580	3.95471	85.1487
590	5.78351	83.4352
600	6.36641	85.3609
610	6.74874	85.7434
620	7.62585	85.4017
630	9.21753	84.4243
640	12.9612	81.1767
650	41.6281	27.4
660	1.01789	3.04788
670	7.98352	83.3899
680	12.7437	82.9414
690	19.0496	80.7104
700	31.3779	75.6879
710	69.9414	58.5205
720	113.104	-36.1704
730	43.8034	-72.5233
740	26.1287	-80.0601
750	18.693	-83.1502
760	14.6225	-84.8209
770	12.0545	-85.8642
780	10.2851	-86.5757
790	8.99053	-87.0906
800	8.00115	-87.479

810	7.21955	-87.7812
820	6.58579	-88.0216
830	6.06095	-88.216
840	5.61862	-88.3747
850	5.24023	-88.5046
860	4.91234	-88.6103
870	4.62489	-88.6941
880	4.37023	-88.7566
890	4.14232	-88.7962
900	3.93631	-88.8071
910	3.74815	-88.7767
920	3.57446	-88.6765
930	3.41282	-88.4357
940	3.26457	-87.8484
950	3.15505	-86.1409
960	3.31136	-79.653
970	4.09202	-74.3299
980	3.59546	-84.5636
990	3.22855	-87.5542
1000	3.02422	-88.5111
1010	2.88274	-88.9255
1020	2.7712	-89.145
1030	2.67687	-89.2784
1040	2.59389	-89.3678
1050	2.51912	-89.4322
1060	2.45071	-89.4812
1070	2.38745	-89.52
1080	2.32851	-89.5518
1090	2.27326	-89.5783
1100	2.22124	-89.6009
1110	2.17206	-89.6201
1120	2.1254	-89.6364
1130	2.08106	-89.6496
1140	2.03918	-89.6585
1150	2.00255	-89.6618
1160	1.97412	-89.6879
1170	1.93555	-89.7154
1180	1.89768	-89.7258
1190	1.8626	-89.7337
1200	1.82952	-89.7408


ZMAG(4)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 4

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.95479
3	.974479	-5.88764
4	.966408	-7.00868
5	.931279	-12.1466

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.085	36.5606
1	2	1	-103.798	-36.1838
2	1	3	51.7468	19.9843
2	3	1	-49.4703	-18.338
3	2	3	29.6834	12.2126
3	3	2	-29.056	-14.096
4	2	4	44.0951	14.2098
4	4	2	-42.8177	-14.321
5	2	5	40.0191	19.7608
5	5	2	-39.2267	-14.6943
6	3	4	38.5265	7.43453
6	4	3	-38.3624	-8.49907
7	4	5	21.1804	2.82043
7	5	4	-20.7733	-5.28826

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.8319	1.56273

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.832	56.5449
2	69.9998	49.9994
3	0	0
4	0	0
5	0	1.74792E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 5

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

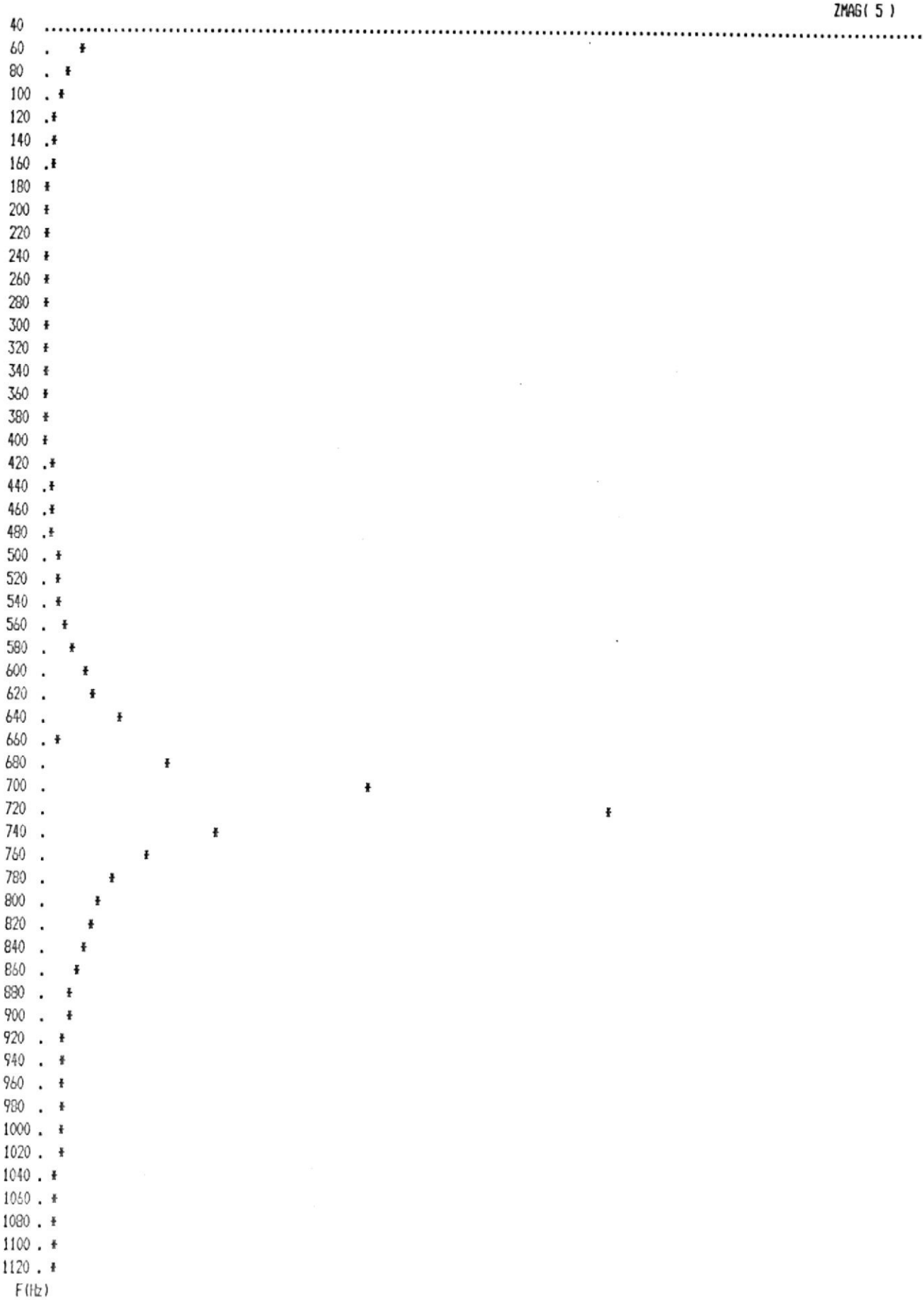
K5	K7	K11	K13	K15
1	0	1	0	0

IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR:
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.9618	-88.3956
70	3.93639	-88.646
80	3.23495	-88.7715
90	2.7234	-88.8211
100	2.33173	-88.8204
110	2.02047	-88.7827
120	1.7655	-88.7143
130	1.5515	-88.6177
140	1.36812	-88.4924
150	1.20817	-88.3355
160	1.0665	-88.1412
170	.939337	-87.9005
180	.823837	-87.599
190	.717797	-87.2149
200	.61952	-86.7123
210	.527675	-86.0304
220	.441223	-85.0572
230	.3594	-83.5619
240	.28178	-80.9845
250	.20859	-75.5472
260	.140913	-57.7986
270	.034247	30.0454
280	4.40325E-02	69.1361
290	.104101	77.6014
300	.169772	80.4814
310	.237357	82.948
320	.306056	84.1106

330	.375518	84.8979
340	.44594	85.4645
350	.517555	85.8896
360	.590636	86.2182
370	.665484	86.478
380	.742423	86.6867
390	.821801	86.8563
400	.904006	86.995
410	.989451	87.1088
420	1.07859	87.2018
430	1.17195	87.2772
440	1.27007	87.3373
450	1.3736	87.3837
460	1.48326	87.4177
470	1.59985	87.4398
480	1.72429	87.4506
490	1.85761	87.4497
500	2.001	87.4367
510	2.15575	87.4104
520	2.32329	87.3685
530	2.50508	87.3071
540	2.70249	87.2187
550	2.91655	87.0873
560	3.14861	86.8723
570	3.41173	86.4412
580	3.88438	85.243
590	5.61468	83.643
600	6.12954	85.5574
610	6.43307	85.9793
620	7.13276	85.7644
630	8.29654	85.1198
640	10.5212	83.2468
650	19.7121	68.4154
660	2.00077	6.02993
670	11.2223	82.4733
680	16.5507	81.4874
690	24.6654	78.39
700	43.2453	70.552
710	113.006	33.8373
720	75.1687	-57.9679
730	35.9489	-75.8596
740	23.3877	-81.175
750	17.3861	-83.6684
760	13.8845	-85.1071
770	11.5914	-86.0401
780	9.9728	-86.6921
790	8.76852	-87.1717

800	7.83686	-87.5379
810	7.09408	-87.8254
820	6.48748	-88.0557
830	5.98228	-88.2429
840	5.55455	-88.3964
850	5.18727	-88.5224
860	4.86799	-88.6251
870	4.58735	-88.7066
880	4.33814	-88.7675
890	4.11468	-88.8057
900	3.91233	-88.8156
910	3.72723	-88.7847
920	3.55612	-88.6843
930	3.39668	-88.444
940	3.2503	-87.8586
950	3.14218	-86.1573
960	3.29782	-79.6965
970	4.07241	-74.4077
980	3.58026	-84.5873
990	3.21659	-87.5639
1000	3.01401	-88.5167
1010	2.8737	-88.9293
1020	2.76305	-89.1479
1030	2.66946	-89.2808
1040	2.5871	-89.3698
1050	2.51287	-89.4339
1060	2.44493	-89.4827
1070	2.38209	-89.5214
1080	2.32352	-89.553
1090	2.26861	-89.5795
1100	2.21689	-89.6019
1110	2.16798	-89.6211
1120	2.12158	-89.6373
1130	2.07746	-89.6504
1140	2.03579	-89.6593
1150	1.99934	-89.6625
1160	1.97105	-89.6886
1170	1.93266	-89.716
1180	1.89495	-89.7264
1190	1.86002	-89.7342
1200	1.82706	-89.7413


ZMAG(5)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 5

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.9548
3	.974479	-5.88765
4	.966409	-7.00868
5	.93128	-12.1466

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.085	36.5603
1	2	1	-103.798	-36.1835
2	1	3	51.7468	19.9842
2	3	1	-49.4703	-18.3379
3	2	3	29.6834	12.2126
3	3	2	-29.056	-14.096
4	2	4	44.0951	14.2098
4	4	2	-42.8177	-14.3209
5	2	5	40.0191	19.7606
5	5	2	-39.2267	-14.6941
6	3	4	38.5264	7.43434
6	4	3	-38.3624	-8.49897
7	4	5	21.1804	2.82026
7	5	4	-20.7733	-5.28812

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83184	1.56262

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.832	56.5446
2	69.9998	49.9994
3	0	0
4	0	0
5	0	1.78073E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 6

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

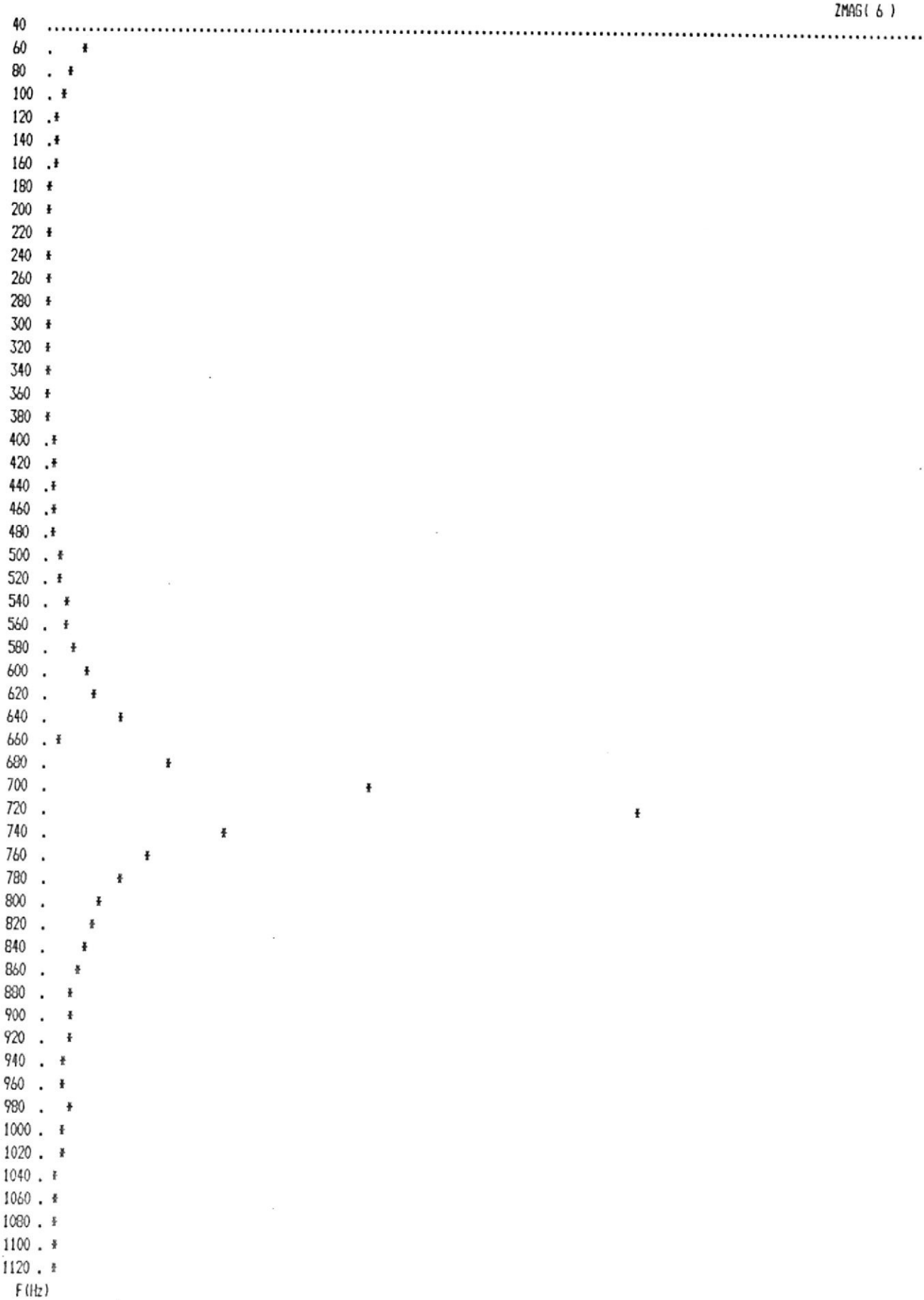
K5	K7	K11	K13	K15
0	1	1	0	0

IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96185	-88.3956
70	3.93645	-88.646
80	3.235	-88.7715
90	2.72346	-88.8211
100	2.33179	-88.8205
110	2.02054	-88.7827
120	1.76556	-88.7144
130	1.55157	-88.6177
140	1.36819	-88.4924
150	1.20824	-88.3355
160	1.06657	-88.1412
170	.939406	-87.9004
180	.823905	-87.599
190	.717865	-87.2148
200	.619585	-86.7121
210	.527736	-86.0302
220	.441279	-85.0568
230	.359449	-83.5613
240	.281821	-80.9835
250	.208621	-75.5454
260	.140931	-57.7944
270	3.42461E-02	30.0482
280	4.40277E-02	69.139
290	.104036	77.6145
300	.17009	81.0804
310	.237848	82.9458
320	.306536	84.1054
330	.376089	84.8922

340	.446662	85.4583
350	.518499	85.8826
360	.5919	86.2099
370	.667227	86.4677
380	.744925	86.6728
390	.825627	86.8352
400	.910576	86.9556
410	1.00443	86.9836
420	1.05813	78.2624
430	1.1529	87.2234
440	1.25908	87.3331
450	1.36523	87.3865
460	1.47609	87.4221
470	1.59331	87.4448
480	1.71807	87.4556
490	1.85152	87.4548
500	1.9949	87.4418
510	2.14954	87.4156
520	2.31687	87.3738
530	2.49836	87.3126
540	2.69538	87.2245
550	2.90898	87.0934
560	3.14047	86.879
570	3.40286	86.4491
580	3.87369	85.2549
590	5.59383	83.6651
600	6.10611	85.5728
610	6.40871	85.9931
620	7.10443	85.7798
630	8.26019	85.1397
640	10.4658	83.2807
650	19.5386	68.6116
660	2.00057	6.08257
670	11.1673	82.509
680	16.4362	81.5447
690	24.4238	78.5025
700	42.5602	70.8675
710	110.285	35.825
720	76.9542	-57.104
730	36.3984	-75.6758
740	23.5747	-81.1019
750	17.4867	-83.6303
760	13.9468	-85.0841
770	11.6336	-86.0249
780	10.0032	-86.6813
790	8.79137	-87.1638
800	7.85464	-87.5319

810	7.10827	-87.8207
820	6.49906	-88.0519
830	5.99189	-88.2398
840	5.56264	-88.3938
850	5.19417	-88.5202
860	4.87393	-88.6232
870	4.59251	-88.705
880	4.34266	-88.766
890	4.11866	-88.8043
900	3.91585	-88.8144
910	3.73036	-88.7836
920	3.55892	-88.6832
930	3.39919	-88.4427
940	3.25255	-87.8571
950	3.14424	-86.1547
960	3.30002	-79.6895
970	4.07564	-74.395
980	3.58279	-84.5834
990	3.21861	-87.5623
1000	3.01575	-88.5157
1010	2.87526	-88.9286
1020	2.76448	-89.1474
1030	2.67077	-89.2803
1040	2.58831	-89.3694
1050	2.514	-89.4336
1060	2.44598	-89.4825
1070	2.38307	-89.5212
1080	2.32444	-89.5528
1090	2.26947	-89.5793
1100	2.2177	-89.6017
1110	2.16875	-89.6209
1120	2.1223	-89.6371
1130	2.07815	-89.6502
1140	2.03645	-89.6592
1150	1.99996	-89.6624
1160	1.97165	-89.6884
1170	1.93322	-89.7159
1180	1.89548	-89.7263
1190	1.86053	-89.7341
1200	1.82755	-89.7412


ZMAG(6)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 6

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.95479
3	.974478	-5.88764
4	.966408	-7.00868
5	.931279	-12.1466

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.085	36.5606
1	2	1	-103.798	-36.1838
2	1	3	51.7468	19.9844
2	3	1	-49.4703	-18.338
3	2	3	29.6834	12.2127
3	3	2	-29.056	-14.096
4	2	4	44.0951	14.2099
4	4	2	-42.8177	-14.321
5	2	5	40.0191	19.7607
5	5	2	-39.2267	-14.6942
6	3	4	38.5264	7.4344
6	4	3	-38.3624	-8.49897
7	4	5	21.1804	2.82037
7	5	4	-20.7733	-5.28822

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83189	1.56268

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.832	56.5449
2	69.9998	49.9995
3	0	0
4	0	0
5	0	1.75651E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 7

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

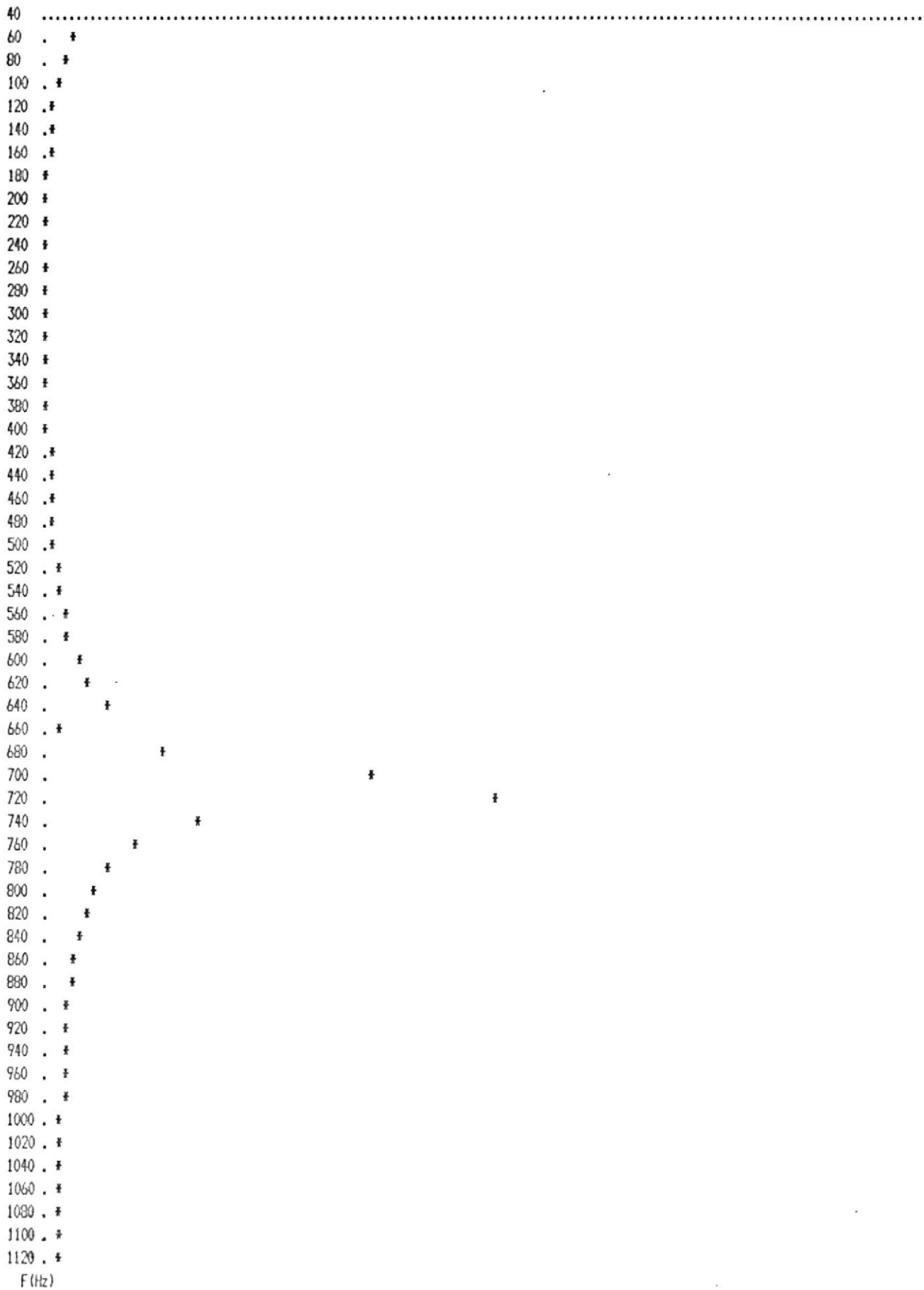
K5	K7	K11	K13	K15
1	1	1	0	0

IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.9618	-88.3956
70	3.9364	-88.646
80	3.23496	-88.7715
90	2.72341	-88.8211
100	2.33174	-88.8204
110	2.02048	-88.7827
120	1.76551	-88.7143
130	1.55152	-88.6177
140	1.36813	-88.4924
150	1.20818	-88.3355
160	1.06652	-88.1412
170	.93935	-87.9005
180	.82385	-87.599
190	.717811	-87.2149
200	.619534	-86.7122
210	.527689	-86.0304
220	.441236	-85.0572
230	.359412	-83.5618
240	.28179	-80.9843
250	.208598	-75.5468
260	.140917	-57.7975
270	3.42468E-02	30.0462
280	4.40311E-02	69.137
290	.10408	77.6057
300	.169884	80.6806
310	.237529	82.947
320	.306233	84.1085
330	.375741	84.8955
340	.446238	85.4617

350	.517967	85.8862
360	.59122	86.214
370	.666337	86.4725
380	.743721	86.6789
390	.823909	86.8437
400	.907851	86.9704
410	.998759	87.0275
420	1.06702	81.2074
430	1.15832	87.2431
440	1.26168	87.3366
450	1.36676	87.3879
460	1.47698	87.4232
470	1.59368	87.446
480	1.71796	87.4572
490	1.85091	87.4568
500	1.99371	87.4444
510	2.14767	87.4188
520	2.31415	87.3779
530	2.49457	87.3177
540	2.6902	87.231
550	2.90197	87.1018
560	3.13103	86.8901
570	3.39006	86.4647
580	3.85443	85.2815
590	5.54691	83.7241
600	6.03918	85.6297
610	6.31852	86.062
620	6.96409	85.8849
630	8.00617	85.334
640	9.86508	83.7932
650	16.0949	73.3753
660	2.94245	8.95512
670	12.9268	82.0062
680	18.2827	80.8346
690	27.1398	77.3716
700	48.739	68.1365
710	127.946	20.6687
720	67.4489	-61.6949
730	34.1691	-76.6116
740	22.7121	-81.4511
750	17.0538	-83.8012
760	13.6948	-85.1814
770	11.4723	-86.0859
780	9.8927	-86.7223
790	8.7119	-87.1927
800	7.79527	-87.5531
810	7.06256	-87.8367

820	6.463	-88.0644
830	5.96286	-88.2497
840	5.53887	-88.4018
850	5.17442	-88.5268
860	4.85732	-88.6287
870	4.57839	-88.7097
880	4.33055	-88.7701
890	4.10818	-88.8079
900	3.90674	-88.8177
910	3.72239	-88.7866
920	3.55191	-88.6861
930	3.393	-88.4459
940	3.24707	-87.861
950	3.13928	-86.1611
960	3.2948	-79.7063
970	4.06806	-74.425
980	3.5769	-84.5926
990	3.21396	-87.566
1000	3.01178	-88.5179
1010	2.87174	-88.9301
1020	2.7613	-89.1486
1030	2.66787	-89.2813
1040	2.58565	-89.3702
1050	2.51154	-89.4343
1060	2.44371	-89.4831
1070	2.38096	-89.5217
1080	2.32247	-89.5533
1090	2.26764	-89.5797
1100	2.21598	-89.6021
1110	2.16714	-89.6212
1120	2.12079	-89.6374
1130	2.07672	-89.6506
1140	2.0351	-89.6594
1150	1.99869	-89.6627
1160	1.97043	-89.6887
1170	1.93207	-89.7161
1180	1.89439	-89.7265
1190	1.8595	-89.7343
1200	1.82657	-89.7414


ZMAG(7)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 7

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.95479
3	.974479	-5.88764
4	.966408	-7.00868
5	.93128	-12.1466

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.085	36.5604
1	2	1	-103.798	-36.1835
2	1	3	51.7468	19.9843
2	3	1	-49.4703	-18.338
3	2	3	29.6834	12.2127
3	3	2	-29.056	-14.096
4	2	4	44.0952	14.2099
4	4	2	-42.8177	-14.321
5	2	5	40.0191	19.7607
5	5	2	-39.2267	-14.6942
6	3	4	38.5265	7.43453
6	4	3	-38.3624	-8.49907
7	4	5	21.1804	2.82031
7	5	4	-20.7733	-5.28815

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83193	1.56282

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.832	56.5447
2	69.9999	49.9997
3	0	0
4	0	0
5	0	.017689

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 8

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

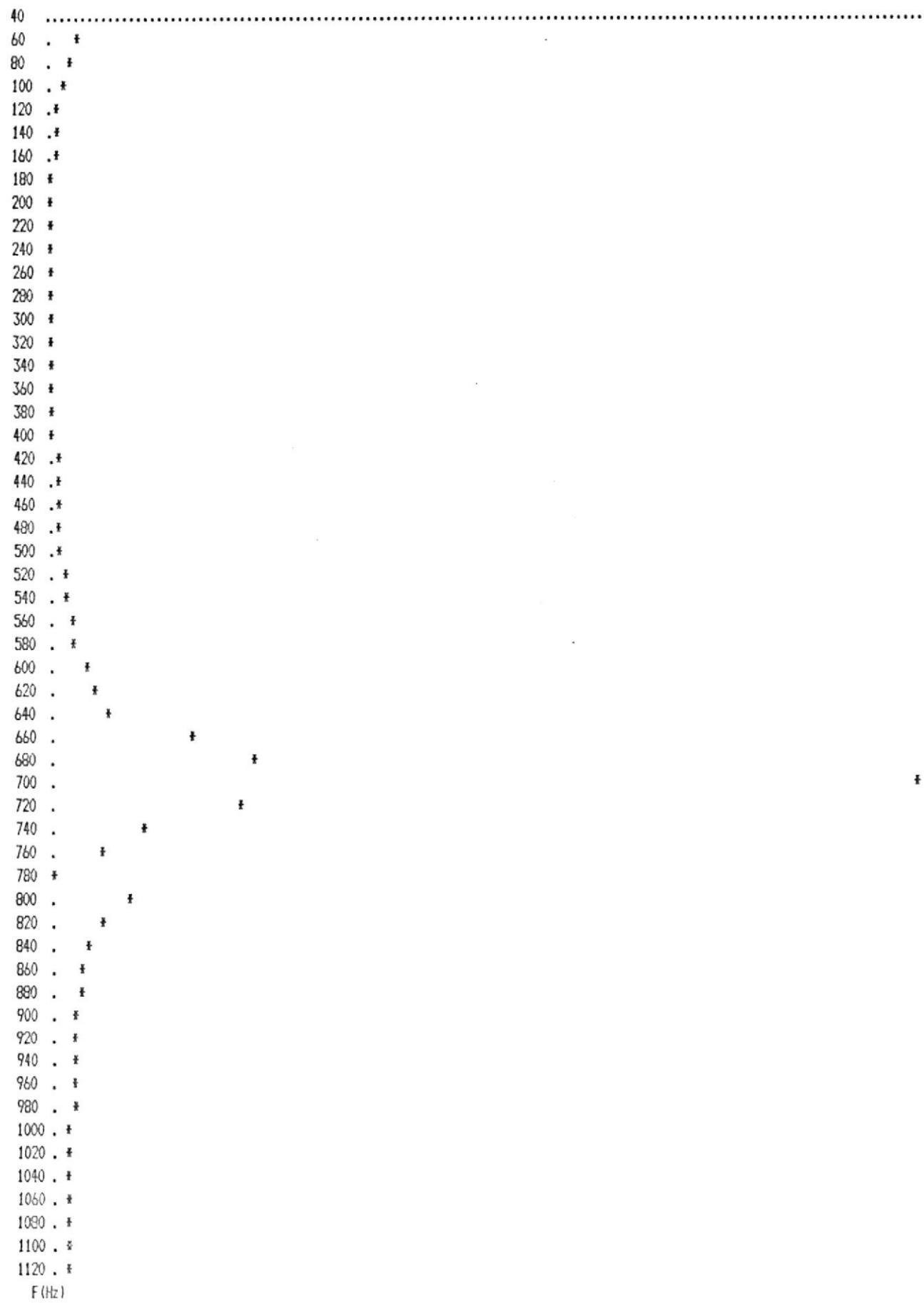
K5	K7	K11	K13	K15
0	0	0	1	0

IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96189	-88.3956
70	3.93649	-88.646
80	3.23505	-88.7715
90	2.72351	-88.8211
100	2.33184	-88.8205
110	2.02058	-88.7827
120	1.76561	-88.7143
130	1.55162	-88.6177
140	1.36823	-88.4923
150	1.20829	-88.3354
160	1.06662	-88.1411
170	.939448	-87.9003
180	.823945	-87.5989
190	.717901	-87.2147
200	.619618	-86.7119
210	.527764	-86.03
220	.441303	-85.0566
230	.359468	-83.5609
240	.281835	-80.9831
250	.208629	-75.5448
260	.140935	-57.7934
270	.034246	30.0487
280	4.40271E-02	69.1394
290	.104031	77.6151
300	.170077	81.0812
310	.237816	82.9469
320	.306472	84.1068
330	.375972	84.8941
340	.44646	85.4608

350	.518162	85.8859
360	.591346	86.2147
370	.666314	86.4744
380	.743393	86.6831
390	.822934	86.8526
400	.905324	86.9912
410	.990982	87.1048
420	1.08037	87.1976
430	1.174	87.2728
440	1.27244	87.3327
450	1.37634	87.3789
460	1.4864	87.4126
470	1.60346	87.4344
480	1.72842	87.4448
490	1.86234	87.4436
500	2.00638	87.4302
510	2.16185	87.4035
520	2.33014	87.3613
530	2.5127	87.2996
540	2.7108	87.2111
550	2.92537	87.0798
560	3.15751	86.8653
570	3.41993	86.4355
580	3.89093	85.2396
590	5.61619	83.6512
600	6.10991	85.5881
610	6.37546	86.0429
620	6.99102	85.901
630	7.9393	85.4463
640	9.44002	84.2797
650	12.9371	78.0202
660	21.5785	73.5811
670	22.6738	78.2326
680	30.5621	75.2502
690	54.5727	64.2792
700	130.504	1.61087
710	54.8439	-65.9867
720	28.7181	-78.0126
730	18.9571	-82.2511
740	13.8295	-84.3557
750	10.517	-85.5449
760	7.93074	-86.1007
770	5.25568	-85.2238
780	.975602	-5.79821
790	44.2993	-45.6716
800	12.5405	-84.201
810	9.12927	-86.5973
820	7.6368	-87.4257

830	6.71724	-87.8658
840	6.06094	-88.1488
850	5.55438	-88.3494
860	5.14423	-88.4984
870	4.80127	-88.6104
880	4.50762	-88.6919
890	4.25144	-88.7446
900	4.02438	-88.7647
910	3.82018	-88.7406
920	3.63402	-88.6441
930	3.46251	-88.4044
940	3.3064	-87.8137
950	3.19115	-86.0905
960	3.3478	-79.5321
970	4.14294	-74.1232
980	3.6336	-84.5008
990	3.25756	-87.5282
1000	3.04824	-88.4959
1010	2.90337	-88.9148
1020	2.78928	-89.1368
1030	2.6929	-89.2717
1040	2.60823	-89.3622
1050	2.53203	-89.4274
1060	2.46239	-89.477
1070	2.39807	-89.5164
1080	2.3382	-89.5485
1090	2.28213	-89.5754
1100	2.22939	-89.5982
1110	2.17957	-89.6177
1120	2.13234	-89.6342
1130	2.08748	-89.6476
1140	2.04514	-89.6567
1150	2.00811	-89.6601
1160	1.97935	-89.6864
1170	1.94043	-89.714
1180	1.90223	-89.7245
1190	1.86687	-89.7325
1200	1.83352	-89.7397


ZMAG(8)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)



A L T E R N A T I V A 8

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.95479
3	.974478	-5.88764
4	.966408	-7.00868
5	.931279	-12.1466

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.085	36.561
1	2	1	-103.798	-36.1843
2	1	3	51.7468	19.9845
2	3	1	-49.4703	-18.3381
3	2	3	29.6834	12.2126
3	3	2	-29.056	-14.096
4	2	4	44.0951	14.2099
4	4	2	-42.8177	-14.3211
5	2	5	40.0191	19.7608
5	5	2	-39.2267	-14.6943
6	3	4	38.5265	7.43473
6	4	3	-38.3624	-8.49922
7	4	5	21.1804	2.82041
7	5	4	-20.7733	-5.28822

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83193	1.56269

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.832	56.5454
2	69.9997	49.999
3	0	0
4	0	0
5	0	1.75117E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 9

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

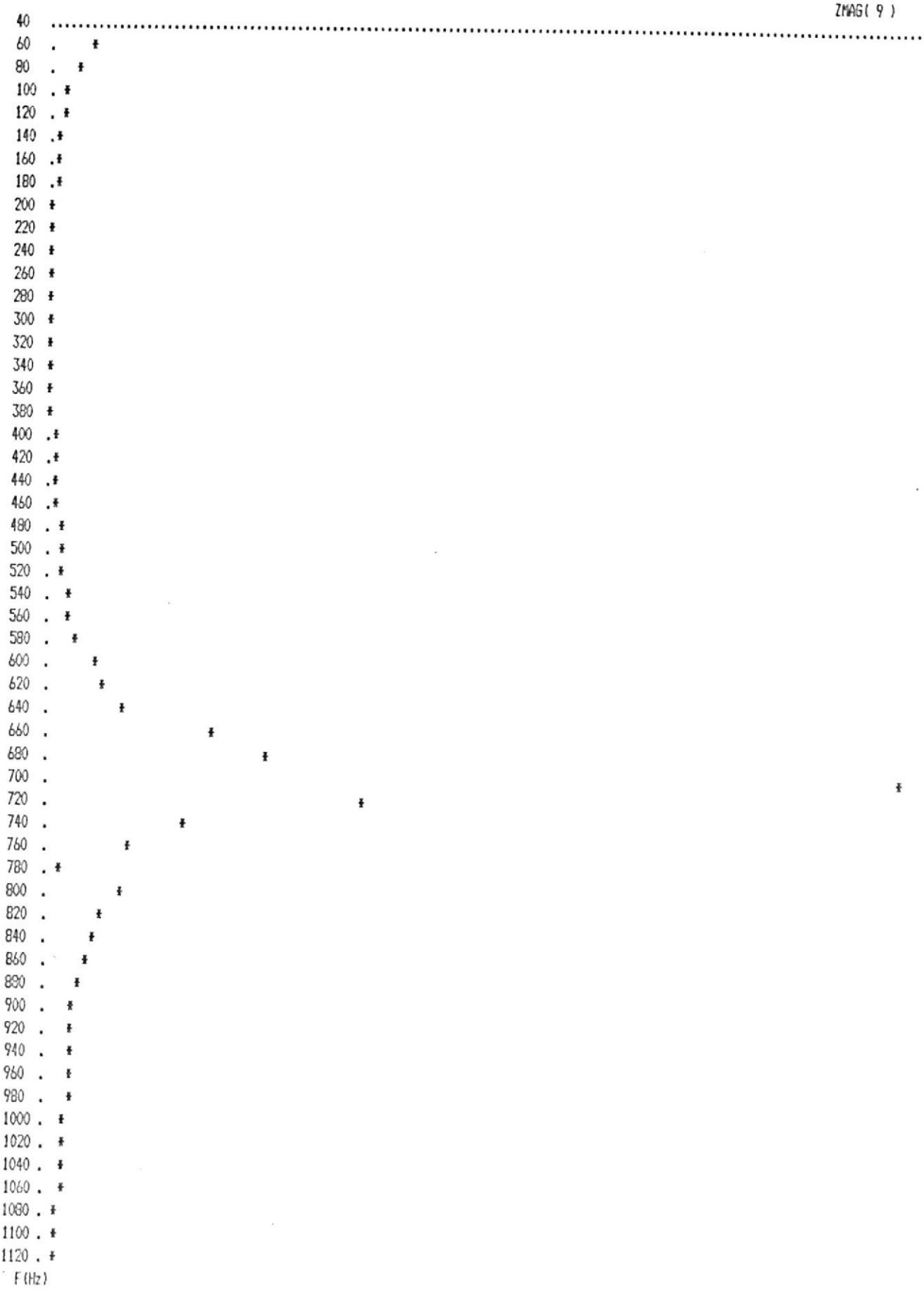
K5	K7	K11	K13	K15
1	0	0	1	0

IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.9618	-88.3956
70	3.9364	-88.646
80	3.23496	-88.7715
90	2.72341	-88.8211
100	2.33174	-88.8204
110	2.02048	-88.7827
120	1.76551	-88.7143
130	1.55151	-88.6177
140	1.36812	-88.4924
150	1.20818	-88.3355
160	1.06651	-88.1412
170	.939342	-87.9004
180	.823842	-87.599
190	.717802	-87.2149
200	.619524	-86.7123
210	.527679	-86.0304
220	.441226	-85.0572
230	.359402	-83.5619
240	.281782	-80.9845
250	.208591	-75.5472
260	.140913	-57.7985
270	.034247	30.0455
280	4.40325E-02	69.1361
290	.1041	77.6015
300	.169771	80.4815
310	.237354	82.9481
320	.30605	84.1107
330	.375509	84.898

340	.445925	85.4646
350	.517534	85.8897
360	.590604	86.2184
370	.665438	86.4783
380	.742358	86.6871
390	.821712	86.8567
400	.903884	86.9955
410	.989286	87.1093
420	1.07837	87.2024
430	1.17165	87.2779
440	1.26968	87.3382
450	1.37308	87.3849
460	1.48257	87.4191
470	1.59893	87.4415
480	1.72307	87.4526
490	1.85599	87.4523
500	1.99884	87.4399
510	2.15285	87.4144
520	2.31939	87.3737
530	2.49979	87.3139
540	2.69526	87.2276
550	2.9066	87.0993
560	3.13476	86.8889
570	3.39211	86.4657
580	3.85335	85.2873
590	5.53461	83.7465
600	6.00809	85.6652
610	6.25839	86.1199
620	6.84208	85.9939
630	7.7356	85.5707
640	9.13429	84.4759
650	12.3379	78.5997
660	19.8656	74.9502
670	20.5973	79.3651
680	26.6213	77.2539
690	42.67	70.3042
700	100.255	40.4551
710	83.3678	-52.3486
720	37.5044	-74.5491
730	23.3726	-80.6868
740	16.7305	-83.4555
750	12.7701	-84.9846
760	9.91341	-85.8252
770	7.14676	-85.5373
780	1.91177	-11.396
790	14.8606	-80.858
800	9.52939	-86.3058
810	7.90716	-87.3178

820	6.95932	-87.7867
830	6.28538	-88.0804
840	5.76244	-88.2898
850	5.33667	-88.4484
860	4.97921	-88.5713
870	4.67248	-88.6661
880	4.40478	-88.736
890	4.16781	-88.7805
900	3.95535	-88.7949
910	3.7625	-88.767
920	3.58535	-88.6684
930	3.42111	-88.4286
940	3.2709	-87.8415
950	3.15998	-86.1325
960	3.3158	-79.6369
970	4.09749	-74.306
980	3.59906	-84.5564
990	3.23092	-87.551
1000	3.02588	-88.5091
1010	2.88391	-88.924
1020	2.77201	-89.1438
1030	2.67741	-89.2775
1040	2.59421	-89.367
1050	2.51928	-89.4316
1060	2.45073	-89.4807
1070	2.38736	-89.5196
1080	2.32833	-89.5514
1090	2.27302	-89.578
1100	2.22094	-89.6006
1110	2.17171	-89.6199
1120	2.12503	-89.6362
1130	2.08066	-89.6494
1140	2.03876	-89.6584
1150	2.00211	-89.6617
1160	1.97366	-89.6878
1170	1.93509	-89.7153
1180	1.89721	-89.7257
1190	1.86214	-89.7336
1200	1.82906	-89.7407


ZMAG(9)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 9

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.95479
3	.974478	-5.88764
4	.966408	-7.00868
5	.93128	-12.1466

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.085	36.5607
1	2	1	-103.798	-36.184
2	1	3	51.7468	19.9844
2	3	1	-49.4703	-18.338
3	2	3	29.6834	12.2126
3	3	2	-29.056	-14.096
4	2	4	44.0951	14.2098
4	4	2	-42.8176	-14.321
5	2	5	40.0191	19.7606
5	5	2	-39.2267	-14.6941
6	3	4	38.5265	7.43451
6	4	3	-38.3624	-8.49908
7	4	5	21.1804	2.82027
7	5	4	-20.7733	-5.28811

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.8319	1.56257

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.832	56.5451
2	69.9997	49.999
3	0	0
4	0	0
5	0	1.77863E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 10

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

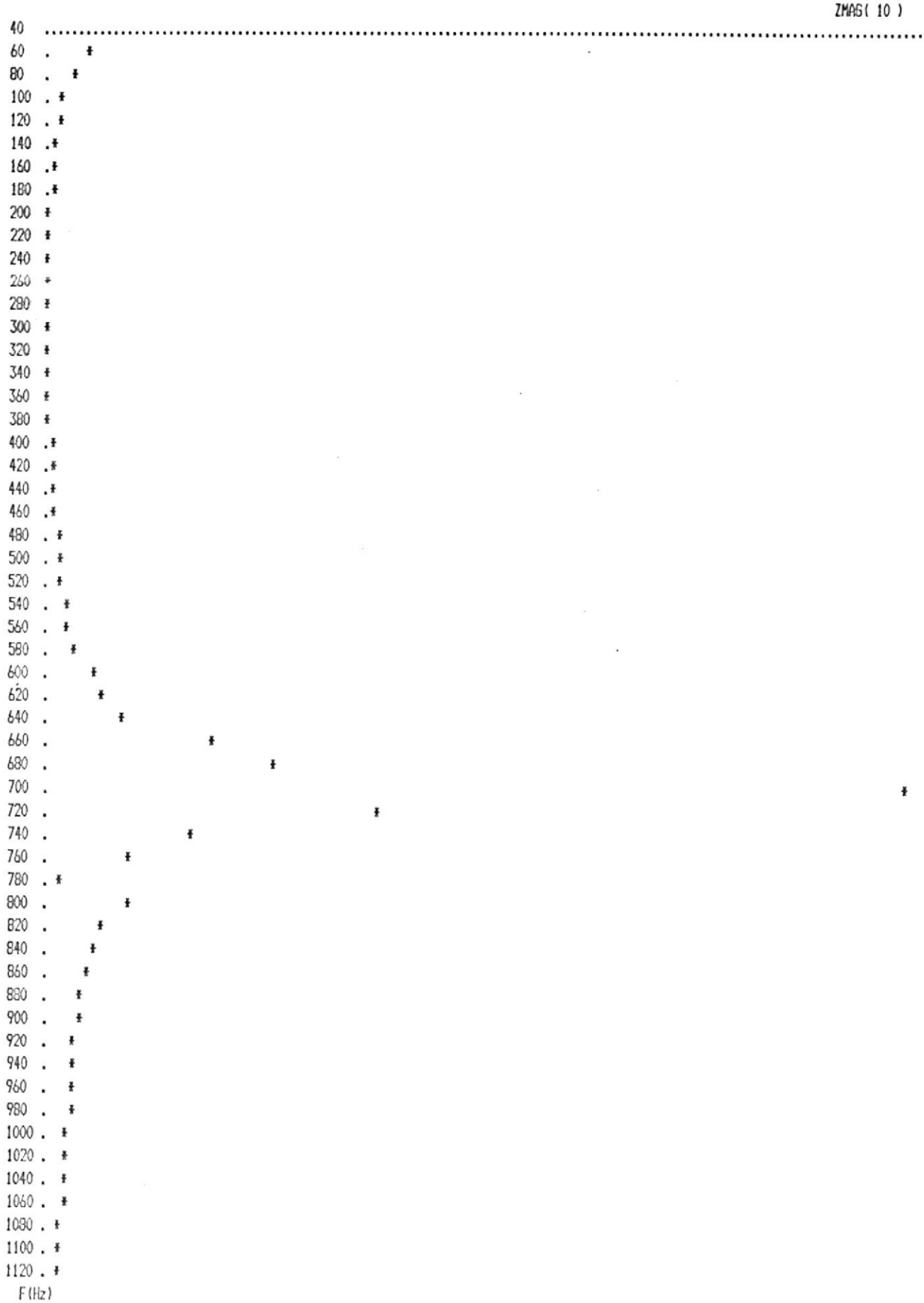
K5	K7	K11	K13	K15
0	1	0	1	0

IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96185	-88.3956
70	3.93645	-88.646
80	3.23501	-88.7715
90	2.72347	-88.8211
100	2.3318	-88.8205
110	2.02054	-88.7827
120	1.76557	-88.7144
130	1.55158	-88.6177
140	1.36819	-88.4924
150	1.20825	-88.3355
160	1.06658	-88.1412
170	.939412	-87.9004
180	.82391	-87.5989
190	.717869	-87.2148
200	.619589	-86.7121
210	.52774	-86.0301
220	.441282	-85.0568
230	.359452	-83.5612
240	.281823	-80.9835
250	.208622	-75.5454
260	.140931	-57.7943
270	3.42461E-02	30.0483
280	4.40276E-02	69.1391
290	.104035	77.6146
300	.170089	81.0805
310	.237845	82.9459
320	.306531	84.1055
330	.37608	84.8923

340	.446648	85.4584
350	.518477	85.8827
360	.591868	86.2102
370	.667181	86.4679
380	.74486	86.6731
390	.825538	86.8355
400	.910453	86.956
410	1.00427	86.9842
420	1.05792	78.2648
430	1.15261	87.2242
440	1.25869	87.334
450	1.36471	87.3876
460	1.47541	87.4235
470	1.5924	87.4464
480	1.71686	87.4576
490	1.84991	87.4573
500	1.99275	87.445
510	2.14666	87.4196
520	2.31299	87.379
530	2.4931	87.3193
540	2.68819	87.2333
550	2.89907	87.1053
560	3.12669	86.8955
570	3.38335	86.4735
580	3.84283	85.2989
590	5.51436	83.7679
600	5.98558	85.6799
610	6.23532	86.1328
620	6.81599	86.0078
630	7.70397	85.5874
640	9.0924	84.4997
650	12.2661	78.6649
660	19.6907	75.0829
670	20.4141	79.458
680	26.3302	77.3923
690	41.9787	70.6311
700	97.6967	42.1258
710	85.4869	-51.2056
720	38.0076	-74.3329
730	23.5653	-80.6073
740	16.8265	-83.4164
750	12.8245	-84.9622
760	9.94517	-85.811
770	7.16277	-85.5268
780	1.91198	-11.3632
790	14.9256	-80.8168
800	9.55566	-86.2951
810	7.9248	-87.3114
820	6.97265	-87.7821
830	6.29599	-88.0769

840	5.77115	-88.287
850	5.34397	-88.446
860	4.98542	-88.5693
870	4.67783	-88.6644
880	4.40943	-88.7345
890	4.17189	-88.7791
900	3.95895	-88.7936
910	3.7657	-88.7658
920	3.58819	-88.6672
930	3.42366	-88.4273
940	3.27318	-87.8399
950	3.16206	-86.1299
960	3.31802	-79.6298
970	4.10075	-74.2931
980	3.60163	-84.5524
990	3.23296	-87.5494
1000	3.02764	-88.5082
1010	2.88549	-88.9234
1020	2.77344	-89.1433
1030	2.67873	-89.277
1040	2.59543	-89.3667
1050	2.52041	-89.4313
1060	2.45178	-89.4804
1070	2.38835	-89.5193
1080	2.32925	-89.5512
1090	2.27388	-89.5778
1100	2.22176	-89.6004
1110	2.17248	-89.6197
1120	2.12575	-89.636
1130	2.08134	-89.6492
1140	2.03941	-89.6582
1150	2.00273	-89.6615
1160	1.97426	-89.6877
1170	1.93565	-89.7152
1180	1.89775	-89.7256
1190	1.86265	-89.7335
1200	1.82954	-89.7406


ZMAS(10)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 10

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.95479
3	.974479	-5.88764
4	.966408	-7.00868
5	.931279	-12.1466

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.085	36.5605
1	2	1	-103.798	-36.1838
2	1	3	51.7468	19.9843
2	3	1	-49.4703	-18.3379
3	2	3	29.6834	12.2125
3	3	2	-29.056	-14.0959
4	2	4	44.0951	14.2098
4	4	2	-42.8176	-14.3209
5	2	5	40.0191	19.7607
5	5	2	-39.2267	-14.6942
6	3	4	38.5265	7.43444
6	4	3	-38.3624	-8.499
7	4	5	21.1804	2.8204
7	5	4	-20.7734	-5.28824

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83189	1.56267

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.832	56.5448
2	69.9998	49.9992
3	0	0
4	0	0
5	0	1.75689E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 11

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

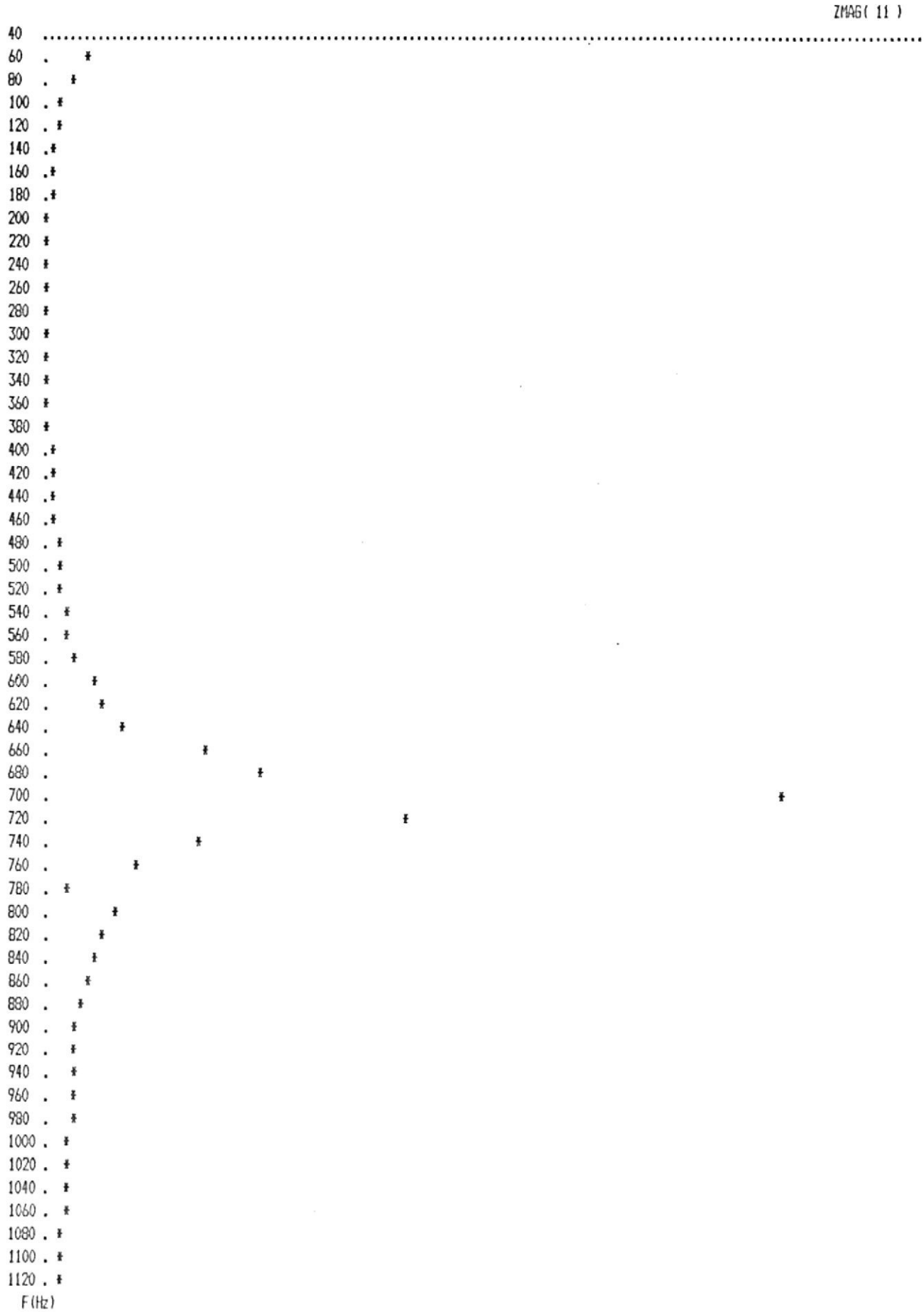
K5	K7	K11	K13	K15
1	1	0	1	0

IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96181	-88.3956
70	3.9364	-88.646
80	3.23496	-88.7715
90	2.72342	-88.8211
100	2.33175	-88.8204
110	2.02049	-88.7827
120	1.76551	-88.7143
130	1.55152	-88.6177
140	1.36813	-88.4924
150	1.20819	-88.3355
160	1.06652	-88.1412
170	.939353	-87.9004
180	.823853	-87.599
190	.717814	-87.2149
200	.619537	-86.7122
210	.527691	-86.0304
220	.441238	-85.0571
230	.359413	-83.5617
240	.281791	-80.9843
250	.208599	-75.5467
260	.140918	-57.7974
270	3.42468E-02	30.0463
280	.044031	69.137
290	.10408	77.6057
300	.169883	80.6806
310	.237527	82.947
320	.30623	84.1085

330	.375735	84.8955
340	.446228	85.4618
350	.517953	85.8863
360	.591199	86.2142
370	.666306	86.4727
380	.743678	86.6791
390	.82385	86.844
400	.907769	86.9707
410	.998647	87.0279
420	1.06687	81.2086
430	1.15813	87.2436
440	1.26142	87.3372
450	1.36642	87.3886
460	1.47652	87.4241
470	1.59307	87.4471
480	1.71715	87.4586
490	1.84984	87.4585
500	1.99228	87.4465
510	2.14575	87.4215
520	2.31157	87.3813
530	2.49107	87.3222
540	2.68542	87.2369
550	2.89539	87.1097
560	3.12189	86.901
570	3.37713	86.4809
580	3.83401	85.3107
590	5.49455	83.7918
600	5.96004	85.7
610	6.2051	86.1535
620	6.77667	86.0332
630	7.64923	85.6217
640	9.00934	84.554
650	12.1035	78.8233
660	19.2402	75.4435
670	19.8702	79.7561
680	25.3393	77.8964
690	39.307	71.9524
700	86.0461	49.3699
710	99.8608	-43.2204
720	42.1187	-72.6969
730	25.4842	-79.9286
740	18.0606	-83.0357
750	13.7937	-84.7236
760	10.8397	-85.6893
770	8.13445	-85.6911
780	2.78637	-16.6935
790	11.9777	-83.8129

800	8.83648	-86.7935
810	7.57996	-87.5131
820	6.76776	-87.8904
830	6.16027	-88.1437
840	5.67497	-88.332
850	5.27258	-88.4781
860	4.93058	-88.5933
870	4.63457	-88.6829
880	4.37459	-88.7492
890	4.14334	-88.7913
900	3.93523	-88.8039
910	3.74577	-88.7748
920	3.5713	-88.6756
930	3.40922	-88.4357
940	3.26075	-87.8496
950	3.1511	-86.1446
960	3.30674	-79.6666
970	4.08471	-74.3575
980	3.5894	-84.572
990	3.22349	-87.5574
1000	3.01967	-88.5129
1010	2.87853	-88.9266
1020	2.76725	-89.1458
1030	2.67316	-89.2791
1040	2.59038	-89.3684
1050	2.5158	-89.4327
1060	2.44757	-89.4817
1070	2.38447	-89.5205
1080	2.32568	-89.5522
1090	2.27057	-89.5787
1100	2.21868	-89.6012
1110	2.16962	-89.6205
1120	2.12308	-89.6367
1130	2.07885	-89.6499
1140	2.03708	-89.6588
1150	2.00053	-89.6621
1160	1.97217	-89.6882
1170	1.93369	-89.7157
1180	1.8959	-89.726
1190	1.86091	-89.7339
1200	1.8279	-89.741


ZMAG(11)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 11

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.95479
3	.974479	-5.88764
4	.966408	-7.00868
5	.93128	-12.1466

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.085	36.5604
1	2	1	-103.798	-36.1835
2	1	3	51.7468	19.9843
2	3	1	-49.4703	-18.338
3	2	3	29.6834	12.2127
3	3	2	-29.056	-14.096
4	2	4	44.0952	14.2099
4	4	2	-42.8177	-14.321
5	2	5	40.0191	19.7607
5	5	2	-39.2267	-14.6942
6	3	4	38.5265	7.43453
6	4	3	-38.3624	-8.49907
7	4	5	21.1804	2.82031
7	5	4	-20.7733	-5.28815

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83193	1.56282

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.832	56.5447
2	69.9999	49.9997
3	0	0
4	0	0
5	0	.017689

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 12

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

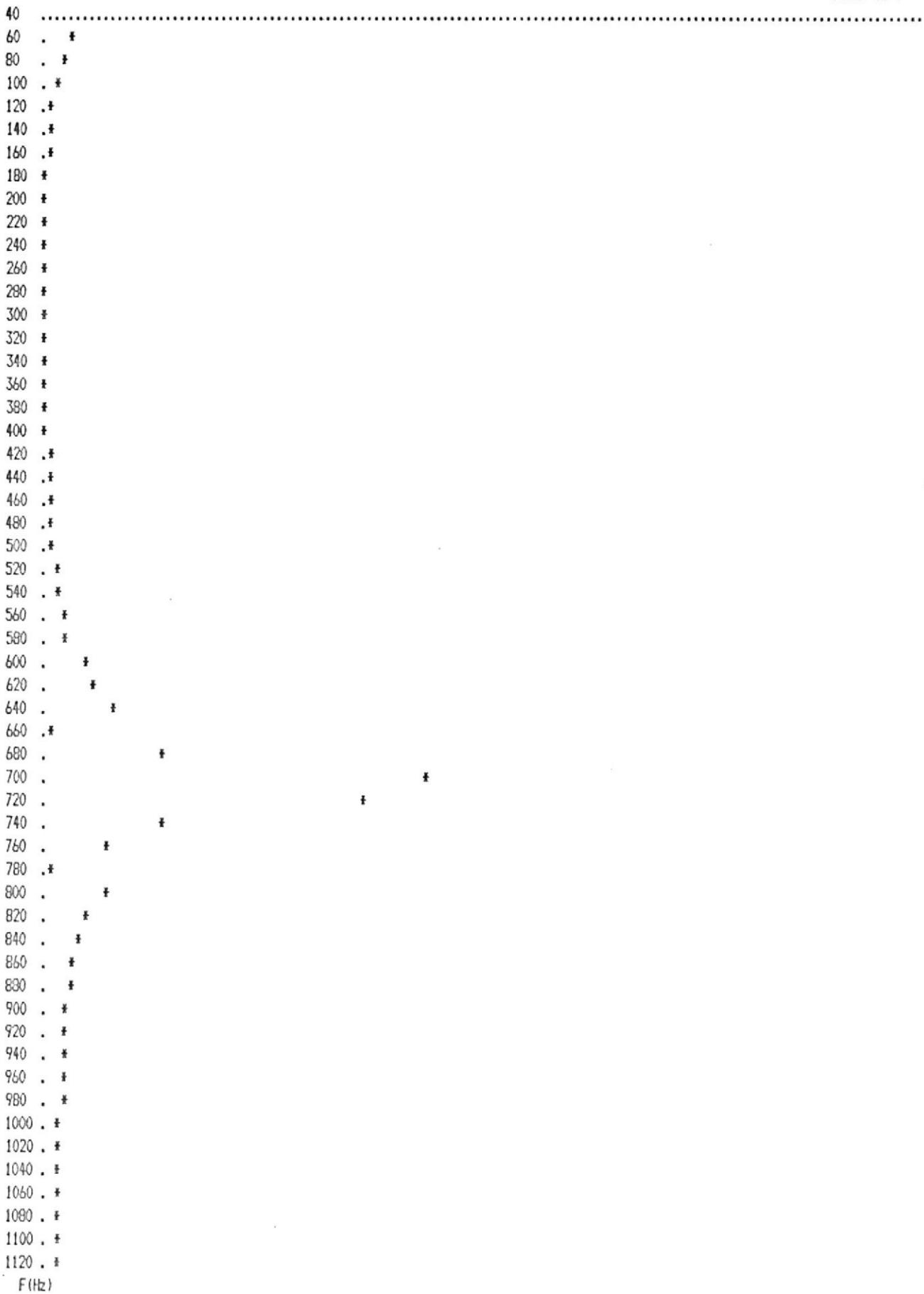
K5	K7	K11	K13	K15
0	0	1	1	0

IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96189	-88.3956
70	3.93648	-88.646
80	3.23504	-88.7715
90	2.7235	-88.8211
100	2.33183	-88.8205
110	2.02057	-88.7827
120	1.7656	-88.7143
130	1.55161	-88.6177
140	1.36823	-88.4923
150	1.20828	-88.3355
160	1.06661	-88.1411
170	.939443	-87.9004
180	.82394	-87.5989
190	.717896	-87.2147
200	.619614	-86.712
210	.527761	-86.03
220	.4413	-85.0566
230	.359466	-83.561
240	.281833	-80.9832
250	.208629	-75.5449
260	.140934	-57.7935
270	.034246	30.0487
280	4.40271E-02	69.1393
290	.104032	77.615
300	.170078	81.0811
310	.237818	82.9468
320	.306477	84.1067
330	.375981	84.8939
340	.446474	85.4606

350	.518184	85.8858
360	.591378	86.2144
370	.66636	86.4742
380	.743458	86.6828
390	.823023	86.8522
400	.905446	86.9908
410	.991147	87.1043
420	1.08059	87.197
430	1.1743	87.2721
440	1.27284	87.3318
450	1.37686	87.3778
460	1.4871	87.4112
470	1.60438	87.4327
480	1.72965	87.4427
490	1.86397	87.441
500	2.00856	87.427
510	2.16477	87.3994
520	2.33408	87.356
530	2.51804	87.2928
540	2.71811	87.2021
550	2.93546	87.0677
560	3.17156	86.8485
570	3.43986	86.4106
580	3.92256	85.1945
590	5.69863	83.5448
600	6.23553	85.4768
610	6.55681	85.8974
620	7.29472	85.6622
630	8.53113	84.9734
640	10.9278	82.9722
650	21.1904	66.6743
660	2.00234	5.55506
670	11.8183	82.0476
680	18.0209	80.6801
690	28.465	76.4798
700	57.5346	63.4498
710	128.695	-16.6856
720	47.8173	-69.9062
730	26.5426	-79.3167
740	18.0978	-82.8693
750	13.4635	-84.6827
760	10.2844	-85.6507
770	7.32001	-85.4182
780	1.91386	-11.0676
790	15.5011	-80.4439
800	9.77307	-86.2023
810	8.0633	-87.2584

820	7.07256	-87.7457
830	6.37227	-88.0499
840	5.83142	-88.2661
850	5.39274	-88.4293
860	5.02561	-88.5556
870	4.71143	-88.653
880	4.43786	-88.7248
890	4.19617	-88.7707
900	3.97986	-88.7861
910	3.78383	-88.7588
920	3.604	-88.6604
930	3.43748	-88.4202
940	3.28535	-87.8312
950	3.173	-86.1158
960	3.32948	-79.5929
970	4.11733	-74.2272
980	3.61443	-84.5324
990	3.24299	-87.5413
1000	3.03618	-88.5035
1010	2.89302	-88.9201
1020	2.78021	-89.1409
1030	2.68486	-89.2751
1040	2.60104	-89.365
1050	2.52556	-89.4298
1060	2.45654	-89.4791
1070	2.39275	-89.5182
1080	2.33334	-89.5502
1090	2.27769	-89.5769
1100	2.22531	-89.5996
1110	2.1758	-89.6189
1120	2.12887	-89.6353
1130	2.08426	-89.6486
1140	2.04216	-89.6576
1150	2.00533	-89.6609
1160	1.97673	-89.6872
1170	1.93798	-89.7147
1180	1.89995	-89.7252
1190	1.86473	-89.7331
1200	1.83152	-89.7403


ZMAG(12)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 12

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01688	-3.43747
3	.998616	-3.85826
4	.999463	-5.23789
5	.947913	-11.2775

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	120.767	35.7828
1	2	1	-117.898	-33.6491
2	1	3	35.1435	13.5876
2	3	1	-34.0727	-15.6773
3	2	3	5.9807	5.43814
3	3	2	-5.92704	-9.32263
4	2	4	87.4124	24.4607
4	4	2	-86.6907	-25.3606
5	2	5	34.505	14.7838
5	5	2	-33.9412	-12.0449
6	2	4	87.4124	25.4948
6	4	2	-86.6907	-24.3616
7	4	5	26.6921	6.35949
7	5	4	-26.0586	-7.93609

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
6.63393	-2.44501

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	155.911	49.3704
2	157.412	76.5283
3	0	0
4	-86.6893	-23.3627
5	0	1.89956E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 13

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

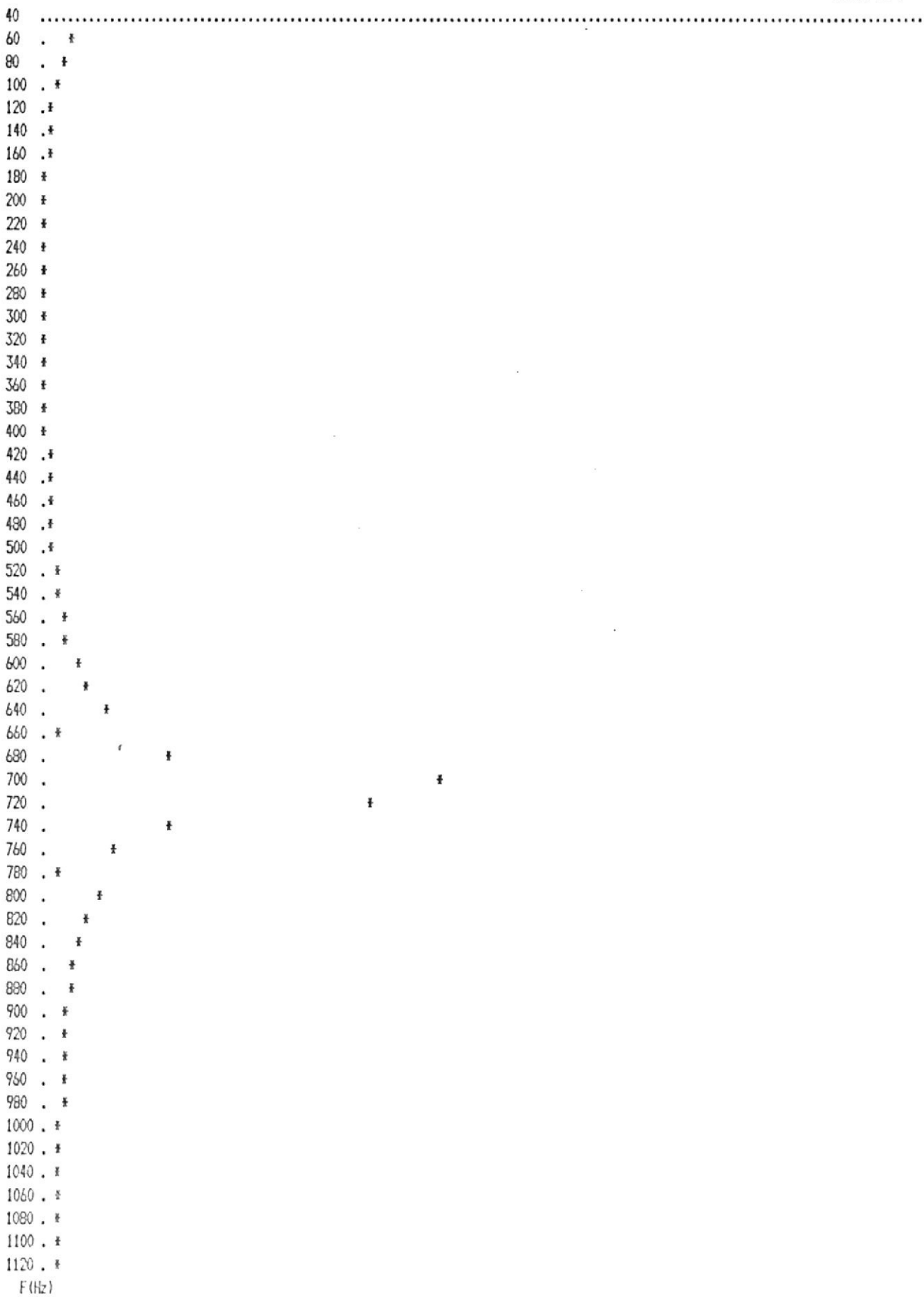
K5	K7	K11	K13	K15
1	0	1	1	0

IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96183	-88.3956
70	3.93642	-88.646
80	3.23498	-88.7715
90	2.72344	-88.8211
100	2.33177	-88.8204
110	2.02051	-88.7827
120	1.76554	-88.7143
130	1.55154	-88.6177
140	1.36816	-88.4924
150	1.20821	-88.3355
160	1.06654	-88.1412
170	.939374	-87.9004
180	.823873	-87.599
190	.717832	-87.2148
200	.619553	-86.7122
210	.527705	-86.0303
220	.44125	-85.057
230	.359423	-83.5616
240	.281798	-80.9841
250	.208603	-75.5464
260	.14092	-57.7969
270	3.42467E-02	30.0465
280	4.40307E-02	69.1372
290	.104078	77.606
300	.169875	80.6811
310	.23751	82.9476
320	.306194	84.1093
330	.375669	84.8966

340	.446113	85.4633
350	.517757	85.8884
360	.590873	86.217
370	.66576	86.4768
380	.742746	86.6855
390	.822178	86.8551
400	.904445	86.9938
410	.989961	87.1074
420	1.07919	87.2004
430	1.17263	87.2757
440	1.27086	87.3358
450	1.37451	87.3821
460	1.4843	87.416
470	1.60105	87.438
480	1.72566	87.4486
490	1.85919	87.4477
500	2.00279	87.4345
510	2.15778	87.4081
520	2.32557	87.3661
530	2.50761	87.3046
540	2.70525	87.2162
550	2.91949	87.0848
560	3.15157	86.87
570	3.41446	86.4393
580	3.88656	85.2419
590	5.61519	83.6458
600	6.12298	85.5677
610	6.41375	86.0007
620	7.08488	85.8106
630	8.17397	85.2318
640	10.1347	83.6164
650	16.8406	72.5672
660	2.94635	8.44091
670	13.5	81.6324
680	19.5556	80.1596
690	30.316	75.8026
700	60.5814	62.2493
710	129.632	-17.0889
720	49.5806	-69.3441
730	27.7221	-78.9702
740	19.0158	-82.6323
750	14.2795	-84.5176
760	11.1059	-85.5709
770	8.26896	-85.612
780	2.79032	-16.4125
790	12.2224	-83.6779
800	8.95943	-86.7437
810	7.66391	-87.4818
820	6.83021	-87.8679

830	6.20875	-88.1267
840	5.71369	-88.3186
850	5.30413	-88.4673
860	4.95672	-88.5844
870	4.65651	-88.6755
880	4.3932	-88.7429
890	4.15928	-88.7857
900	3.94898	-88.799
910	3.75771	-88.7702
920	3.58171	-88.6711
930	3.41835	-88.431
940	3.26879	-87.8438
950	3.15833	-86.1353
960	3.31432	-79.6423
970	4.09566	-74.314
980	3.59786	-84.5588
990	3.23013	-87.5521
1000	3.02533	-88.5098
1010	2.88352	-88.9245
1020	2.77174	-89.1442
1030	2.67723	-89.2778
1040	2.59411	-89.3673
1050	2.51923	-89.4318
1060	2.45072	-89.4808
1070	2.38739	-89.5197
1080	2.32839	-89.5515
1090	2.2731	-89.5781
1100	2.22104	-89.6007
1110	2.17183	-89.6199
1120	2.12515	-89.6363
1130	2.08079	-89.6495
1140	2.0389	-89.6584
1150	2.00225	-89.6617
1160	1.97381	-89.6878
1170	1.93524	-89.7153
1180	1.89737	-89.7258
1190	1.86229	-89.7336
1200	1.82921	-89.7408


ZMAG(13)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 13

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.95479
3	.974478	-5.88765
4	.966408	-7.00868
5	.931279	-12.1466

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.085	36.5605
1	2	1	-103.798	-36.1838
2	1	3	51.7468	19.9844
2	3	1	-49.4704	-18.338
3	2	3	29.6834	12.2127
3	3	2	-29.056	-14.096
4	2	4	44.0951	14.2099
4	4	2	-42.8177	-14.321
5	2	5	40.0191	19.7607
5	5	2	-39.2267	-14.6942
6	3	4	38.5264	7.4344
6	4	3	-38.3624	-8.49898
7	4	5	21.1804	2.8204
7	5	4	-20.7734	-5.28823

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83192	1.56269

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.832	56.5449
2	69.9998	49.9995
3	0	0
4	0	0
5	0	1.75307E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 14

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

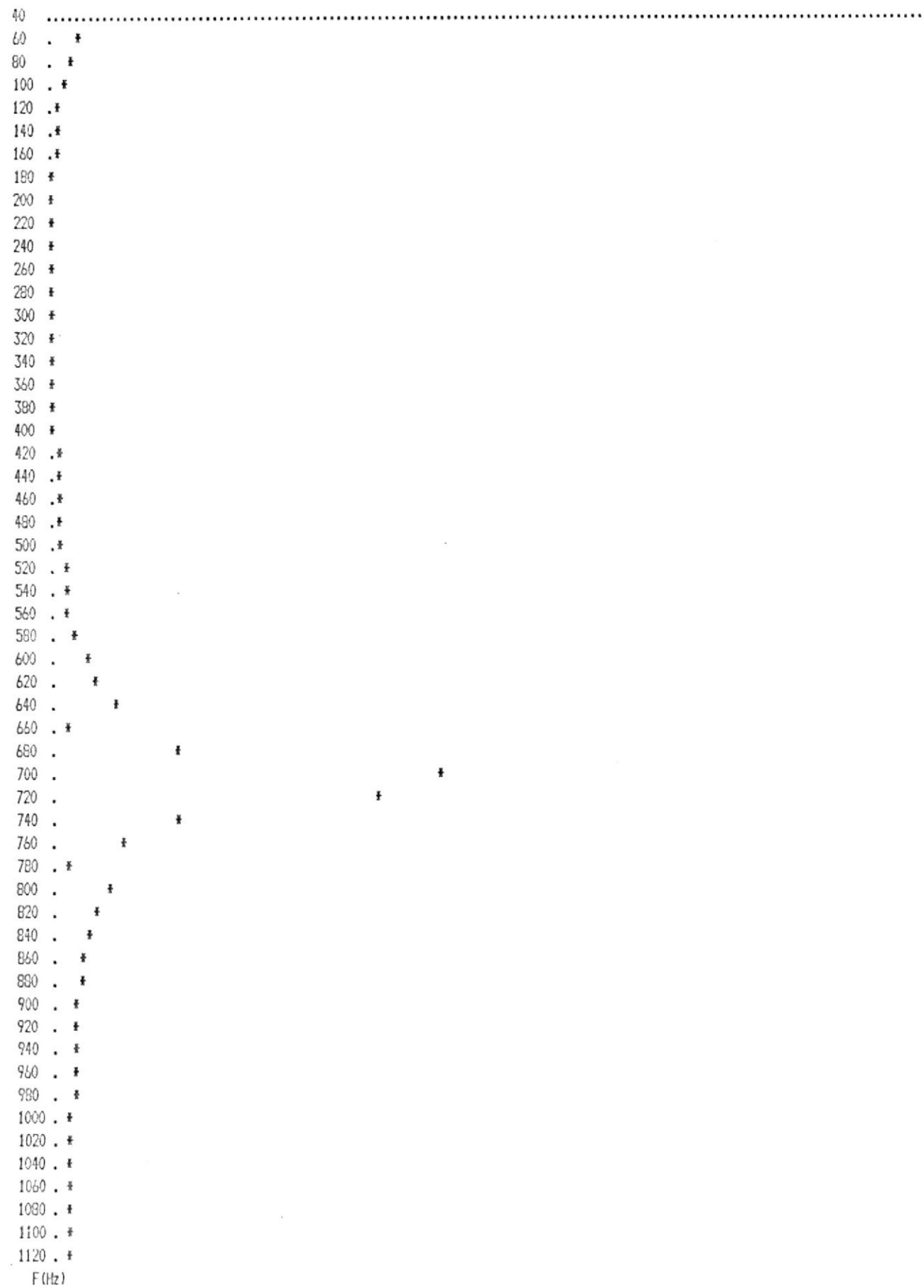
K5	K7	K11	K13	K15
0	1	1	1	0

IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96186	-88.3956
70	3.93646	-88.646
80	3.23502	-88.7715
90	2.72348	-88.8211
100	2.33181	-88.8205
110	2.02055	-88.7827
120	1.76558	-88.7144
130	1.55159	-88.6177
140	1.3682	-88.4924
150	1.20826	-88.3355
160	1.06659	-88.1412
170	.93942	-87.9004
180	.823919	-87.5989
190	.717877	-87.2147
200	.619596	-86.712
210	.527746	-86.0301
220	.441287	-85.0567
230	.359456	-83.5612
240	.281826	-80.9834
250	.208624	-75.5452
260	.140932	-57.7941
270	3.42461E-02	30.0484
280	4.40275E-02	69.1392
290	.104034	77.6147
300	.170086	81.0807
310	.237837	82.9462
320	.306515	84.1058
330	.37605	84.8928

340	.446595	85.4591
350	.518386	85.8837
360	.591715	86.2115
370	.666922	86.4699
380	.744414	86.6762
390	.824728	86.841
400	.908819	86.9675
410	.999911	87.0244
420	1.06831	81.1969
430	1.15985	87.2397
440	1.2635	87.333
450	1.36891	87.384
460	1.47951	87.4189
470	1.59668	87.4413
480	1.7215	87.452
490	1.85511	87.4511
500	1.99871	87.438
510	2.15362	87.4116
520	2.32128	87.3696
530	2.50312	87.3083
540	2.7005	87.22
550	2.91442	87.0889
560	3.14613	86.8745
570	3.40853	86.4446
580	3.87942	85.2498
590	5.60127	83.6605
600	6.10738	85.5779
610	6.39759	86.0098
620	7.06622	85.8206
630	8.15041	85.2446
640	10.1003	83.637
650	16.7537	72.6581
660	2.94594	8.49231
670	13.4469	81.6644
680	19.4493	80.212
690	30.0748	75.9156
700	59.737	62.664
710	130.811	-15.2722
720	50.1482	-69.0933
730	27.9015	-78.8963
740	19.0982	-82.5991
750	14.3247	-84.4994
760	11.1324	-85.5598
770	8.28325	-85.6041
780	2.79077	-16.3813
790	12.2518	-83.6621
800	8.97491	-86.7377
810	7.67495	-87.4779
820	6.83876	-87.865

830	6.21565	-88.1244
840	5.71939	-88.3167
850	5.30894	-88.4658
860	4.96082	-88.5831
870	4.66005	-88.6744
880	4.39629	-88.7419
890	4.16199	-88.7848
900	3.95137	-88.7981
910	3.75983	-88.7694
920	3.58361	-88.6703
930	3.42004	-88.4301
940	3.2703	-87.8428
950	3.15972	-86.1335
960	3.3158	-79.6375
970	4.09784	-74.3054
980	3.59957	-84.5561
990	3.23149	-87.551
1000	3.0265	-88.5092
1010	2.88457	-88.9241
1020	2.77269	-89.1439
1030	2.67811	-89.2775
1040	2.59492	-89.367
1050	2.51998	-89.4316
1060	2.45143	-89.4807
1070	2.38805	-89.5196
1080	2.32901	-89.5514
1090	2.27368	-89.578
1100	2.22158	-89.6006
1110	2.17234	-89.6198
1120	2.12564	-89.6361
1130	2.08125	-89.6494
1140	2.03934	-89.6583
1150	2.00267	-89.6616
1160	1.97421	-89.6878
1170	1.93562	-89.7153
1180	1.89773	-89.7257
1190	1.86264	-89.7336
1200	1.82954	-89.7407


ZMAG(14)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 14

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.95479
3	.974478	-5.88764
4	.966408	-7.00868
5	.931279	-12.1466

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.085	36.5606
1	2	1	-103.798	-36.1838
2	1	3	51.7468	19.9844
2	3	1	-49.4703	-18.338
3	2	3	29.6834	12.2127
3	3	2	-29.056	-14.096
4	2	4	44.0951	14.2099
4	4	2	-42.8177	-14.321
5	2	5	40.0191	19.7608
5	5	2	-39.2267	-14.6943
6	3	4	38.5264	7.43429
6	4	3	-38.3624	-8.49885
7	4	5	21.1804	2.82045
7	5	4	-20.7734	-5.28828

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83188	1.56274

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.832	56.5449
2	69.9998	49.9995
3	0	0
4	0	0
5	0	1.74544E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 15

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

K5	K7	K11	K13	K15
1	1	1	1	0

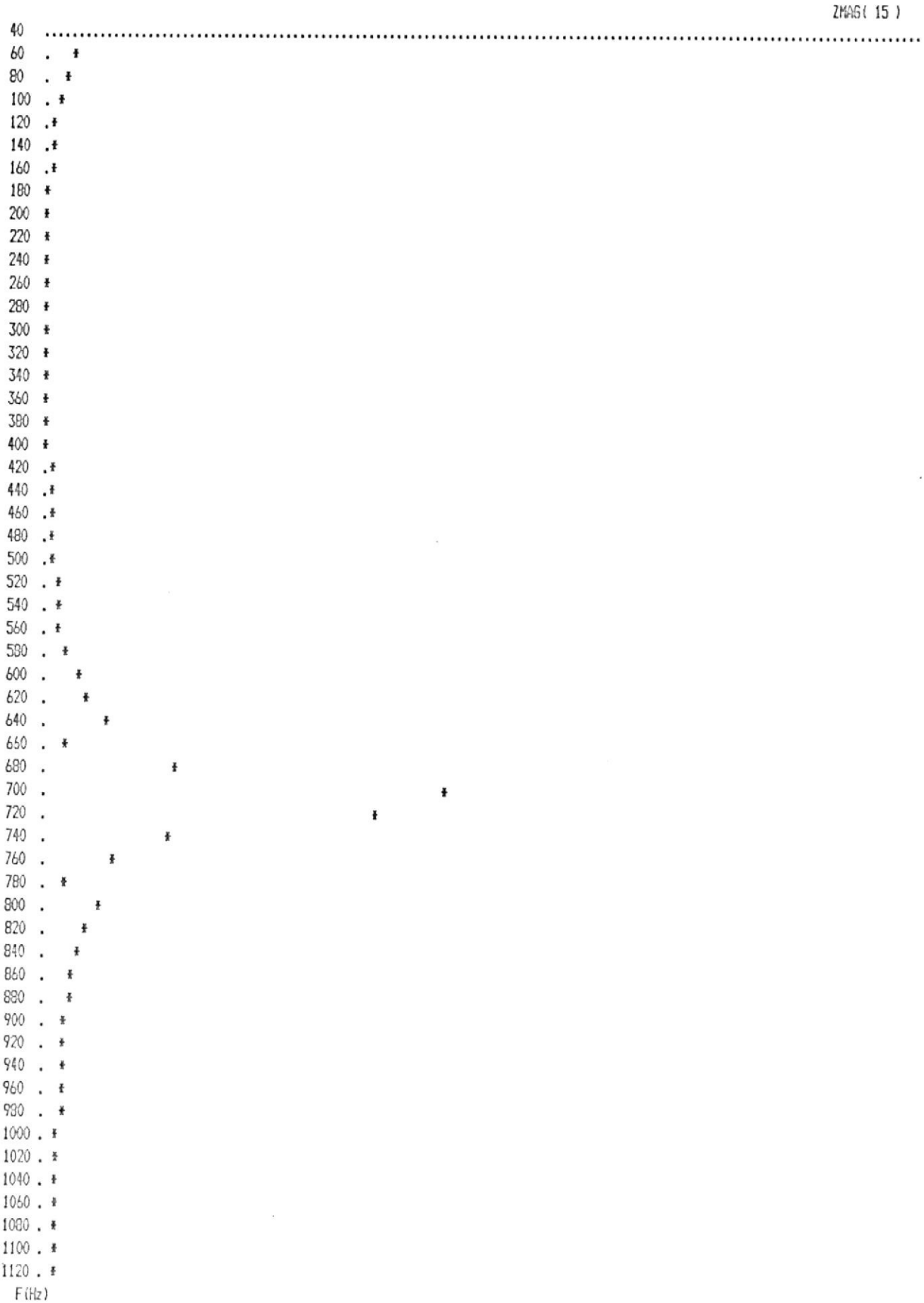
IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96183	-88.3956
70	3.93642	-88.646
80	3.23498	-88.7715
90	2.72344	-88.8211
100	2.33177	-88.8204
110	2.02051	-88.7827
120	1.76553	-88.7143
130	1.55154	-88.6177
140	1.36815	-88.4924
150	1.20821	-88.3355
160	1.06654	-88.1412
170	.939374	-87.9004
180	.823874	-87.599
190	.717833	-87.2148
200	.619555	-86.7122
210	.527708	-86.0303
220	.441252	-85.057
230	.359426	-83.5616
240	.281801	-80.984
250	.208606	-75.5463
260	.140922	-57.7965
270	3.42466E-02	30.0469
280	4.40301E-02	69.1376
290	.104068	77.608
300	.169933	80.7807
310	.237601	82.947
320	.306293	84.108
330	.375799	84.8951

340	.446293	85.4615
350	.518016	85.8861
360	.591252	86.2142
370	.666331	86.473
380	.743639	86.6799
390	.823665	86.8459
400	.907218	86.9756
410	.996803	87.0469
420	1.07141	82.69
430	1.1622	87.2505
440	1.26435	87.3356
450	1.36914	87.3857
460	1.47932	87.4206
470	1.59611	87.4431
480	1.72056	87.4541
490	1.85375	87.4535
500	1.99687	87.4409
510	2.15119	87.415
520	2.31813	87.3737
530	2.49907	87.3132
540	2.69532	87.226
550	2.90779	87.0964
560	3.13761	86.8839
570	3.39748	86.4574
580	3.86349	85.2711
590	5.56407	83.7061
600	6.05671	85.6194
610	6.33266	86.0573
620	6.9708	85.8889
630	7.98935	85.3622
640	9.75533	83.9189
650	15.1796	74.7365
660	3.8452	11.2618
670	14.4875	81.4038
680	20.3376	79.907
690	31.1397	75.5199
700	61.5519	61.9276
710	131.015	-15.9297
720	50.9498	-68.8535
730	28.4921	-78.7277
740	19.5755	-82.4786
750	14.7618	-84.413
760	11.5894	-85.5173
770	8.85429	-85.7228
780	3.59114	-21.3939
790	11.0629	-84.8207
800	8.61183	-86.9779



810	7.48654	-87.5826
820	6.72134	-87.9239
830	6.13514	-88.162
840	5.66078	-88.3427
850	5.26445	-88.4848
860	4.92601	-88.5975
870	4.63215	-88.6857
880	4.3735	-88.7511
890	4.14309	-88.7925
900	3.9355	-88.8047
910	3.74636	-88.7753
920	3.57209	-88.6758
930	3.41012	-88.4357
940	3.2617	-87.8493
950	3.15209	-86.1437
960	3.30789	-79.6632
970	4.08654	-74.3506
980	3.59091	-84.5699
990	3.22475	-87.5566
1000	3.02081	-88.5124
1010	2.87958	-88.9263
1020	2.76824	-89.1456
1030	2.67409	-89.2789
1040	2.59126	-89.3682
1050	2.51663	-89.4326
1060	2.44835	-89.4816
1070	2.38521	-89.5204
1080	2.32638	-89.5521
1090	2.27124	-89.5786
1100	2.21932	-89.6011
1110	2.17023	-89.6204
1120	2.12366	-89.6366
1130	2.0794	-89.6498
1140	2.0376	-89.6588
1150	2.00103	-89.662
1160	1.97265	-89.6881
1170	1.93415	-89.7156
1180	1.89635	-89.726
1190	1.86133	-89.7338
1200	1.8283	-89.741


ZMAG(15)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 15

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.95479
3	.974479	-5.88764
4	.966408	-7.00868
5	.93128	-12.1466

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.085	36.5605
1	2	1	-103.798	-36.1838
2	1	3	51.7468	19.9843
2	3	1	-49.4703	-18.338
3	2	3	29.6834	12.2126
3	3	2	-29.056	-14.096
4	2	4	44.0951	14.2098
4	4	2	-42.8177	-14.321
5	2	5	40.0191	19.7606
5	5	2	-39.2267	-14.6941
6	3	4	38.5264	7.43442
6	4	3	-38.3624	-8.49896
7	4	5	21.1804	2.82031
7	5	4	-20.7733	-5.28815

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83191	1.56271

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.832	56.5449
2	69.9998	49.9993
3	0	0
4	0	0
5	0	1.77043E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 16

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

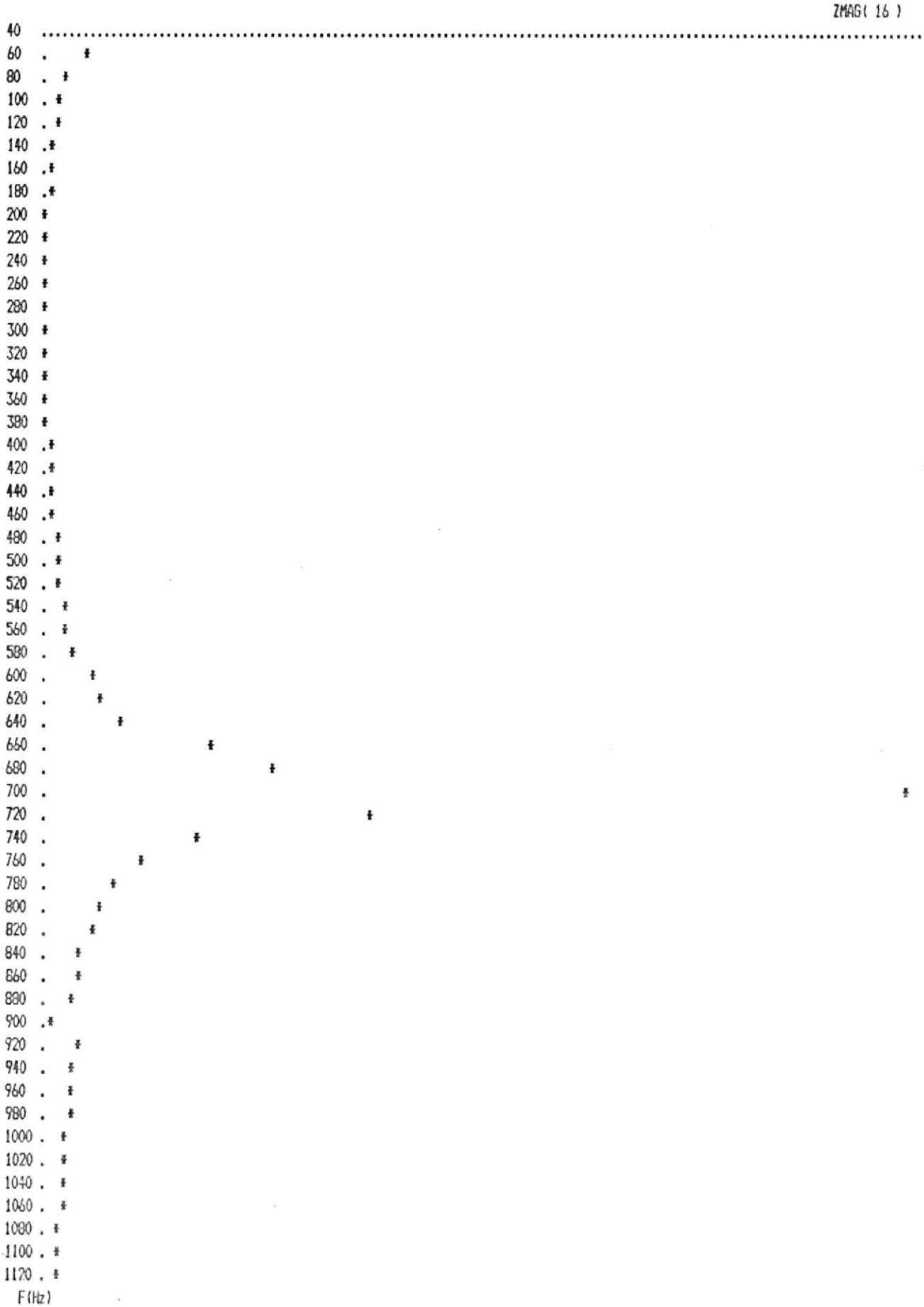
K5	K7	K11	K13	K15
0	0	0	0	1

IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.9619	-88.3956
70	3.93649	-88.646
80	3.23506	-88.7715
90	2.72351	-88.8211
100	2.33184	-88.8205
110	2.02059	-88.7827
120	1.76562	-88.7143
130	1.55162	-88.6177
140	1.36824	-88.4923
150	1.20829	-88.3354
160	1.06662	-88.1411
170	.939454	-87.9003
180	.823951	-87.5989
190	.717906	-87.2146
200	.619622	-86.7119
210	.527769	-86.0299
220	.441306	-85.0566
230	.35947	-83.5609
240	.281836	-80.9831
250	.208631	-75.5448
260	.140935	-57.7933
270	3.42459E-02	30.0488
280	.044027	69.1394
290	.104031	77.6151
300	.170075	81.0813
310	.237813	82.947

320	.306467	84.1069
330	.375963	84.8942
340	.446445	85.461
350	.518139	85.8861
360	.591312	86.2149
370	.666267	86.4747
380	.743327	86.6834
390	.822844	86.853
400	.905204	86.9916
410	.990821	87.1053
420	1.08016	87.1982
430	1.17372	87.2736
440	1.27208	87.3336
450	1.37586	87.3799
460	1.48579	87.4138
470	1.60267	87.4359
480	1.72741	87.4465
490	1.86104	87.4456
500	2.0047	87.4327
510	2.15968	87.4065
520	2.32734	87.3649
530	2.50906	87.3041
540	2.70608	87.2167
550	2.91923	87.0869
560	3.1495	86.8745
570	3.4094	86.4479
580	3.87564	85.2603
590	5.58047	83.6951
600	6.06199	85.627
610	6.31628	86.0849
620	6.91012	85.9554
630	7.82037	85.5241
640	9.24799	84.41
650	12.5316	78.424
660	20.3238	74.6075
670	21.0372	79.1533
680	27.2131	76.9983
690	43.6686	69.8998
700	101.722	39.8362
710	85.7573	-51.4491
720	39.2282	-74.0334
730	24.7808	-80.3299
740	18.0848	-83.1837
750	14.252	-84.7964
760	11.7739	-85.8272
770	10.0396	-86.5395

780	8.75624	-87.0588
790	7.76579	-87.4521
800	6.97555	-87.7583
810	6.32723	-88.0011
820	5.78195	-88.1956
830	5.31218	-88.3509
840	4.89682	-88.4718
850	4.51768	-88.5576
860	4.15553	-88.5985
870	3.78287	-88.5588
880	3.34248	-88.2961
890	2.64607	-86.8369
900	.862653	-12.8289
910	7.24408	-80.9019
920	4.64667	-87.1834
930	3.99074	-87.7483
940	3.63656	-87.3849
950	3.42109	-85.6824
960	3.54499	-78.8166
970	4.38688	-73.077
980	3.79725	-84.199
990	3.37055	-87.4055
1000	3.13444	-88.4258
1010	2.9724	-88.8676
1020	2.84612	-89.1022
1030	2.74062	-89.245
1040	2.64885	-89.3408
1050	2.567	-89.4099
1060	2.49279	-89.4625
1070	2.4247	-89.5041
1080	2.3617	-89.538
1090	2.303	-89.5663
1100	2.24801	-89.5903
1110	2.19627	-89.6108
1120	2.14739	-89.6281
1130	2.1011	-89.6421
1140	2.05752	-89.6518
1150	2.01943	-89.6556
1160	1.98982	-89.6824
1170	1.95001	-89.7105
1180	1.91102	-89.7213
1190	1.87496	-89.7296
1200	1.841	-89.737


ZMAG(16)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 16

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.9548
3	.97448	-5.88764
4	.96641	-7.00867
5	.931285	-12.1465

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.084	36.5584
1	2	1	-103.797	-36.1818
2	1	3	51.7466	19.9837
2	3	1	-49.4702	-18.3374
3	2	3	29.6834	12.2125
3	3	2	-29.0559	-14.0959
4	2	4	44.095	14.2095
4	4	2	-42.8176	-14.3207
5	2	5	40.019	19.7595
5	5	2	-39.2266	-14.6933
6	3	4	38.5262	7.4336
6	4	3	-38.3612	-8.49842
7	4	5	21.1802	2.81949
7	5	4	-20.7731	-5.28744

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83277	1.56176

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.831	56.5421
2	70	49.9998
3	0	0
4	0	0
5	0	1.92664E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 17

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

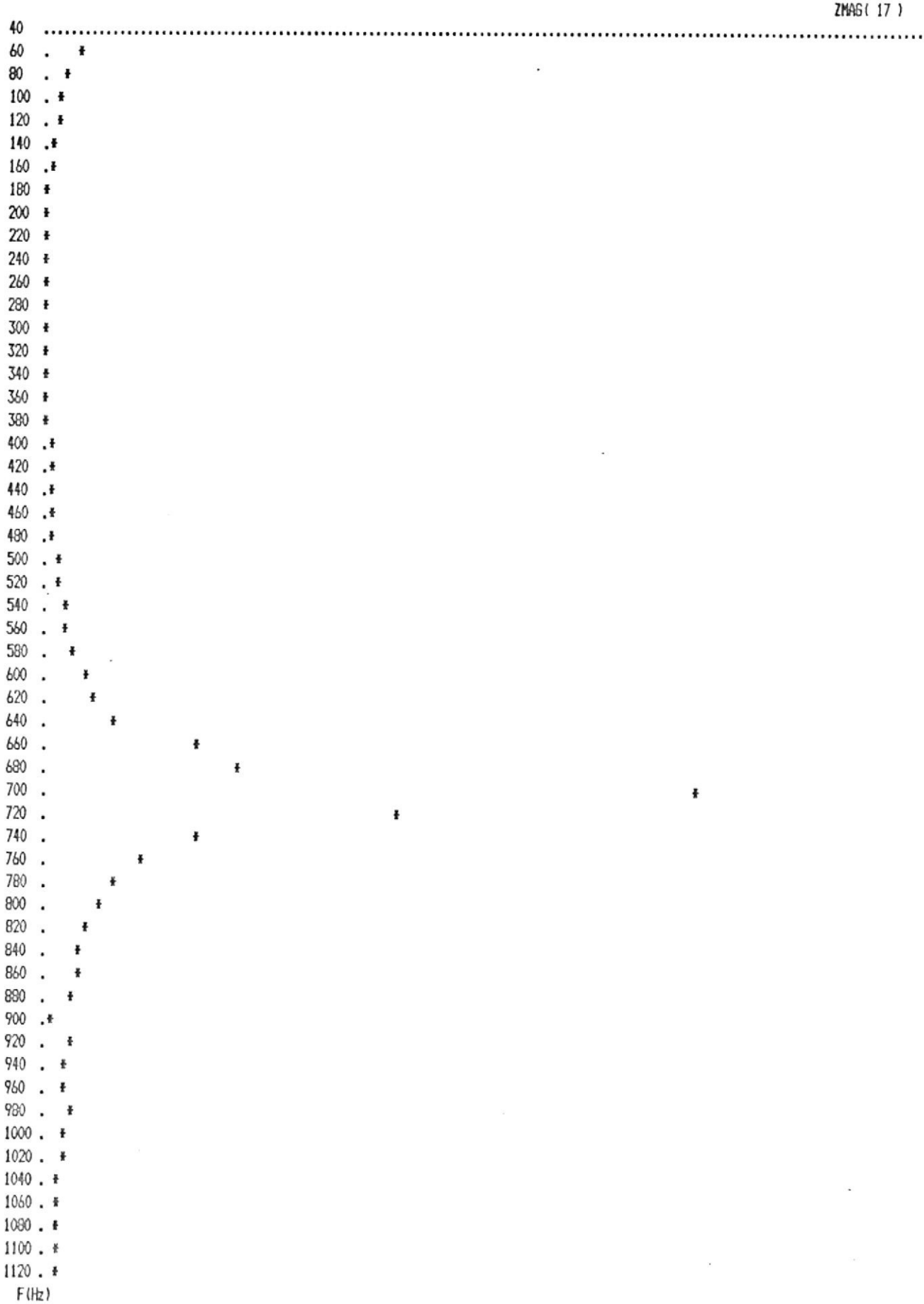
K5	K7	K11	K13	K15
1	0	0	0	1

IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96181	-88.3956
70	3.9364	-88.646
80	3.23496	-88.7715
90	2.72341	-88.8211
100	2.33174	-88.8204
110	2.02048	-88.7827
120	1.76551	-88.7143
130	1.55151	-88.6177
140	1.36813	-88.4924
150	1.20818	-88.3355
160	1.06651	-88.1412
170	.939346	-87.9004
180	.823845	-87.599
190	.717804	-87.2149
200	.619527	-86.7122
210	.527681	-86.0304
220	.441227	-85.0572
230	.359404	-83.5618
240	.281783	-80.9845
250	.208592	-75.5471
260	.140913	-57.7984
270	.034247	30.0455
280	4.40325E-02	69.1361
290	.1041	77.6015
300	.16977	80.4815
310	.237353	82.9482
320	.306048	84.1108
330	.375504	84.8981

340	.445918	85.4647
350	.517522	85.8898
360	.590587	86.2186
370	.665414	86.4784
380	.742325	86.6872
390	.821667	86.8569
400	.903824	86.9957
410	.989206	87.1095
420	1.07827	87.2027
430	1.17151	87.2783
440	1.2695	87.3386
450	1.37285	87.3854
460	1.48226	87.4196
470	1.59854	87.4422
480	1.72256	87.4535
490	1.85534	87.4533
500	1.998	87.4412
510	2.15178	87.4159
520	2.318	87.3755
530	2.49799	87.3161
540	2.69292	87.2304
550	2.90356	87.1028
560	3.13081	86.8934
570	3.38693	86.4718
580	3.84584	85.2975
590	5.51722	83.7679
600	5.98483	85.6841
610	6.22974	86.1403
620	6.80311	86.0202
630	7.6787	85.6079
640	9.04342	84.5376
650	12.1501	78.7866
660	19.3137	75.4
670	19.8922	79.7617
680	25.2588	77.9632
690	38.7765	72.2616
700	82.4043	51.6206
710	108.215	-38.313
720	45.3289	-71.518
730	27.318	-79.363
740	19.5034	-82.6741
750	15.1854	-84.4798
760	12.4539	-85.6098
770	10.5714	-86.3802
780	9.1945	-86.9366
790	8.14232	-87.3554
800	7.31048	-87.6803
810	6.63439	-87.9379

820	6.07172	-88.1449
830	5.59321	-88.3122
840	5.17733	-88.4462
850	4.80676	-88.5493
860	4.46507	-88.6175
870	4.1313	-88.6315
880	3.76379	-88.5067
890	3.21293	-87.6142
900	1.60427	-24.3744
910	4.91435	-86.1236
920	4.01757	-88.0399
930	3.66055	-88.1294
940	3.42472	-87.6409
950	3.26878	-85.939
960	3.40983	-79.2958
970	4.21364	-73.8088
980	3.67758	-84.4114
990	3.28555	-87.4916
1000	3.06776	-88.475
1010	2.91757	-88.901
1020	2.7998	-89.1269
1030	2.70079	-89.2643
1040	2.61415	-89.3565
1050	2.53647	-89.4229
1060	2.46569	-89.4735
1070	2.40049	-89.5135
1080	2.33992	-89.5462
1090	2.28332	-89.5735
1100	2.23014	-89.5967
1110	2.17998	-89.6164
1120	2.13248	-89.6331
1130	2.0874	-89.6467
1140	2.04489	-89.6559
1150	2.00772	-89.6594
1160	1.97885	-89.6858
1170	1.93984	-89.7136
1180	1.90158	-89.7241
1190	1.86616	-89.7322
1200	1.83277	-89.7394


ZMAG(17)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 17

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.9548
3	.97448	-5.88764
4	.96641	-7.00868
5	.931286	-12.1465

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.084	36.5584
1	2	1	-103.797	-36.1817
2	1	3	51.7466	19.9837
2	3	1	-49.4702	-18.3374
3	2	3	29.6834	12.2125
3	3	2	-29.0559	-14.0959
4	2	4	44.095	14.2095
4	4	2	-42.8176	-14.3207
5	2	5	40.019	19.7594
5	5	2	-39.2266	-14.6932
6	3	4	38.5263	7.4336
6	4	3	-38.3612	-8.49842
7	4	5	21.1802	2.81936
7	5	4	-20.7732	-5.28733

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83281	1.56172

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.831	56.542
2	69.9999	49.9997
3	0	0
4	0	0
5	0	1.94781E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 18

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

K5	K7	K11	K13	K15
0	1	0	0	1

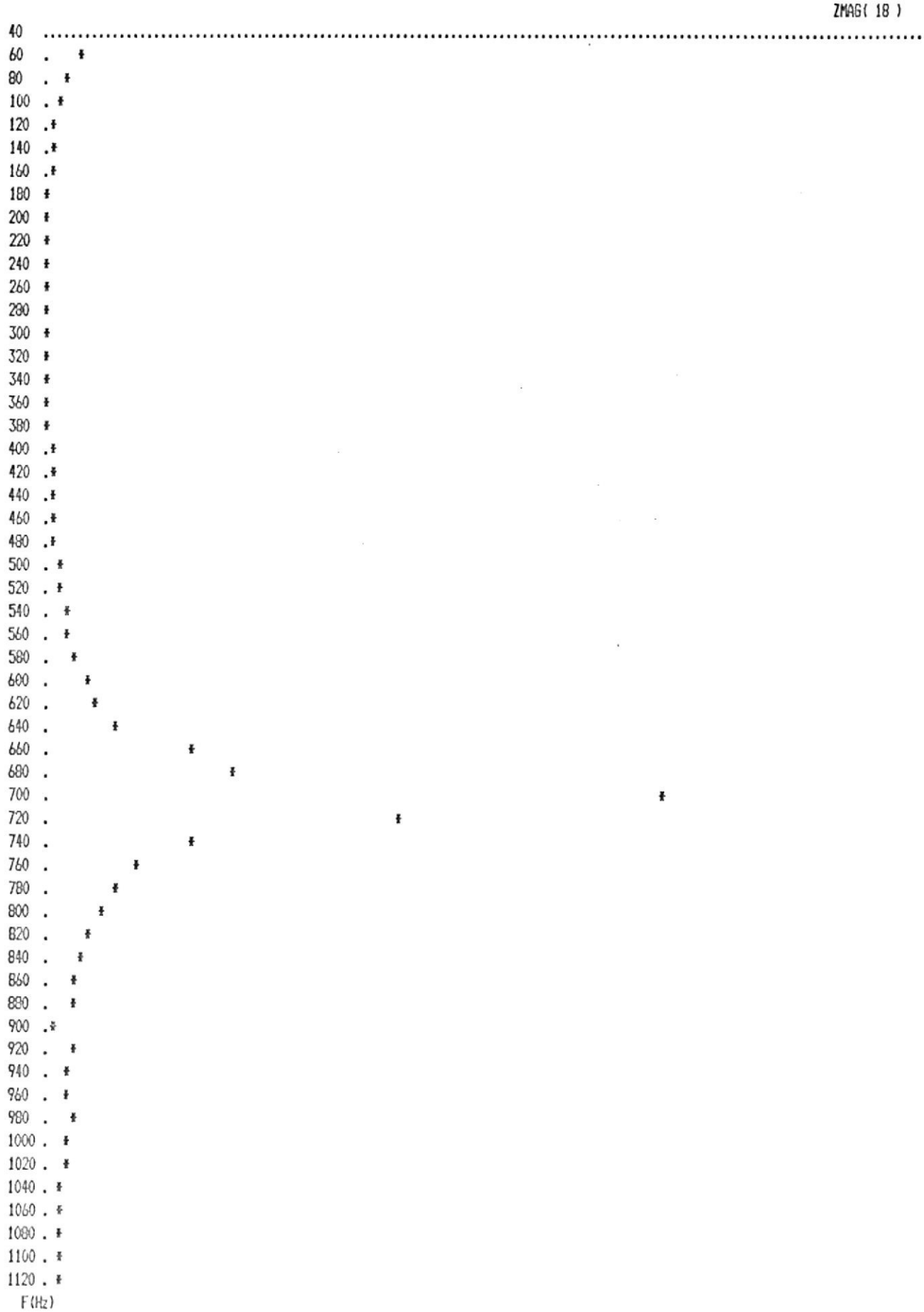
IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96186	-88.3956
70	3.93645	-88.646
80	3.23501	-88.7715
90	2.72347	-88.8211
100	2.3318	-88.8205
110	2.02055	-88.7827
120	1.76557	-88.7143
130	1.55158	-88.6177
140	1.36819	-88.4924
150	1.20825	-88.3355
160	1.06658	-88.1412
170	.939415	-87.9004
180	.823913	-87.5989
190	.717872	-87.2147
200	.619592	-86.712
210	.527742	-86.0301
220	.441283	-85.0568
230	.359453	-83.5612
240	.281824	-80.9834
250	.208622	-75.5453
260	.140931	-57.7943
270	3.42461E-02	30.0483
280	4.40276E-02	69.1391
290	.104035	77.6146
300	.170088	81.0805
310	.237843	82.9459
320	.306528	84.1055

330	.376075	84.8924
340	.44664	85.4585
350	.518465	85.8828
360	.591851	86.2103
370	.667157	86.4681
380	.744827	86.6732
390	.825492	86.8357
400	.910392	86.9562
410	1.00418	86.9844
420	1.05782	78.266
430	1.15248	87.2246
440	1.25851	87.3344
450	1.36448	87.3881
460	1.47511	87.4241
470	1.59201	87.4471
480	1.71636	87.4585
490	1.84927	87.4583
500	1.99192	87.4462
510	2.14559	87.4211
520	2.3116	87.3808
530	2.49131	87.3215
540	2.68587	87.2361
550	2.89605	87.1088
560	3.12276	86.9
570	3.37819	86.4797
580	3.83536	85.3091
590	5.49708	83.7891
600	5.96249	85.6987
610	6.20689	86.1531
620	6.77732	86.0339
630	7.64753	85.6244
640	9.00235	84.561
650	12.0804	78.8498
660	19.1481	75.5252
670	19.7211	79.848
680	24.996	78.0871
690	38.1985	72.5301
700	80.3377	52.7393
710	110.967	-36.4112
720	46.0535	-71.2072
730	27.5804	-79.2573
740	19.6338	-82.6233
750	15.2621	-84.4506
760	12.5041	-85.5912
770	10.6065	-86.3674
780	9.22032	-86.9274
790	8.16203	-87.3485

800	7.32595	-87.675
810	6.64681	-87.9336
820	6.08186	-88.1415
830	5.60161	-88.3094
840	5.18436	-88.4439
850	4.81268	-88.5473
860	4.47006	-88.6158
870	4.13548	-88.63
880	3.76718	-88.5052
890	3.21535	-87.6123
900	1.60451	-24.3551
910	4.91979	-86.1191
920	4.02114	-88.038
930	3.66345	-88.1278
940	3.42722	-87.6391
950	3.27101	-85.9361
960	3.41218	-79.2882
970	4.21709	-73.7951
980	3.68025	-84.4073
990	3.28765	-87.4899
1000	3.06957	-88.4741
1010	2.91918	-88.9003
1020	2.80126	-89.1264
1030	2.70213	-89.2639
1040	2.61539	-89.3561
1050	2.53761	-89.4226
1060	2.46676	-89.4732
1070	2.40148	-89.5133
1080	2.34086	-89.546
1090	2.28419	-89.5733
1100	2.23097	-89.5965
1110	2.18075	-89.6162
1120	2.13321	-89.633
1130	2.08809	-89.6465
1140	2.04555	-89.6558
1150	2.00834	-89.6593
1160	1.97945	-89.6857
1170	1.94041	-89.7134
1180	1.90212	-89.724
1190	1.86667	-89.7321
1200	1.83326	-89.7393

ZMAG(18)


40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 18

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.9548
3	.97448	-5.88764
4	.966411	-7.00868
5	.931286	-12.1465

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.084	36.5582
1	2	1	-103.797	-36.1815
2	1	3	51.7466	19.9836
2	3	1	-49.4702	-18.3374
3	2	3	29.6834	12.2125
3	3	2	-29.0559	-14.0959
4	2	4	44.095	14.2094
4	4	2	-42.8176	-14.3206
5	2	5	40.019	19.7595
5	5	2	-39.2266	-14.6932
6	3	4	38.5262	7.43351
6	4	3	-38.3612	-8.4984
7	4	5	21.1802	2.81944
7	5	4	-20.7732	-5.28741

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.8328	1.56172

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.831	56.5418
2	70	49.9999
3	0	0
4	0	0
5	0	1.93523E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 19

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

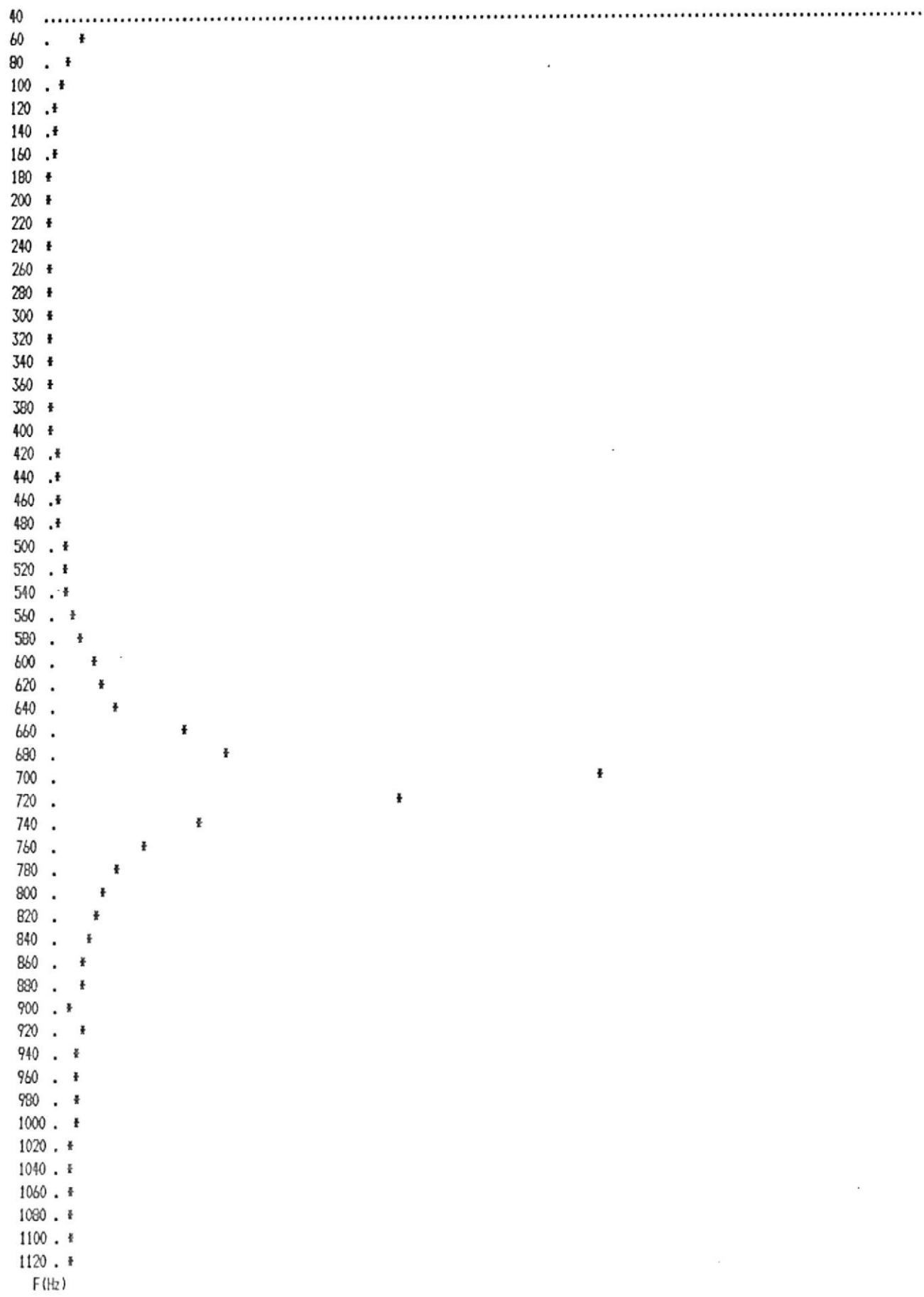
K5	K7	K11	K13	K15
1	1	0	0	1

IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96181	-88.3956
70	3.93641	-88.646
80	3.23497	-88.7715
90	2.72342	-88.8211
100	2.33175	-88.8204
110	2.02049	-88.7827
120	1.76552	-88.7143
130	1.55152	-88.6177
140	1.36814	-88.4924
150	1.20819	-88.3355
160	1.06652	-88.1412
170	.939355	-87.9004
180	.823855	-87.599
190	.717816	-87.2148
200	.619538	-86.7122
210	.527691	-86.0304
220	.441239	-85.0571
230	.359414	-83.5617
240	.281792	-80.9843
250	.208599	-75.5467
260	.140918	-57.7973
270	3.42467E-02	30.0463
280	.044031	69.137
290	.10408	77.6057
300	.169882	80.6807

310	.237526	82.9471
320	.306228	84.1086
330	.375732	84.8956
340	.446223	85.4618
350	.517945	85.8864
360	.591188	86.2143
370	.666291	86.4727
380	.743656	86.6792
390	.82382	86.8441
400	.907729	86.9708
410	.998593	87.028
420	1.06681	81.2092
430	1.15804	87.2439
440	1.2613	87.3375
450	1.36626	87.389
460	1.47632	87.4245
470	1.59261	87.4476
480	1.71682	87.4591
490	1.84941	87.4592
500	1.99173	87.4474
510	2.14503	87.4225
520	2.31064	87.3825
530	2.48987	87.3237
540	2.68387	87.2387
550	2.89338	87.1121
560	3.11928	86.904
570	3.3737	86.4849
580	3.82905	85.3174
590	5.4831	83.8059
600	5.94475	85.7125
610	6.1863	86.1669
620	6.75113	86.0504
630	7.61205	85.6461
640	8.95019	84.5943
650	11.9823	78.944
660	18.891	75.7279
670	19.4269	80.0056
680	24.4991	78.3337
690	37.008	73.1021
700	75.7273	55.2297
710	118.35	-30.9507
720	48.3118	-70.2682
730	28.4679	-78.92
740	20.1181	-82.4505
750	15.5775	-84.3446
760	12.7331	-85.5189
770	10.7856	-86.3145

780	9.36827	-86.8868
790	8.28963	-87.3164
800	7.44003	-87.649
810	6.75206	-87.9125
820	6.18186	-88.1245
830	5.69941	-88.2965
840	5.28298	-88.4355
850	4.91564	-88.5449
860	4.58226	-88.6233
870	4.26512	-88.6578
880	3.93131	-88.5882
890	3.46168	-87.9518
900	2.17861	-34.0574
910	4.43696	-87.1856
920	3.84612	-88.275
930	3.5641	-88.2418
940	3.36108	-87.7186
950	3.22242	-86.0177
960	3.36852	-79.4425
970	4.161	-74.0311
980	3.64108	-84.4766
990	3.25954	-87.5182
1000	3.04735	-88.4903
1010	2.90079	-88.9114
1020	2.78566	-89.1346
1030	2.68865	-89.2704
1040	2.6036	-89.3614
1050	2.52721	-89.427
1060	2.4575	-89.4769
1070	2.39318	-89.5164
1080	2.33337	-89.5487
1090	2.27741	-89.5757
1100	2.22479	-89.5986
1110	2.17511	-89.6182
1120	2.12804	-89.6347
1130	2.08333	-89.6481
1140	2.04115	-89.6572
1150	2.00426	-89.6606
1160	1.97562	-89.6869
1170	1.93685	-89.7145
1180	1.89881	-89.725
1190	1.86358	-89.7329
1200	1.83037	-89.7401


ZMAG(19)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 19

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.9548
3	.974481	-5.88764
4	.966411	-7.00868
5	.931286	-12.1465

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.084	36.5582
1	2	1	-103.797	-36.1815
2	1	3	51.7466	19.9835
2	3	1	-49.4702	-18.3373
3	2	3	29.6834	12.2124
3	3	2	-29.0559	-14.0958
4	2	4	44.095	14.2094
4	4	2	-42.8176	-14.3206
5	2	5	40.019	19.7594
5	5	2	-39.2266	-14.6932
6	3	4	38.5263	7.43381
6	4	3	-38.3612	-8.49873
7	4	5	21.1802	2.81938
7	5	4	-20.7731	-5.28736

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83285	1.56165

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.831	56.5417
2	70	49.9998
3	0	0
4	0	0
5	0	1.94572E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 20

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

K5	K7	K11	K13	K15
0	0	1	0	1

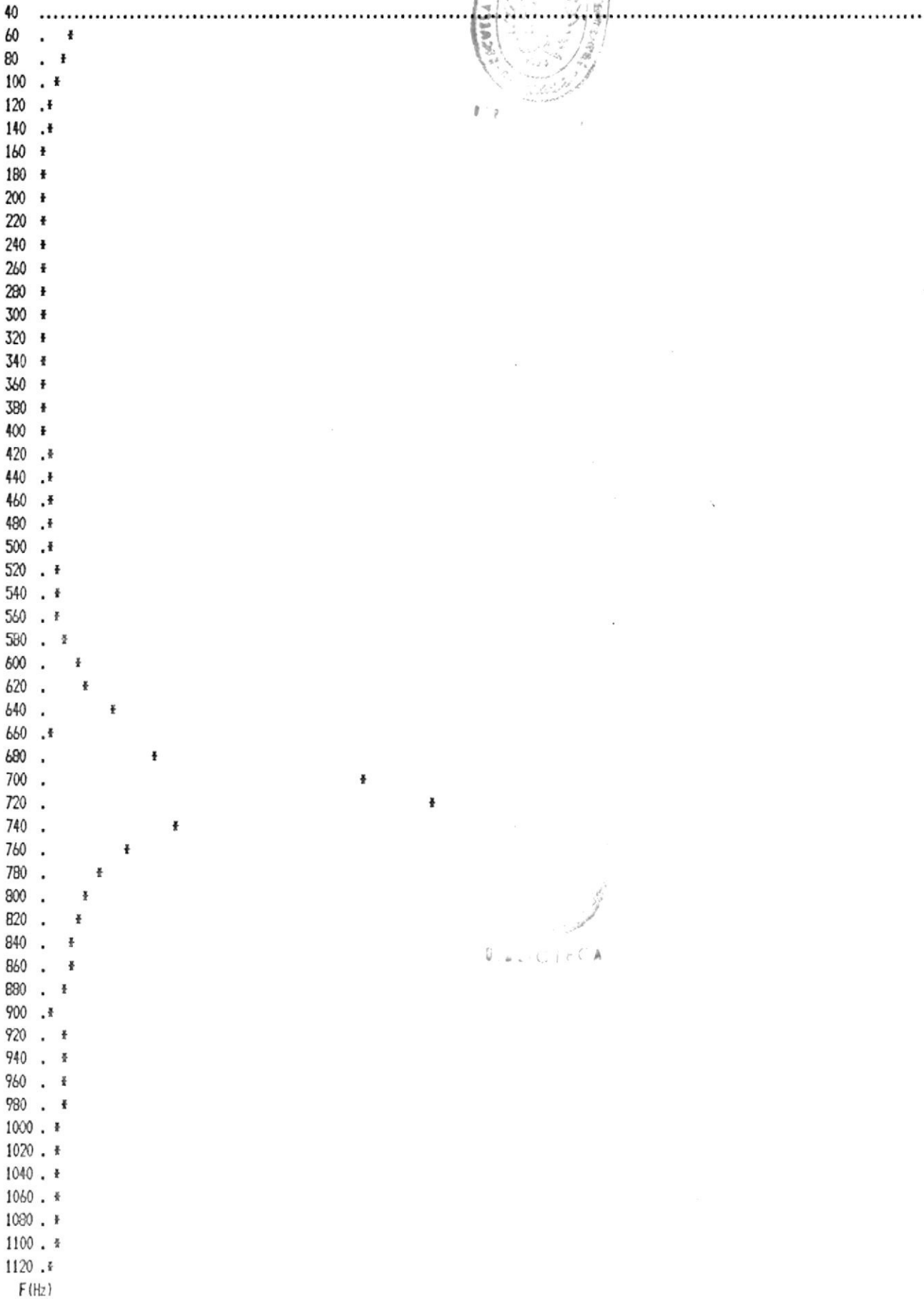
IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96189	-88.3956
70	3.93649	-88.646
80	3.23505	-88.7715
90	2.7235	-88.8211
100	2.33184	-88.8205
110	2.02058	-88.7827
120	1.76561	-88.7143
130	1.55161	-88.6177
140	1.36823	-88.4923
150	1.20828	-88.3355
160	1.06661	-88.1411
170	.939446	-87.9004
180	.823943	-87.5989
190	.717899	-87.2147
200	.619616	-86.7119
210	.527763	-86.03
220	.441301	-85.0566
230	.359467	-83.561
240	.281834	-80.9831
250	.208629	-75.5449
260	.140934	-57.7935
270	.034246	30.0487
280	4.40271E-02	69.1394
290	.104031	77.615
300	.170077	81.0812
310	.237817	82.9469
320	.306475	84.1067

330	.375976	84.894
340	.446467	85.4607
350	.518172	85.8859
360	.591361	86.2145
370	.666336	86.4743
380	.743425	86.683
390	.822978	86.8524
400	.905386	86.991
410	.991065	87.1045
420	1.08048	87.1973
430	1.17416	87.2724
440	1.27266	87.3322
450	1.37663	87.3783
460	1.48679	87.4118
470	1.60399	87.4335
480	1.72914	87.4436
490	1.86332	87.442
500	2.00772	87.4282
510	2.16368	87.4009
520	2.33267	87.3579
530	2.51622	87.2951
540	2.71574	87.2049
550	2.93237	87.0713
560	3.16752	86.8531
570	3.43453	86.4169
580	3.91478	85.2051
590	5.68019	83.5674
600	6.21048	85.4972
610	6.52538	85.9198
620	7.25046	85.6922
630	8.46205	85.0193
640	10.7984	83.0638
650	20.6766	67.2921
660	2.00183	5.7257
670	11.5809	82.2248
680	17.3789	81.0468
690	26.6274	77.4322
700	49.6874	67.4639
710	132.885	11.7855
720	60.749	-64.546
730	31.7219	-77.5108
740	21.3827	-81.9061
750	16.1748	-84.0843
760	13.045	-85.3783
770	10.9554	-86.2326

780	9.45938	-86.8367
790	8.33344	-87.2845
800	7.45325	-87.6282
810	6.74401	-87.8984
820	6.15775	-88.1142
830	5.66192	-88.2879
840	5.23295	-88.4266
850	4.85221	-88.5331
860	4.50235	-88.6039
870	4.16172	-88.6197
880	3.78791	-88.4957
890	3.22975	-87.6006
900	1.60591	-24.2436
910	4.95071	-86.0934
920	4.04098	-88.0273
930	3.67929	-88.1188
940	3.44057	-87.6292
950	3.28271	-85.9209
960	3.42429	-79.2491
970	4.23457	-73.7252
980	3.69362	-84.3863
990	3.29803	-87.4815
1000	3.07835	-88.4692
1010	2.92688	-88.897
1020	2.80816	-89.1238
1030	2.70837	-89.2619
1040	2.62108	-89.3544
1050	2.54284	-89.4212
1060	2.47157	-89.4719
1070	2.40593	-89.5121
1080	2.34499	-89.5449
1090	2.28803	-89.5724
1100	2.23455	-89.5956
1110	2.1841	-89.6155
1120	2.13634	-89.6323
1130	2.09103	-89.6459
1140	2.04831	-89.6552
1150	2.01095	-89.6587
1160	1.98193	-89.6852
1170	1.94275	-89.713
1180	1.90433	-89.7236
1190	1.86876	-89.7316
1200	1.83524	-89.7389

ZMAG(20)


40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 20

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01926	-2.95616
3	.975276	-5.88688
4	.967376	-7.00629
5	.933593	-12.1257

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	105.888	35.698
1	2	1	-103.621	-35.3832
2	1	3	51.6689	19.6595
2	3	1	-49.4087	-18.0656
3	2	3	29.6629	12.0906
3	3	2	-29.0388	-13.9904
4	2	4	44.0453	13.9896
4	4	2	-42.7758	-14.1305
5	2	5	39.9971	19.312
5	5	2	-39.2135	-14.3412
6	3	4	38.4779	7.12198
6	4	3	-38.3146	-8.19619
7	4	5	21.1167	2.50808
7	5	4	-20.7154	-5.02011

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.76956	1.25264

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.557	55.3575
2	70.0845	50.009
3	3.04495E-02	6.59637E-02
4	2.63162E-02	.181423
5	7.11007E-02	.638724

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 21

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

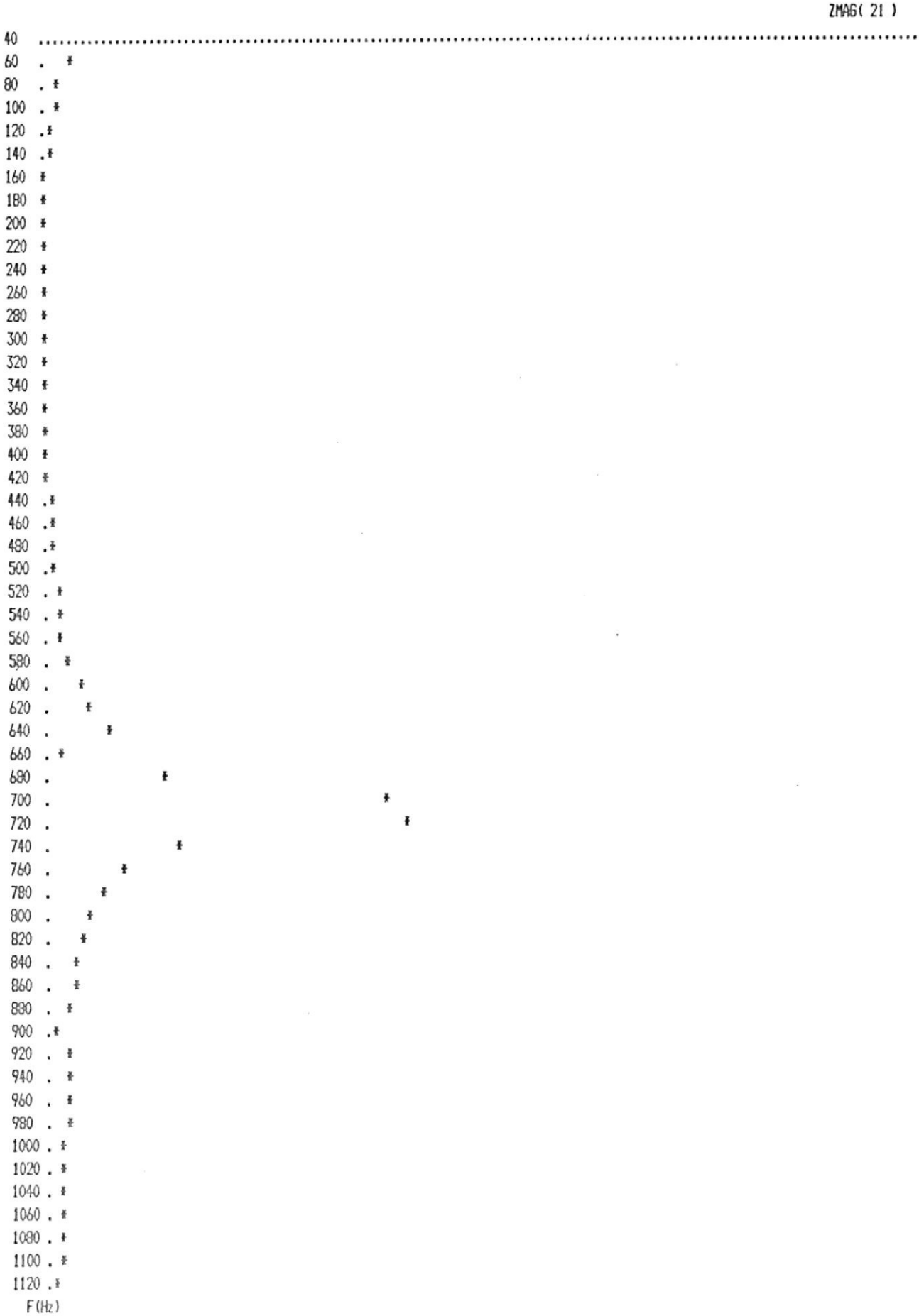
K5	K7	K11	K13	K15
1	0	1	0	1

IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96183	-88.3956
70	3.93643	-88.646
80	3.23499	-88.7715
90	2.72344	-88.8211
100	2.33177	-88.8204
110	2.02051	-88.7827
120	1.76554	-88.7143
130	1.55154	-88.6177
140	1.36816	-88.4924
150	1.20821	-88.3355
160	1.06654	-88.1412
170	.939376	-87.9004
180	.823875	-87.599
190	.717834	-87.2148
200	.619554	-86.7122
210	.527706	-86.0303
220	.441251	-85.057
230	.359424	-83.5616
240	.281799	-80.984
250	.208604	-75.5464
260	.14092	-57.7968
270	3.42467E-02	30.0465
280	4.40307E-02	69.1372
290	.104077	77.606
300	.169875	80.6811
310	.237509	82.9477
320	.306192	84.1094

330	.375666	84.8967
340	.446108	85.4633
350	.51775	85.8884
360	.590861	86.2171
370	.665744	86.4769
380	.742724	86.6857
390	.822148	86.8552
400	.904405	86.9939
410	.989907	87.1076
420	1.07911	87.2006
430	1.17254	87.276
440	1.27074	87.336
450	1.37436	87.3825
460	1.4841	87.4164
470	1.60079	87.4385
480	1.72533	87.4492
490	1.85875	87.4483
500	2.00223	87.4354
510	2.15706	87.4091
520	2.32464	87.3673
530	2.50641	87.3061
540	2.70368	87.2181
550	2.91745	87.0872
560	3.14891	86.873
570	3.41095	86.4434
580	3.88146	85.2488
590	5.60323	83.6605
600	6.10686	85.5808
610	6.39367	86.015
620	7.05698	85.8294
630	8.13155	85.2599
640	10.06	83.6686
650	16.6134	72.8202
660	2.94518	8.60737
670	13.2927	81.7744
680	19.0475	80.4411
690	28.9047	76.5233
700	54.6156	65.307
710	136.488	1.91776
720	58.1533	-65.8276
730	31.277	-77.7388
740	21.3084	-81.9638
750	16.1994	-84.0958
760	13.1019	-85.3742
770	11.0236	-86.2229
780	9.53143	-86.8251
790	8.40672	-87.2729

800	7.52707	-87.6172
810	6.81861	-87.8885
820	6.23392	-88.106
830	5.74089	-88.2818
840	5.31652	-88.4237
850	4.94306	-88.5352
860	4.60482	-88.6153
870	4.28369	-88.6508
880	3.94633	-88.5819
890	3.47279	-87.9445
900	2.18095	-33.9655
910	4.4537	-87.1741
920	3.8582	-88.2689
930	3.57408	-88.2363
940	3.36963	-87.7123
950	3.22998	-86.0079
960	3.37638	-79.4172
970	4.17235	-73.9859
980	3.6498	-84.4629
990	3.26633	-87.5127
1000	3.05311	-88.4872
1010	2.90587	-88.9092
1020	2.7902	-89.133
1030	2.69277	-89.269
1040	2.60736	-89.3603
1050	2.53066	-89.4261
1060	2.46068	-89.4761
1070	2.39613	-89.5157
1080	2.33611	-89.5481
1090	2.27996	-89.5751
1100	2.22717	-89.5981
1110	2.17733	-89.6177
1120	2.13011	-89.6342
1130	2.08528	-89.6477
1140	2.04299	-89.6568
1150	2.00599	-89.6602
1160	1.97727	-89.6865
1170	1.93841	-89.7142
1180	1.90027	-89.7247
1190	1.86497	-89.7327
1200	1.83169	-89.7399


ZMAG(21)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 21

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.9548
3	.974481	-5.88764
4	.966411	-7.00868
5	.931286	-12.1465

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.084	36.5582
1	2	1	-103.797	-36.1815
2	1	3	51.7466	19.9835
2	3	1	-49.4702	-18.3373
3	2	3	29.6834	12.2124
3	3	2	-29.0559	-14.0958
4	2	4	44.095	14.2094
4	4	2	-42.8175	-14.3206
5	2	5	40.019	19.7594
5	5	2	-39.2266	-14.6932
6	3	4	38.5263	7.43369
6	4	3	-38.3612	-8.49846
7	4	5	21.1802	2.81942
7	5	4	-20.7731	-5.2874

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83279	1.56184

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.831	56.5417
2	70	49.9998
3	0	0
4	0	0
5	0	1.93885E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 22

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

K5	K7	K11	K13	K15
0	1	1	0	1

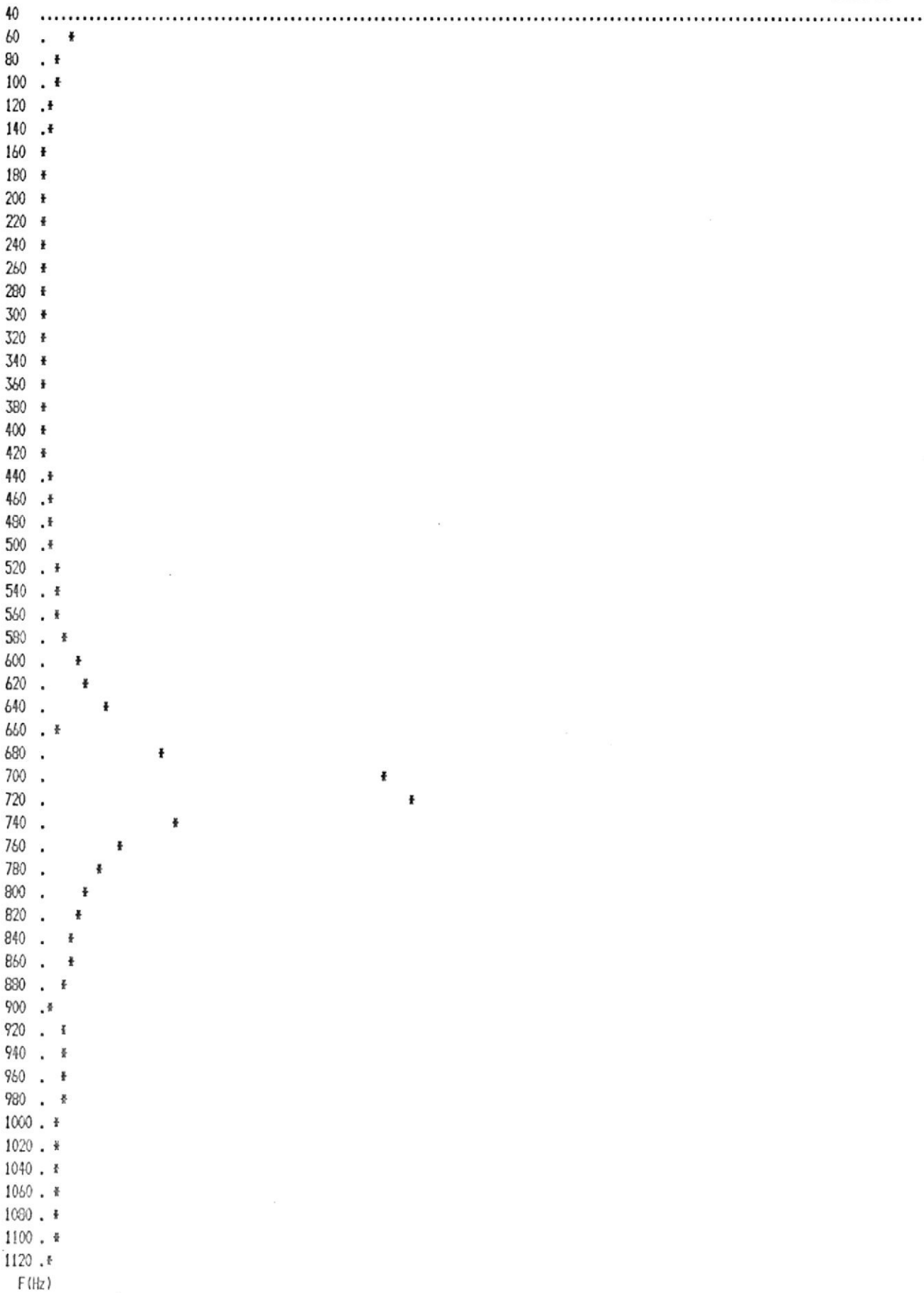
IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96187	-88.3956
70	3.93646	-88.646
80	3.23502	-88.7715
90	2.72348	-88.8211
100	2.33181	-88.8205
110	2.02055	-88.7827
120	1.76558	-88.7143
130	1.55159	-88.6177
140	1.3682	-88.4924
150	1.20826	-88.3355
160	1.06659	-88.1412
170	.939422	-87.9004
180	.82392	-87.5989
190	.717878	-87.2147
200	.619598	-86.712
210	.527747	-86.0301
220	.441288	-85.0567
230	.359456	-83.5611
240	.281826	-80.9834
250	.208624	-75.5452
260	.140932	-57.794
270	3.42461E-02	30.0484
280	4.40274E-02	69.1392
290	.104034	77.6147
300	.170085	81.0807
310	.237836	82.9462
320	.306513	84.1059
330	.376047	84.8929
340	.446589	85.4592

350	.518379	85.8838
360	.591704	86.2116
370	.666907	86.47
380	.744392	86.6763
390	.824697	86.8411
400	.908778	86.9676
410	.999856	87.0245
420	1.06824	81.1975
430	1.15976	87.2399
440	1.26338	87.3332
450	1.36876	87.3843
460	1.47931	87.4193
470	1.59642	87.4418
480	1.72117	87.4526
490	1.85468	87.4517
500	1.99816	87.4388
510	2.15291	87.4125
520	2.32035	87.3708
530	2.50192	87.3098
540	2.69894	87.2219
550	2.91239	87.0913
560	3.14347	86.8775
570	3.40504	86.4487
580	3.87434	85.2567
590	5.58937	83.6751
600	6.09133	85.591
610	6.37761	86.024
620	7.03847	85.8394
630	8.10823	85.2725
640	10.0262	83.6888
650	16.5287	72.9086
660	2.94476	8.65872
670	13.2412	81.8053
680	18.9465	80.4906
690	28.6847	76.6256
700	53.911	65.6423
710	136.228	3.89301
720	58.9152	-65.4863
730	31.5045	-77.6464
740	21.4118	-81.9234
750	16.2576	-84.0737
760	13.1388	-85.3605
770	11.049	-86.2137
780	9.54992	-86.8186
790	8.42071	-87.268
800	7.53799	-87.6134

810	6.82735	-87.8856
820	6.24105	-88.1036
830	5.74679	-88.2799
840	5.32146	-88.422
850	4.94723	-88.5339
860	4.60836	-88.6141
870	4.28669	-88.6498
880	3.94882	-88.5809
890	3.47468	-87.9433
900	2.18136	-33.9496
910	4.45668	-87.1721
920	3.86039	-88.2679
930	3.57593	-88.2353
940	3.37124	-87.7112
950	3.23143	-86.006
960	3.37791	-79.4123
970	4.1746	-73.9769
980	3.65155	-84.4602
990	3.26772	-87.5116
1000	3.0543	-88.4865
1010	2.90693	-88.9088
1020	2.79117	-89.1326
1030	2.69365	-89.2687
1040	2.60818	-89.36
1050	2.53142	-89.4258
1060	2.46139	-89.4759
1070	2.39679	-89.5155
1080	2.33673	-89.5479
1090	2.28054	-89.575
1100	2.22772	-89.598
1110	2.17785	-89.6175
1120	2.1306	-89.6341
1130	2.08574	-89.6476
1140	2.04342	-89.6567
1150	2.00641	-89.6602
1160	1.97767	-89.6864
1170	1.93878	-89.7141
1180	1.90063	-89.7246
1190	1.86531	-89.7326
1200	1.83201	-89.7398

ZMAG(22)


40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 22

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.9548
3	.97448	-5.88764
4	.966411	-7.00867
5	.931285	-12.1465

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.084	36.5582
1	2	1	-103.797	-36.1815
2	1	3	51.7466	19.9836
2	3	1	-49.4702	-18.3374
3	2	3	29.6834	12.2125
3	3	2	-29.056	-14.0959
4	2	4	44.095	14.2095
4	4	2	-42.8176	-14.3207
5	2	5	40.019	19.7595
5	5	2	-39.2266	-14.6933
6	3	4	38.5262	7.43348
6	4	3	-38.3612	-8.4983
7	4	5	21.1802	2.81946
7	5	4	-20.7732	-5.28743

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83282	1.56184

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.831	56.5419
2	70.0001	50.0001
3	0	0
4	0	0
5	0	1.92893E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 23

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

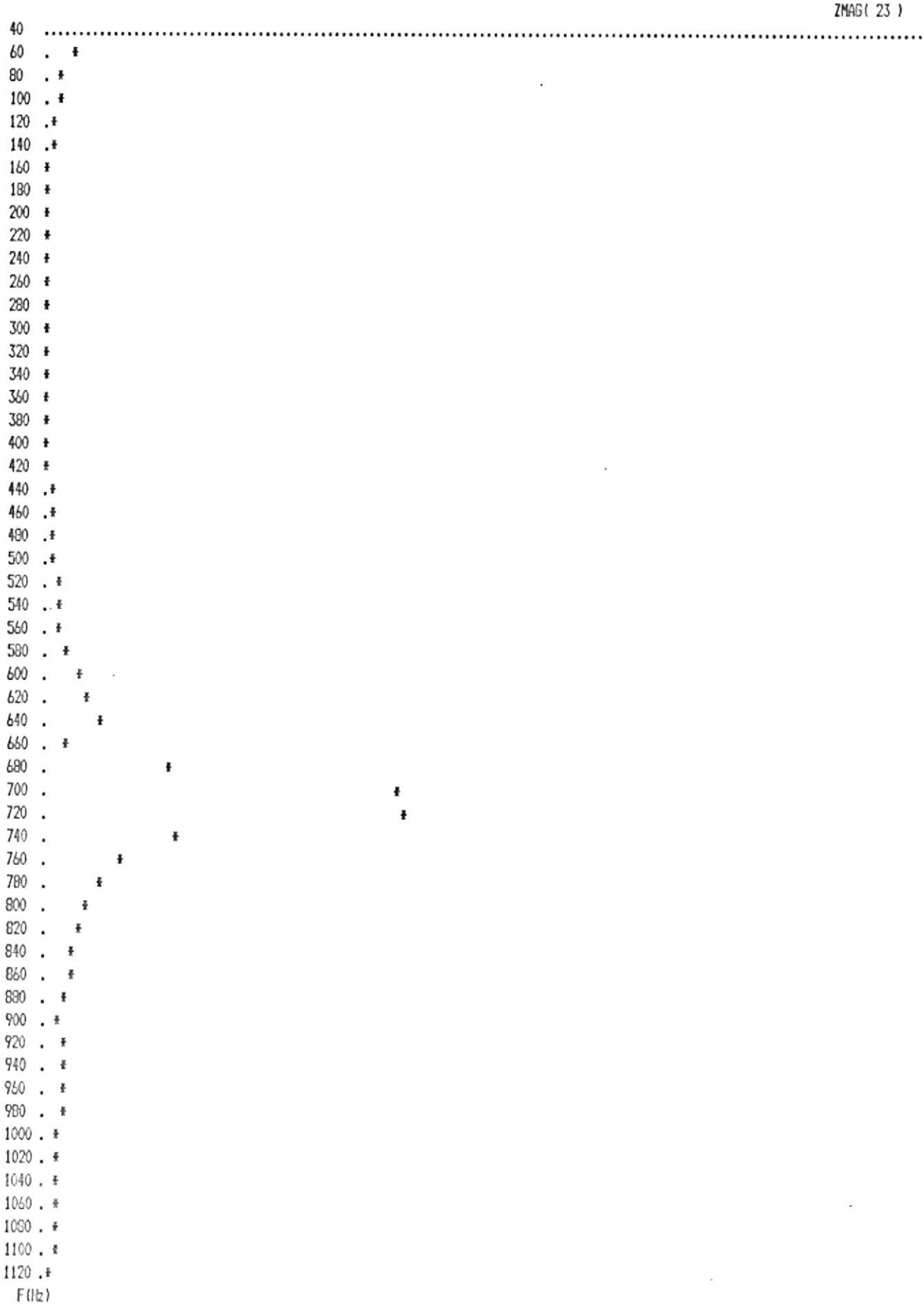
K5	K7	K11	K13	K15
1	1	1	0	1

IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96183	-88.3956
70	3.93642	-88.646
80	3.23498	-88.7715
90	2.72344	-88.8211
100	2.33177	-88.8204
110	2.02051	-88.7827
120	1.76554	-88.7143
130	1.55154	-88.6177
140	1.36816	-88.4924
150	1.20821	-88.3355
160	1.06654	-88.1412
170	.939376	-87.9004
180	.823875	-87.599
190	.717835	-87.2148
200	.619556	-86.7122
210	.527708	-86.0303
220	.441253	-85.057
230	.359427	-83.5616
240	.281802	-80.984
250	.208606	-75.5463
260	.140922	-57.7964
270	3.42466E-02	30.0469
280	4.40301E-02	69.1376
290	.104068	77.608
300	.169932	80.7807
310	.2376	82.947
320	.306292	84.1081
330	.375797	84.8951

340	.446289	85.4615
350	.51801	85.8862
360	.591243	86.2142
370	.666319	86.4731
380	.743623	86.68
390	.823643	86.8461
400	.907188	86.9757
410	.996763	87.0471
420	1.07136	82.6903
430	1.16213	87.2506
440	1.26427	87.3358
450	1.36903	87.3859
460	1.47917	87.4209
470	1.59592	87.4435
480	1.72031	87.4545
490	1.85343	87.454
500	1.99645	87.4415
510	2.15066	87.4157
520	2.31743	87.3747
530	2.49817	87.3143
540	2.69415	87.2274
550	2.90627	87.0981
560	3.13563	86.8862
570	3.39488	86.4605
580	3.85971	85.2762
590	5.55526	83.7169
600	6.04486	85.629
610	6.31796	86.0677
620	6.95052	85.9026
630	7.95891	85.3823
640	9.70332	83.955
650	15.039	74.8882
660	3.84317	11.4234
670	14.3081	81.5213
680	19.9234	80.133
690	30.0126	76.0913
700	56.8484	64.3386
710	136.904	-1.654
720	57.4756	-66.1841
730	31.227	-77.7823
740	21.3487	-81.9623
750	16.2554	-84.085
760	13.1583	-85.3618
770	11.0772	-86.2111
780	9.58183	-86.8143

790	8.45442	-87.2633
800	7.57281	-87.6088
810	6.86316	-87.8813
820	6.27813	-88.1
830	5.78569	-88.2773
840	5.36307	-88.4209
850	4.99296	-88.5353
860	4.66055	-88.6202
870	4.34971	-88.6663
880	4.03256	-88.6271
890	3.61004	-88.1358
900	2.6013	-41.8106
910	4.2424	-87.6357
920	3.77442	-88.381
930	3.52504	-88.2919
940	3.33642	-87.7518
950	3.20531	-86.049
960	3.35405	-79.4958
970	4.14355	-74.1068
980	3.62957	-84.4986
990	3.25173	-87.5273
1000	3.04153	-88.4956
1010	2.89626	-88.9149
1020	2.78203	-89.1372
1030	2.6857	-89.2724
1040	2.60117	-89.363
1050	2.52518	-89.4283
1060	2.4558	-89.478
1070	2.39175	-89.5174
1080	2.33216	-89.5495
1090	2.27637	-89.5764
1100	2.22391	-89.5992
1110	2.17435	-89.6186
1120	2.12738	-89.6351
1130	2.08276	-89.6485
1140	2.04066	-89.6576
1150	2.00383	-89.6609
1160	1.97524	-89.6871
1170	1.93652	-89.7147
1180	1.89852	-89.7252
1190	1.86334	-89.7331
1200	1.83016	-89.7403


ZMAG(23)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 23

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.9548
3	.974481	-5.88764
4	.966411	-7.00868
5	.931286	-12.1465

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.084	36.558
1	2	1	-103.797	-36.1814
2	1	3	51.7466	19.9835
2	3	1	-49.4702	-18.3373
3	2	3	29.6834	12.2124
3	3	2	-29.0559	-14.0959
4	2	4	44.095	14.2094
4	4	2	-42.8176	-14.3207
5	2	5	40.019	19.7594
5	5	2	-39.2266	-14.6932
6	3	4	38.5263	7.43369
6	4	3	-38.3612	-8.49847
7	4	5	21.1802	2.81939
7	5	4	-20.7731	-5.28736

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83279	1.56165

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.831	56.5415
2	70	49.9999
3	0	0
4	0	0
5	0	1.94362E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 24

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

K5	K7	K11	K13	K15
0	0	0	1	1

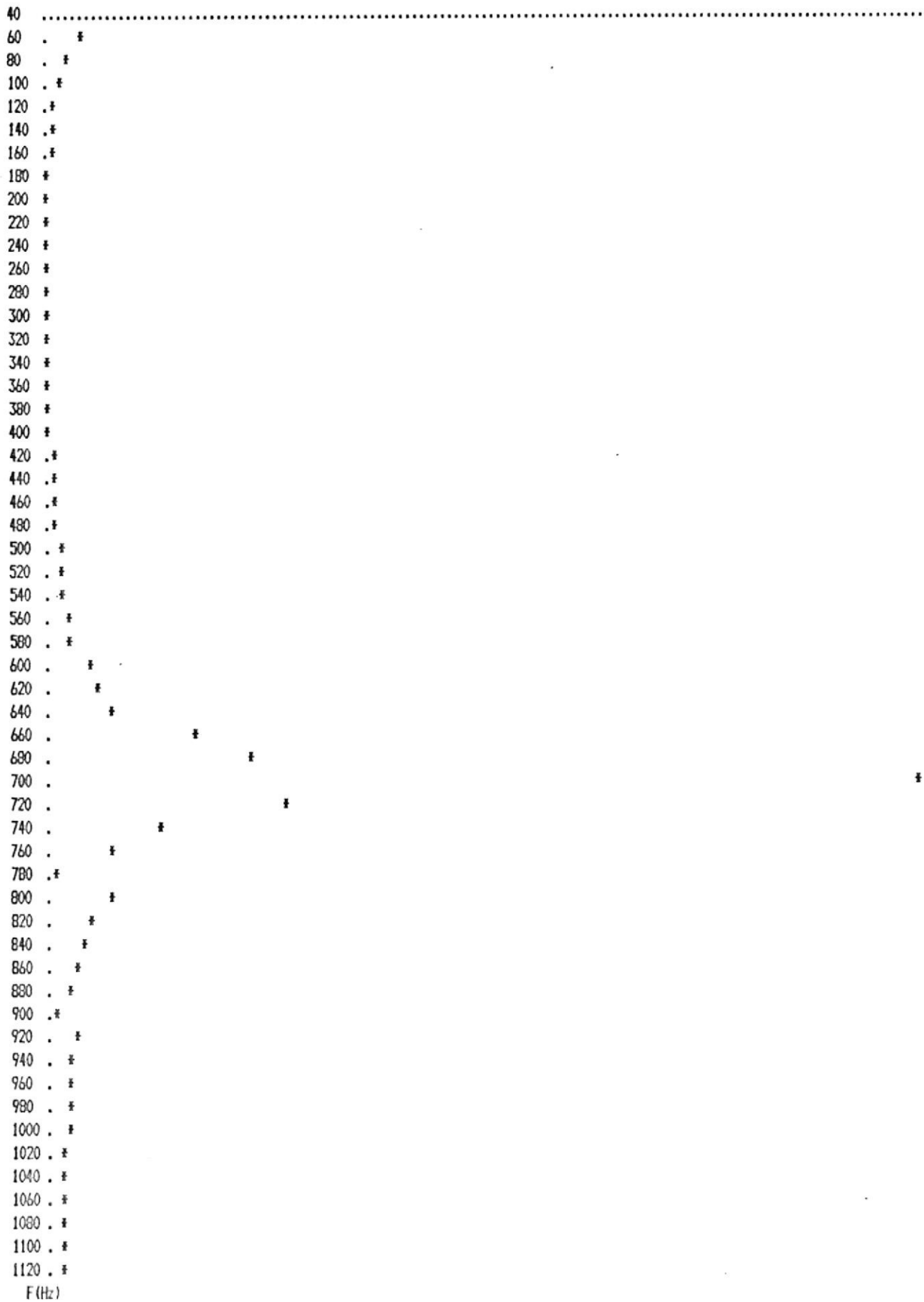
IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.9619	-88.3956
70	3.93649	-88.646
80	3.23505	-88.7715
90	2.72351	-88.8211
100	2.33184	-88.8205
110	2.02058	-88.7827
120	1.76561	-88.7143
130	1.55162	-88.6177
140	1.36824	-88.4923
150	1.20829	-88.3354
160	1.06662	-88.1411
170	.939451	-87.9003
180	.823948	-87.5989
190	.717903	-87.2147
200	.61962	-86.7119
210	.527767	-86.03
220	.441304	-85.0566
230	.359469	-83.5609
240	.281835	-80.9831
250	.20863	-75.5448
260	.140935	-57.7934
270	.034246	30.0487
280	.044027	69.1394
290	.104031	77.6151
300	.170076	81.0812
310	.237814	82.9469

320	.306469	84.1068
330	.375968	84.8941
340	.446452	85.4609
350	.51815	85.8861
360	.591329	86.2148
370	.66629	86.4746
380	.74336	86.6833
390	.822889	86.8528
400	.905264	86.9914
410	.990901	87.105
420	1.08026	87.1979
430	1.17386	87.2732
440	1.27226	87.3331
450	1.3761	87.3794
460	1.4861	87.4132
470	1.60307	87.4351
480	1.72792	87.4456
490	1.86169	87.4446
500	2.00554	87.4314
510	2.16076	87.405
520	2.32874	87.3631
530	2.51088	87.3019
540	2.70844	87.2139
550	2.9223	87.0834
560	3.1535	86.8699
570	3.41466	86.4417
580	3.88327	85.25
590	5.59827	83.6732
600	6.08586	85.6076
610	6.34574	86.064
620	6.95034	85.9283
630	7.87938	85.4855
640	9.34303	84.3456
650	12.7312	78.2253
660	20.9332	74.1097
670	21.8256	78.7102
680	28.7939	76.1749
690	48.5732	67.4017
700	120.888	23.1829
710	67.4177	-60.3243
720	33.1798	-76.3309
730	21.4842	-81.4184
740	15.6743	-83.8478
750	12.1031	-85.2271
760	9.47756	-85.9906
770	6.89992	-85.6759
780	1.90757	-11.9787
790	13.6633	-81.5545
800	8.96858	-86.4869

810	7.47481	-87.4264
820	6.58132	-87.8639
830	5.9327	-88.1367
840	5.41707	-88.3275
850	4.98269	-88.4642
860	4.59732	-88.5538
870	4.23166	-88.5815
880	3.83861	-88.4646
890	3.26236	-87.5687
900	1.60877	-24.0085
910	5.01296	-86.0358
920	4.07875	-88.0031
930	3.70796	-88.0996
940	3.46366	-87.6095
950	3.30214	-85.8936
960	3.44364	-79.1846
970	4.2616	-73.6151
980	3.71363	-84.3532
990	3.31309	-87.4679
1000	3.09074	-88.4613
1010	2.93748	-88.8915
1020	2.81741	-89.1196
1030	2.71655	-89.2584
1040	2.62838	-89.3516
1050	2.5494	-89.4187
1060	2.4775	-89.4698
1070	2.41131	-89.5102
1080	2.34989	-89.5433
1090	2.29252	-89.5709
1100	2.23866	-89.5943
1110	2.18789	-89.6143
1120	2.13984	-89.6312
1130	2.09427	-89.6449
1140	2.05131	-89.6542
1150	2.01376	-89.6579
1160	1.98457	-89.6844
1170	1.94521	-89.7123
1180	1.90662	-89.7229
1190	1.8709	-89.731
1200	1.83725	-89.7384

ZMAG(24)


40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 24

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.9548
3	.97448	-5.88764
4	.96641	-7.00867
5	.931285	-12.1465

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.084	36.5584
1	2	1	-103.797	-36.1818
2	1	3	51.7466	19.9837
2	3	1	-49.4702	-18.3374
3	2	3	29.6834	12.2125
3	3	2	-29.0559	-14.0959
4	2	4	44.095	14.2095
4	4	2	-42.8176	-14.3207
5	2	5	40.019	19.7596
5	5	2	-39.2266	-14.6933
6	3	4	38.5263	7.4336
6	4	3	-38.3612	-8.49842
7	4	5	21.1802	2.81953
7	5	4	-20.7732	-5.28748

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.8328	1.56176

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.831	56.5421
2	70	49.9998
3	0	0
4	0	0
5	0	1.91825E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 25

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

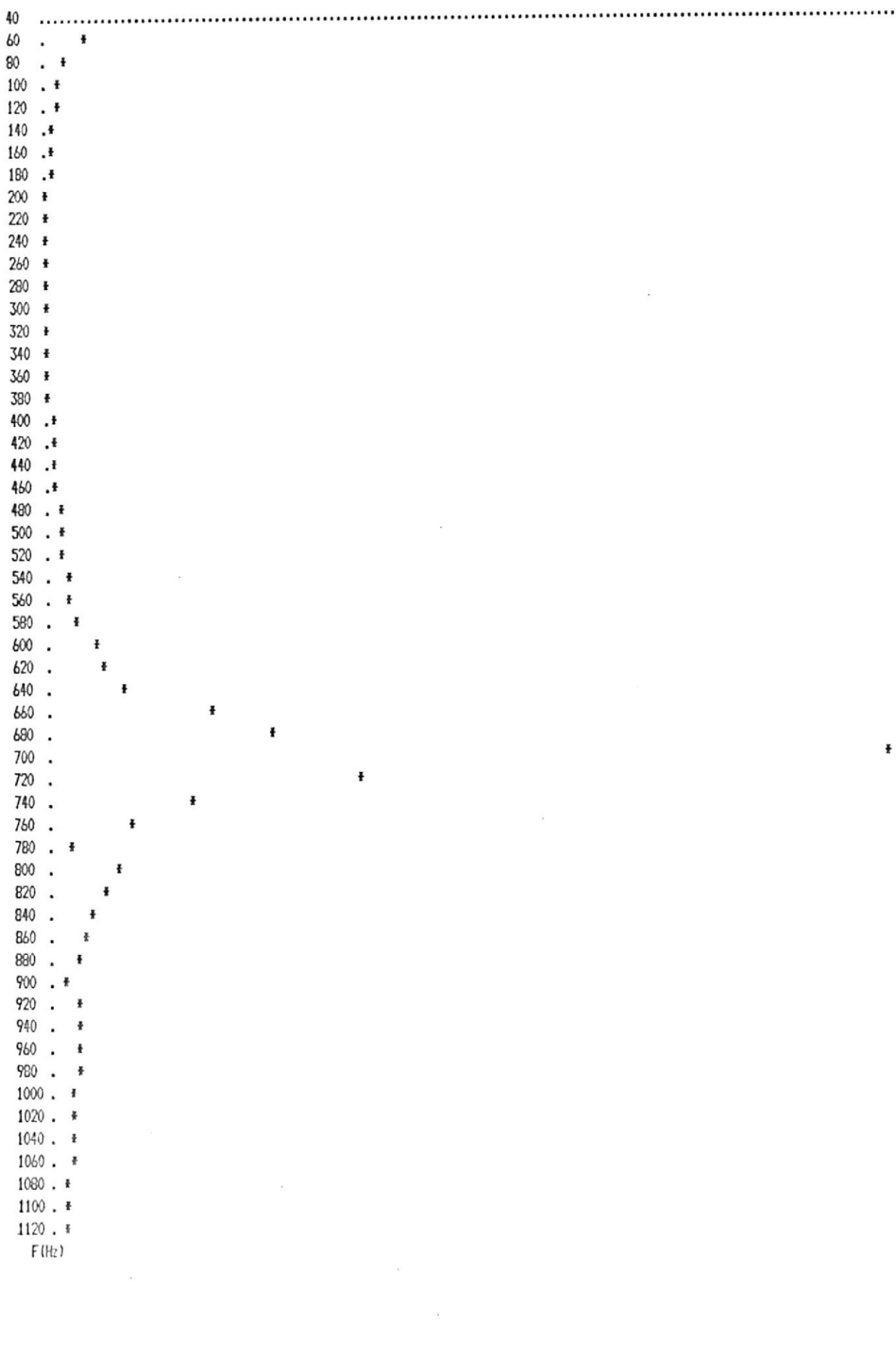
K5	K7	K11	K13	K15
1	0	0	1	1

IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96183	-88.3956
70	3.93643	-88.646
80	3.23499	-88.7715
90	2.72344	-88.8211
100	2.33177	-88.8204
110	2.02052	-88.7827
120	1.76554	-88.7143
130	1.55155	-88.6177
140	1.36816	-88.4924
150	1.20822	-88.3355
160	1.06655	-88.1412
170	.93938	-87.9004
180	.823878	-87.599
190	.717837	-87.2148
200	.619557	-86.7121
210	.527709	-86.0302
220	.441252	-85.057
230	.359425	-83.5616
240	.2818	-80.984
250	.208604	-75.5464
260	.14092	-57.7967
270	3.42467E-02	30.0466
280	4.40307E-02	69.1372
290	.104077	77.606
300	.169874	80.6812
310	.237507	82.9477

320	.306189	84.1094
330	.37566	84.8968
340	.446098	85.4634
350	.517735	85.8886
360	.59084	86.2172
370	.665714	86.4771
380	.742681	86.6859
390	.822089	86.8555
400	.904324	86.9942
410	.989797	87.108
420	1.07897	87.201
430	1.17234	87.2765
440	1.27048	87.3366
450	1.37401	87.3832
460	1.48364	87.4173
470	1.60017	87.4396
480	1.72451	87.4506
490	1.85767	87.45
500	2.00079	87.4375
510	2.15512	87.4118
520	2.32203	87.3708
530	2.50287	87.3106
540	2.69886	87.224
550	2.9108	87.0952
560	3.13966	86.8841
570	3.39786	86.4598
580	3.86075	85.2783
590	5.54982	83.7295
600	6.02595	85.6525
610	6.27757	86.1083
620	6.86462	85.9812
630	7.76365	85.5553
640	9.17188	84.4541
650	12.4018	78.5417
660	20.0161	74.8377
670	20.7419	79.2954
680	26.8157	77.17
690	42.998	70.1715
700	100.741	40.2508
710	84.1517	-52.0544
720	38.0623	-74.3823
730	23.824	-80.5725
740	17.1588	-83.3695
750	13.2286	-84.9264
760	10.4646	-85.8257
770	7.90637	-85.8004
780	2.77747	-17.2767

790	11.4104	-84.0822
800	8.49359	-86.8953
810	7.29971	-87.5806
820	6.51701	-87.9403
830	5.92365	-88.181
840	5.44179	-88.3572
850	5.03256	-88.4889
860	4.67062	-88.5815
870	4.33283	-88.6252
880	3.98287	-88.5613
890	3.49787	-87.9242
900	2.18579	-33.7713
910	4.48717	-87.1479
920	3.88108	-88.255
930	3.59207	-88.2245
940	3.38436	-87.6999
950	3.24249	-85.9903
960	3.38891	-79.3755
970	4.18982	-73.9148
980	3.6628	-84.4415
990	3.27616	-87.5039
1000	3.06123	-88.482
1010	2.91282	-88.9056
1020	2.79628	-89.1302
1030	2.69816	-89.2668
1040	2.61217	-89.3584
1050	2.53499	-89.4244
1060	2.46459	-89.4747
1070	2.39968	-89.5145
1080	2.33935	-89.547
1090	2.28292	-89.5742
1100	2.22989	-89.5972
1110	2.17984	-89.6168
1120	2.13243	-89.6335
1130	2.08743	-89.647
1140	2.04498	-89.6562
1150	2.00785	-89.6597
1160	1.97902	-89.686
1170	1.94003	-89.7137
1180	1.90179	-89.7243
1190	1.86639	-89.7323
1200	1.83302	-89.7395


ZMAG(25)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 25

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.9548
3	.974481	-5.88764
4	.966411	-7.00868
5	.931286	-12.1465

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.084	36.5582
1	2	1	-103.797	-36.1815
2	1	3	51.7466	19.9835
2	3	1	-49.4702	-18.3373
3	2	3	29.6834	12.2124
3	3	2	-29.0559	-14.0958
4	2	4	44.095	14.2094
4	4	2	-42.8175	-14.3206
5	2	5	40.019	19.7594
5	5	2	-39.2266	-14.6932
6	3	4	38.5263	7.43369
6	4	3	-38.3612	-8.49846
7	4	5	21.1802	2.81942
7	5	4	-20.7731	-5.2874

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83279	1.56184

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.831	56.5417
2	70	49.9998
3	0	0
4	0	0
5	0	1.93885E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 26

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

K5	K7	K11	K13	K15
0	1	0	1	1

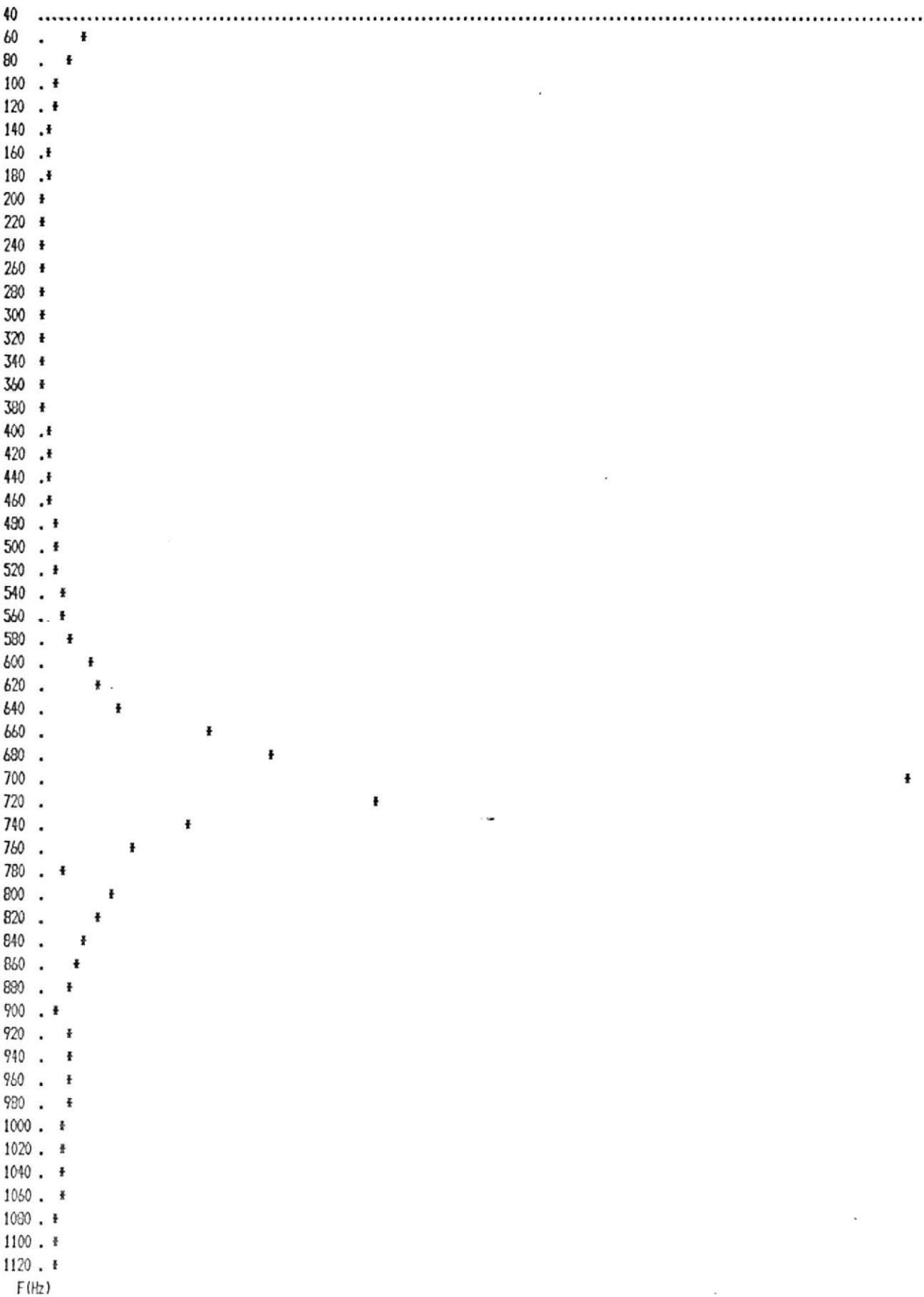
IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96187	-88.3956
70	3.93647	-88.646
80	3.23503	-88.7715
90	2.72348	-88.8211
100	2.33181	-88.8205
110	2.02056	-88.7827
120	1.76559	-88.7143
130	1.55159	-88.6177
140	1.36821	-88.4924
150	1.20826	-88.3355
160	1.06659	-88.1412
170	.939426	-87.9004
180	.823924	-87.5989
190	.717882	-87.2147
200	.6196	-86.712
210	.527749	-86.0301
220	.44129	-85.0567
230	.359458	-83.5611
240	.281827	-80.9833
250	.208625	-75.5452
260	.140932	-57.794
270	3.42461E-02	30.0484
280	4.40274E-02	69.1392
290	.104034	77.6148
300	.170084	81.0807
310	.237834	82.9463
320	.30651	84.1059
330	.376041	84.8929

340	.44658	85.4593
350	.518364	85.8839
360	.591683	86.2117
370	.666876	86.4702
380	.744348	86.6766
390	.824638	86.8414
400	.908696	86.9679
410	.999744	87.0249
420	1.06809	81.1988
430	1.15956	87.2405
440	1.26312	87.3339
450	1.36841	87.385
460	1.47885	87.4202
470	1.59581	87.4429
480	1.72036	87.4539
490	1.8536	87.4534
500	1.99672	87.4409
510	2.15098	87.4153
520	2.31775	87.3743
530	2.4984	87.3143
540	2.69413	87.2278
550	2.90576	87.0992
560	3.13426	86.8885
570	3.39199	86.465
580	3.8537	85.2861
590	5.53622	83.7438
600	6.01084	85.6624
610	6.26208	86.117
620	6.84709	85.9905
630	7.74238	85.5665
640	9.14368	84.4702
650	12.3534	78.5858
660	19.8974	74.9277
670	20.6177	79.3584
680	26.6182	77.2638
690	42.5281	70.3937
700	99.0199	41.3831
710	85.577	-51.2866
720	38.406	-74.2352
730	23.957	-80.5179
740	17.226	-83.3425
750	13.2674	-84.9108
760	10.4882	-85.8158
770	7.91944	-85.7931
780	2.77793	-17.2458
790	11.4361	-84.0684
800	8.5075	-86.8899

810	7.30972	-87.577
820	6.5248	-87.9377
830	5.92994	-88.1789
840	5.44697	-88.3555
850	5.03689	-88.4875
860	4.67426	-88.5802
870	4.3359	-88.6241
880	3.98541	-88.5602
890	3.49978	-87.923
900	2.18619	-33.7553
910	4.4902	-87.1459
920	3.8833	-88.2539
930	3.59394	-88.2235
940	3.38598	-87.6987
950	3.24396	-85.9884
960	3.39045	-79.3705
970	4.19209	-73.9058
980	3.66457	-84.4387
990	3.27756	-87.5027
1000	3.06243	-88.4814
1010	2.91389	-88.9052
1020	2.79725	-89.1298
1030	2.69905	-89.2665
1040	2.613	-89.3582
1050	2.53575	-89.4242
1060	2.4653	-89.4745
1070	2.40034	-89.5143
1080	2.33997	-89.5468
1090	2.28351	-89.574
1100	2.23044	-89.5971
1110	2.18036	-89.6167
1120	2.13292	-89.6334
1130	2.08789	-89.6469
1140	2.04541	-89.6561
1150	2.00827	-89.6596
1160	1.97942	-89.6859
1170	1.94041	-89.7136
1180	1.90215	-89.7242
1190	1.86674	-89.7322
1200	1.83335	-89.7394

ZMAG(26)


40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 26

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.9548
3	.97448	-5.88764
4	.966411	-7.00867
5	.931285	-12.1465

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.084	36.5582
1	2	1	-103.797	-36.1815
2	1	3	51.7466	19.9836
2	3	1	-49.4702	-18.3374
3	2	3	29.6834	12.2125
3	3	2	-29.056	-14.0959
4	2	4	44.095	14.2095
4	4	2	-42.8176	-14.3207
5	2	5	40.019	19.7595
5	5	2	-39.2266	-14.6933
6	3	4	38.5262	7.43348
6	4	3	-38.3612	-8.4983
7	4	5	21.1802	2.81946
7	5	4	-20.7732	-5.28743

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83282	1.56184

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.831	56.5419
2	70.0001	50.0001
3	0	0
4	0	0
5	0	1.92893E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 27

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

K5	K7	K11	K13	K15
1	1	0	1	1

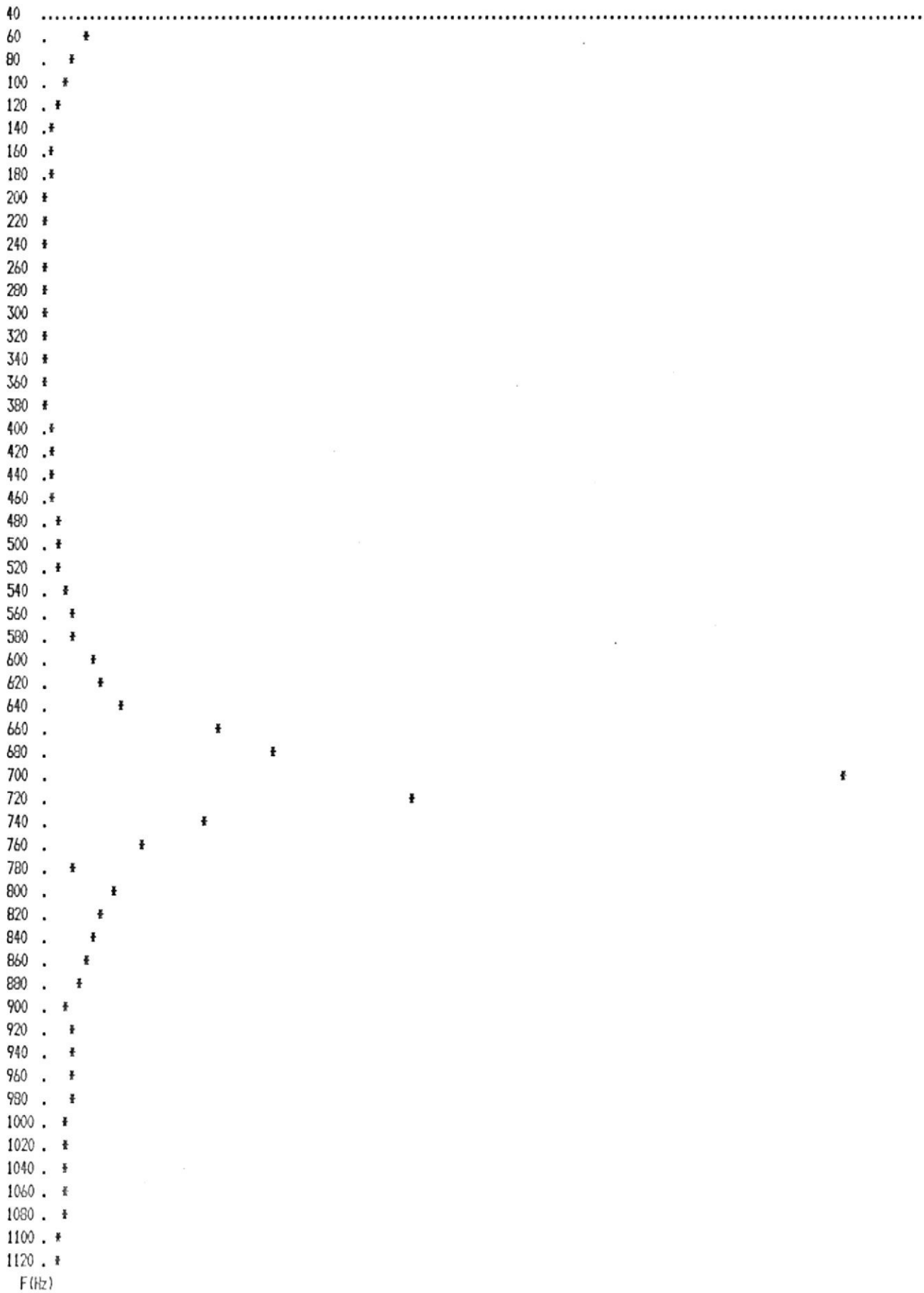
IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96183	-88.3956
70	3.93643	-88.646
80	3.23499	-88.7715
90	2.72344	-88.8211
100	2.33177	-88.8204
110	2.02051	-88.7827
120	1.76554	-88.7143
130	1.55155	-88.6177
140	1.36816	-88.4924
150	1.20821	-88.3355
160	1.06655	-88.1412
170	.939378	-87.9004
180	.823878	-87.599
190	.717837	-87.2148
200	.619558	-86.7122
210	.52771	-86.0302
220	.441255	-85.057
230	.359428	-83.5615
240	.281803	-80.984
250	.208607	-75.5462
260	.140922	-57.7964
270	3.42466E-02	30.0469
280	.04403	69.1376
290	.104068	77.608
300	.169932	80.7807
310	.237599	82.947
320	.306289	84.1081

330	.375792	84.8952
340	.446282	85.4616
350	.517999	85.8863
360	.591227	86.2143
370	.666296	86.4732
380	.74359	86.6802
390	.823598	86.8462
400	.907126	86.9759
410	.996679	87.0473
420	1.07125	82.6911
430	1.16198	87.251
440	1.26407	87.3363
450	1.36877	87.3865
460	1.47883	87.4216
470	1.59546	87.4443
480	1.71971	87.4556
490	1.85262	87.4553
500	1.99537	87.4431
510	2.14921	87.4178
520	2.31549	87.3773
530	2.49554	87.3177
540	2.69055	87.2319
550	2.90131	87.1041
560	3.12875	86.8944
570	3.38514	86.4727
580	3.84433	85.2982
590	5.51579	83.7679
600	5.9852	85.682
610	6.23253	86.1366
620	6.80955	86.014
630	7.69131	85.5977
640	9.06784	84.5187
650	12.2078	78.7261
660	19.5005	75.243
670	20.1499	79.6118
680	25.7837	77.6837
690	40.3182	71.4787
700	89.7068	47.2772
710	96.1167	-45.5188
720	41.359	-73.0492
730	25.3047	-80.0311
740	18.0667	-83.0726
750	13.9055	-84.7413
760	11.0591	-85.7217
770	8.53973	-85.8715

780	3.57074	-22.2025
790	10.5523	-85.0484
800	8.28423	-87.0799
810	7.22252	-87.6524
820	6.4911	-87.976
830	5.92384	-88.2015
840	5.45814	-88.3709
850	5.06115	-88.5004
860	4.71092	-88.5947
870	4.38761	-88.6469
880	4.06112	-88.6116
890	3.63033	-88.121
900	2.6075	-41.654
910	4.26513	-87.6195
920	3.79082	-88.3713
930	3.53815	-88.2833
940	3.34724	-87.7427
950	3.21454	-86.036
960	3.36331	-79.465
970	4.15647	-74.0542
980	3.63921	-84.4827
990	3.25904	-87.5207
1000	3.04757	-88.4917
1010	2.90144	-88.9122
1020	2.78656	-89.1352
1030	2.68971	-89.2707
1040	2.60475	-89.3616
1050	2.52841	-89.4271
1060	2.45872	-89.4769
1070	2.3944	-89.5164
1080	2.33458	-89.5487
1090	2.27859	-89.5757
1100	2.22594	-89.5985
1110	2.17622	-89.618
1120	2.12911	-89.6346
1130	2.08437	-89.648
1140	2.04215	-89.6571
1150	2.00522	-89.6605
1160	1.97655	-89.6868
1170	1.93774	-89.7144
1180	1.89966	-89.7249
1190	1.8644	-89.7328
1200	1.83116	-89.74

ZMAG(27)


40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 27

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.9548
3	.974481	-5.88764
4	.966411	-7.00868
5	.931286	-12.1465

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.084	36.558
1	2	1	-103.797	-36.1814
2	1	3	51.7466	19.9835
2	3	1	-49.4702	-18.3373
3	2	3	29.6834	12.2124
3	3	2	-29.0559	-14.0958
4	2	4	44.095	14.2094
4	4	2	-42.8175	-14.3206
5	2	5	40.019	19.7594
5	5	2	-39.2266	-14.6932
6	3	4	38.5263	7.43361
6	4	3	-38.3612	-8.49846
7	4	5	21.1802	2.81937
7	5	4	-20.7732	-5.28737

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83267	1.56148

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.831	56.5415
2	70	49.9997
3	0	0
4	0	0
5	0	1.94457E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 28

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

K5	K7	K11	K13	K15
0	0	1	1	1

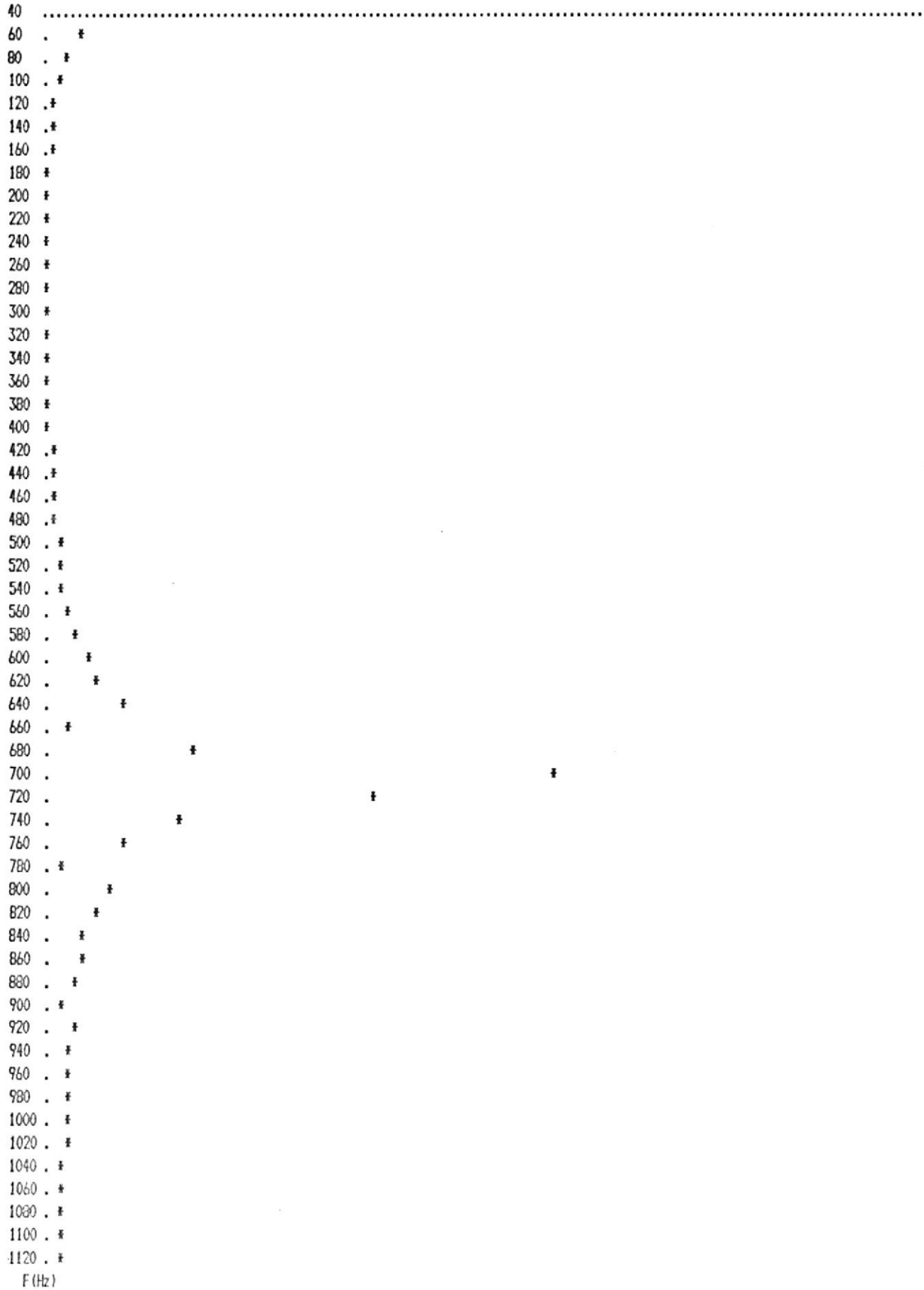
IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96189	-88.3956
70	3.93649	-88.646
80	3.23505	-88.7715
90	2.7235	-88.8211
100	2.33184	-88.8205
110	2.02058	-88.7827
120	1.76561	-88.7143
130	1.55162	-88.6177
140	1.36823	-88.4923
150	1.20828	-88.3355
160	1.06662	-88.1411
170	.939447	-87.9004
180	.823943	-87.5989
190	.7179	-87.2147
200	.619617	-86.7119
210	.527764	-86.03
220	.441302	-85.0566
230	.359467	-83.561
240	.281834	-80.9831
250	.208629	-75.5449
260	.140934	-57.7934
270	.034246	30.0487
280	4.40271E-02	69.1394
290	.104031	77.615
300	.170077	81.0812
310	.237817	82.9469

320	.306474	84.1067
330	.375975	84.894
340	.446465	85.4607
350	.518169	85.8859
360	.591356	86.2146
370	.666329	86.4744
380	.743414	86.683
390	.822963	86.8525
400	.905365	86.9911
410	.991038	87.1046
420	1.08045	87.1974
430	1.1741	87.2726
440	1.27258	87.3324
450	1.37653	87.3785
460	1.48666	87.4121
470	1.60381	87.4338
480	1.7289	87.444
490	1.86299	87.4425
500	2.00727	87.4289
510	2.16307	87.4018
520	2.33183	87.359
530	2.51504	87.2966
540	2.71409	87.207
550	2.93003	87.0741
560	3.16417	86.8572
570	3.42965	86.4231
580	3.9068	85.2166
590	5.6587	83.5956
600	6.1766	85.5278
610	6.47464	85.9615
620	7.16187	85.7635
630	8.28036	85.1677
640	10.3047	83.5062
650	17.3138	72.0555
660	2.94852	8.14373
670	13.8429	81.413
680	20.3153	79.7645
690	32.2416	74.8638
700	68.2655	58.3089
710	115.45	-31.5109
720	44.592	-71.4689
730	25.9291	-79.6701
740	18.0935	-82.9741
750	13.7164	-84.7192
760	10.7372	-85.7043
770	8.04689	-85.7178

780	2.78199	-16.9664
790	11.6591	-83.9445
800	8.62141	-86.8433
810	7.38777	-87.5474
820	6.58282	-87.9164
830	5.97485	-88.1627
840	5.48262	-88.3428
850	5.06567	-88.4772
860	4.69774	-88.5718
870	4.35509	-88.6168
880	4.00085	-88.5537
890	3.51114	-87.9155
900	2.18853	-33.6628
910	4.50734	-87.1342
920	3.89562	-88.2477
930	3.60408	-88.2179
940	3.39465	-87.6923
950	3.25162	-85.9785
960	3.39842	-79.3448
970	4.2036	-73.8599
980	3.6734	-84.4249
990	3.28443	-87.4972
1000	3.06825	-88.4782
1010	2.91901	-88.903
1020	2.80184	-89.1282
1030	2.7032	-89.2652
1040	2.61678	-89.357
1050	2.53922	-89.4232
1060	2.4685	-89.4736
1070	2.40331	-89.5135
1080	2.34272	-89.5461
1090	2.28607	-89.5734
1100	2.23283	-89.5965
1110	2.18259	-89.6162
1120	2.13501	-89.6329
1130	2.08985	-89.6464
1140	2.04725	-89.6557
1150	2.01001	-89.6592
1160	1.98107	-89.6856
1170	1.94198	-89.7133
1180	1.90363	-89.7239
1190	1.86813	-89.7319
1200	1.83466	-89.7392

ZMAG(28)


40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 28

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.9548
3	.97448	-5.88764
4	.96641	-7.00867
5	.931285	-12.1465

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.084	36.5584
1	2	1	-103.797	-36.1818
2	1	3	51.7466	19.9837
2	3	1	-49.4702	-18.3374
3	2	3	29.6834	12.2125
3	3	2	-29.0559	-14.0959
4	2	4	44.095	14.2095
4	4	2	-42.8176	-14.3207
5	2	5	40.019	19.7596
5	5	2	-39.2266	-14.6933
6	3	4	38.5263	7.4336
6	4	3	-38.3612	-8.49842
7	4	5	21.1802	2.8195
7	5	4	-20.7732	-5.28746

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.8328	1.56175

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.831	56.5421
2	70	49.9998
3	0	0
4	0	0
5	0	1.92206E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 29

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

K5	K7	K11	K13	K15
1	0	1	1	1

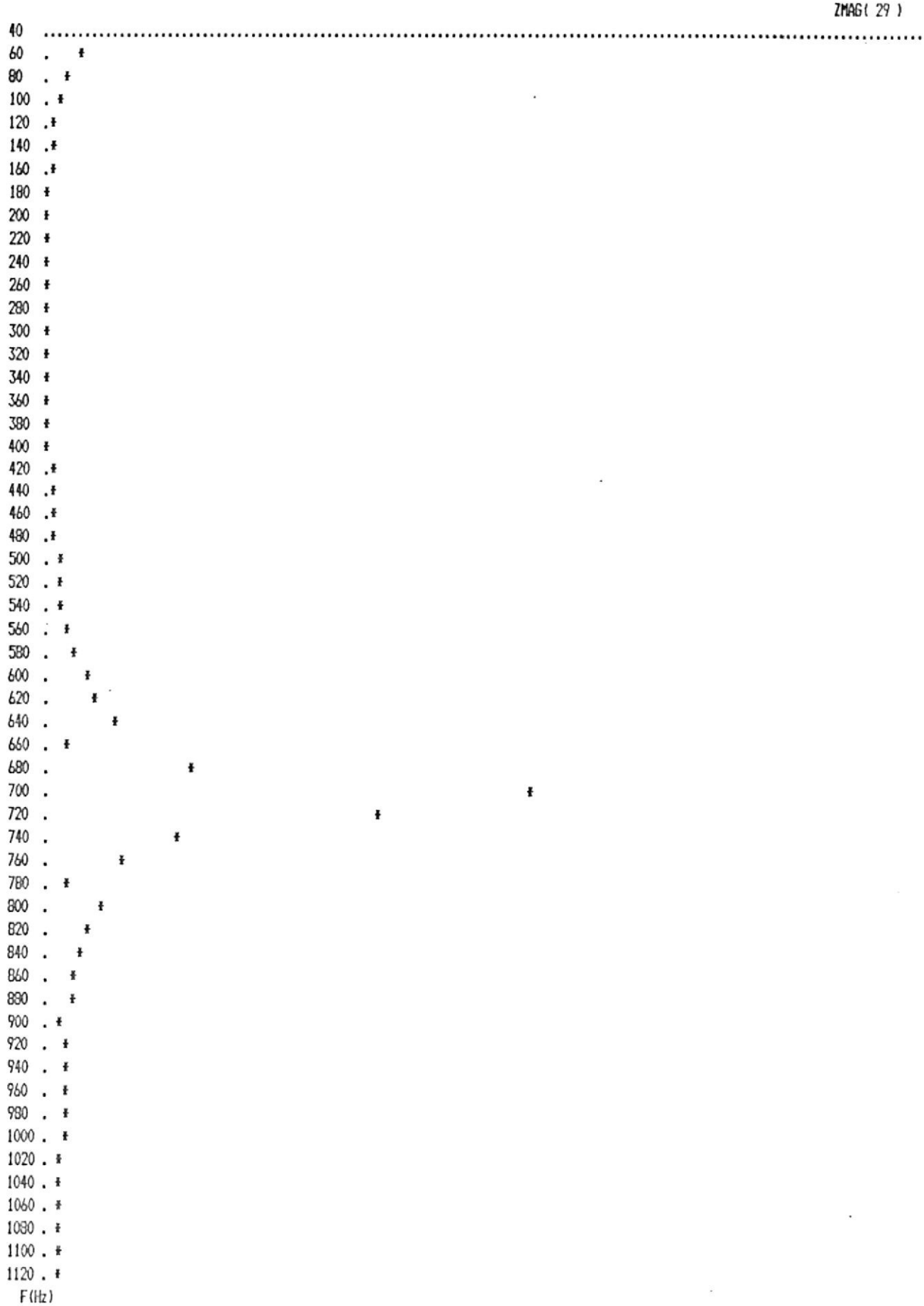
IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96185	-88.3956
70	3.93644	-88.646
80	3.235	-88.7715
90	2.72346	-88.8211
100	2.33179	-88.8204
110	2.02053	-88.7827
120	1.76556	-88.7143
130	1.55156	-88.6177
140	1.36818	-88.4924
150	1.20823	-88.3355
160	1.06656	-88.1412
170	.939394	-87.9004
180	.823892	-87.599
190	.71785	-87.2148
200	.61957	-86.7121
210	.527721	-86.0302
220	.441263	-85.0569
230	.359435	-83.5614
240	.281808	-80.9838
250	.20861	-75.546
260	.140924	-57.796
270	3.42465E-02	30.0471
280	4.40298E-02	69.1377
290	.104066	77.6083
300	.169926	80.7811
310	.237585	82.9475
320	.306262	84.1087

330	.375743	84.896
340	.446196	85.4627
350	.517853	85.8878
360	.590982	86.2165
370	.665887	86.4763
380	.742891	86.685
390	.822345	86.8546
400	.904635	86.9932
410	.990176	87.1069
420	1.07943	87.1998
430	1.1729	87.2752
440	1.27116	87.3352
450	1.37485	87.3816
460	1.48468	87.4154
470	1.60145	87.4375
480	1.7261	87.4481
490	1.85965	87.4471
500	2.00327	87.4341
510	2.15825	87.4077
520	2.32601	87.3658
530	2.50798	87.3045
540	2.70546	87.2163
550	2.91942	87.0853
560	3.15105	86.8711
570	3.41319	86.4414
580	3.88382	85.2465
590	5.60647	83.6582
600	6.10762	85.5826
610	6.38911	86.022
620	7.04038	85.8474
630	8.08263	85.3073
640	9.89762	83.8288
650	15.5248	74.3783
660	3.8496	10.9233
670	14.8301	81.1957
680	21.0404	79.5488
690	32.8519	74.6943
700	68.1106	58.59
710	119.679	-28.4453
720	46.5444	-70.7336
730	26.9247	-79.3395
740	18.7743	-82.7754
750	14.2727	-84.5874
760	11.2657	-85.6322
770	8.65056	-85.8118
780	3.57721	-21.9412
790	10.6941	-84.9764
800	8.36497	-87.0478



810	7.27951	-87.6311
820	6.53407	-87.9605
830	5.9574	-88.1896
840	5.48495	-88.3615
850	5.08292	-88.4927
860	4.72879	-88.5884
870	4.40233	-88.6416
880	4.07313	-88.6068
890	3.63949	-88.1157
900	2.61048	-41.5796
910	4.27673	-87.6125
920	3.79962	-88.367
930	3.54552	-88.2793
940	3.3536	-87.738
950	3.22018	-86.0287
960	3.36919	-79.4461
970	4.16496	-74.0204
980	3.64573	-84.4724
990	3.26413	-87.5166
1000	3.05189	-88.4893
1010	2.90524	-88.9106
1020	2.78997	-89.1339
1030	2.6928	-89.2697
1040	2.60758	-89.3608
1050	2.531	-89.4264
1060	2.4611	-89.4763
1070	2.39661	-89.5159
1080	2.33663	-89.5482
1090	2.2805	-89.5752
1100	2.22772	-89.5981
1110	2.17789	-89.6177
1120	2.13067	-89.6342
1130	2.08583	-89.6476
1140	2.04352	-89.6568
1150	2.00352	-89.6602
1160	1.97779	-89.6865
1170	1.93891	-89.7141
1180	1.90076	-89.7247
1190	1.86544	-89.7326
1200	1.83214	-89.7398


ZMAG(29)
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 29

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.9548
3	.97448	-5.88764
4	.966411	-7.00868
5	.931286	-12.1465

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.084	36.5582
1	2	1	-103.797	-36.1815
2	1	3	51.7466	19.9836
2	3	1	-49.4702	-18.3374
3	2	3	29.6834	12.2125
3	3	2	-29.0559	-14.0959
4	2	4	44.095	14.2095
4	4	2	-42.8176	-14.3207
5	2	5	40.019	19.7595
5	5	2	-39.2266	-14.6932
6	3	4	38.5262	7.4335
6	4	3	-38.3612	-8.49836
7	4	5	21.1802	2.81942
7	5	4	-20.7731	-5.28739

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83277	1.56175

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.831	56.5418
2	70.0001	50
3	0	0
4	0	0
5	0	1.93809E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 30

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

K5	K7	K11	K13	K15
0	1	1	1	1

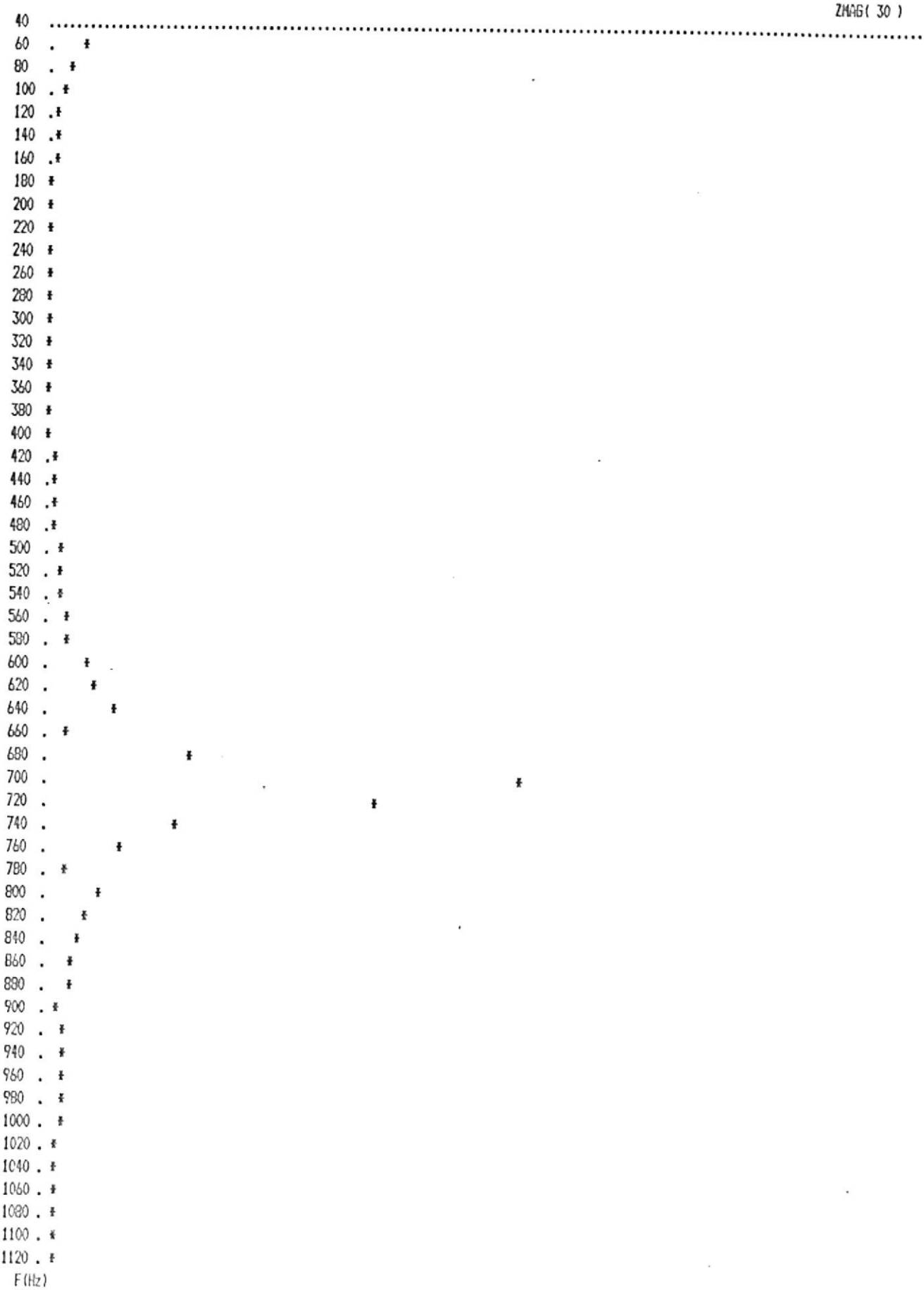
IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96187	-88.3956
70	3.93647	-88.646
80	3.23503	-88.7715
90	2.72348	-88.8211
100	2.33182	-88.8205
110	2.02056	-88.7827
120	1.76559	-88.7143
130	1.5516	-88.6177
140	1.36821	-88.4924
150	1.20827	-88.3355
160	1.0666	-88.1412
170	.939429	-87.9004
180	.823926	-87.5989
190	.717884	-87.2147
200	.619603	-86.712
210	.527751	-86.0301
220	.441292	-85.0567
230	.359459	-83.5611
240	.281828	-80.9833
250	.208625	-75.5451
260	.140933	-57.7939
270	3.42461E-02	30.0485
280	4.40273E-02	69.1392
290	.104033	77.6148
300	.170083	81.0808
310	.237831	82.9464
320	.306503	84.1061
330	.376028	84.8932

340	.446557	85.4596
350	.518324	85.8843
360	.591614	86.2123
370	.666758	86.4711
380	.744142	86.678
390	.824256	86.844
400	.907912	86.9735
410	.997623	87.0447
420	1.07234	82.6838
430	1.16328	87.2481
440	1.26563	87.3331
450	1.37064	87.383
460	1.48108	87.4177
470	1.59817	87.44
480	1.72298	87.4506
490	1.85659	87.4497
500	2.00021	87.4366
510	2.15513	87.4103
520	2.32279	87.3685
530	2.5046	87.3073
540	2.70189	87.2192
550	2.91562	87.0884
560	3.14697	86.8745
570	3.40875	86.4454
580	3.87847	85.2524
590	5.59605	83.6692
600	6.09597	85.5902
610	6.37707	86.0287
620	7.02654	85.8549
630	8.06533	85.3166
640	9.873	83.8433
650	15.4689	74.4348
660	3.84894	10.9733
670	14.7821	81.2234
680	20.9482	79.5939
690	32.6401	74.7934
700	67.3362	58.9828
710	120.953	-27.2852
720	46.9218	-70.5689
730	27.0516	-79.2875
740	18.8346	-82.7513
750	14.3065	-84.574
760	11.2862	-85.6239
770	8.66229	-85.8058
780	3.57794	-21.9121
790	10.711	-84.9681
800	8.37508	-87.044

810	7.28698	-87.6285
820	6.53994	-87.9585
830	5.96215	-88.188
840	5.48889	-88.3602
850	5.08623	-88.4916
860	4.73159	-88.5875
870	4.40471	-88.6407
880	4.07512	-88.606
890	3.64104	-88.1148
900	2.611	-41.5667
910	4.27879	-87.6113
920	3.80121	-88.3663
930	3.54689	-88.2786
940	3.35479	-87.7372
950	3.22126	-86.0273
960	3.37034	-79.4424
970	4.16664	-74.0137
980	3.64705	-84.4704
990	3.26517	-87.5158
1000	3.05279	-88.4889
1010	2.90604	-88.9103
1020	2.79069	-89.1337
1030	2.69347	-89.2695
1040	2.60819	-89.3606
1050	2.53157	-89.4262
1060	2.46164	-89.4762
1070	2.39711	-89.5157
1080	2.33709	-89.5481
1090	2.28094	-89.5751
1100	2.22813	-89.598
1110	2.17828	-89.6176
1120	2.13104	-89.6341
1130	2.08618	-89.6476
1140	2.04385	-89.6567
1150	2.00683	-89.6601
1160	1.97809	-89.6864
1170	1.93919	-89.7141
1180	1.90103	-89.7246
1190	1.8657	-89.7326
1200	1.83239	-89.7398

ZMAG(30)


40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 30

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.9548
3	.97448	-5.88764
4	.966411	-7.00867
5	.931286	-12.1465

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.084	36.5582
1	2	1	-103.797	-36.1815
2	1	3	51.7466	19.9836
2	3	1	-49.4702	-18.3374
3	2	3	29.6834	12.2125
3	3	2	-29.0559	-14.0959
4	2	4	44.095	14.2095
4	4	2	-42.8176	-14.3207
5	2	5	40.019	19.7595
5	5	2	-39.2266	-14.6933
6	3	4	38.5263	7.43373
6	4	3	-38.3612	-8.49852
7	4	5	21.1802	2.81945
7	5	4	-20.7732	-5.28742

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83285	1.56186

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.831	56.5418
2	70.0001	50
3	0	0
4	0	0
5	0	1.93103E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

*** ANALISIS DE LA BARRA 5 ***

A L T E R N A T I V A 31

FILTROS A INSTALARSE EN LA BARRA 5

K5	K7	K11	K13	K15
1	1	1	1	1

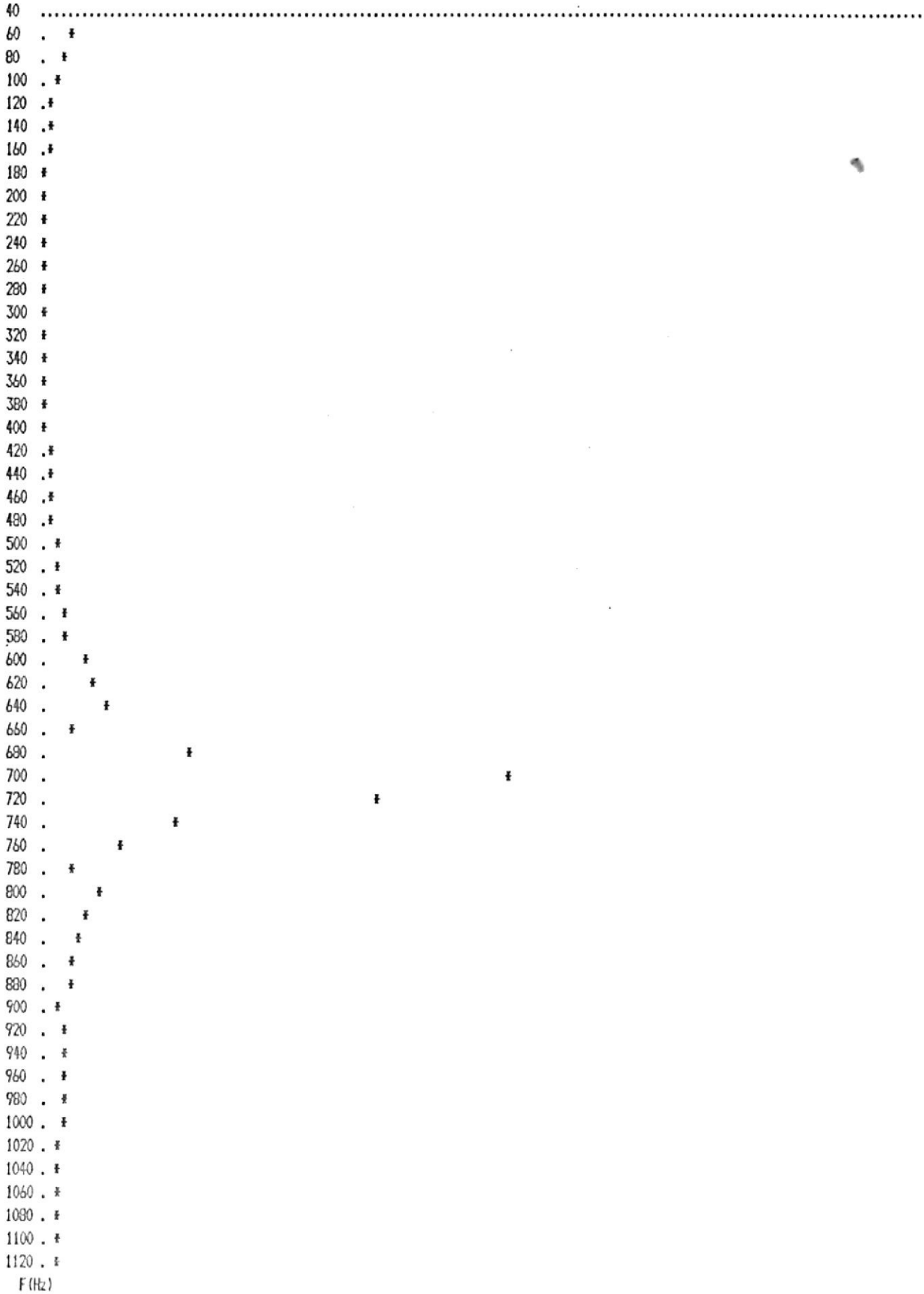
IMPEDANCIA VISTA POR EL CONVERTIDOR
DESDE LA BARRA 5

F(Hz)	ZMAG(PU)	ZANG(GR)
60	4.96184	-88.3956
70	3.93644	-88.646
80	3.235	-88.7715
90	2.72345	-88.8211
100	2.33178	-88.8204
110	2.02052	-88.7827
120	1.76555	-88.7143
130	1.55156	-88.6177
140	1.36817	-88.4924
150	1.20823	-88.3355
160	1.06656	-88.1412
170	.93939	-87.9004
180	.823889	-87.599
190	.717848	-87.2148
200	.619568	-86.7121
210	.52772	-86.0302
220	.441263	-85.0569
230	.359435	-83.5614
240	.281808	-80.9838
250	.208611	-75.546
260	.140924	-57.7958
270	3.42465E-02	30.0472
280	4.40295E-02	69.1379
290	.10406	77.6094
300	.169962	80.8407
310	.237643	82.947
320	.306328	84.1078
330	.375832	84.8949

340	.446324	85.4614
350	.51804	85.8861
360	.591264	86.2143
370	.666318	86.4733
380	.743576	86.6806
390	.823501	86.8474
400	.906814	86.9788
410	.995602	87.0587
420	1.07368	83.5853
430	1.16448	87.255
440	1.26589	87.3352
450	1.37048	87.3845
460	1.48061	87.4192
470	1.59742	87.4417
480	1.72193	87.4526
490	1.85521	87.4519
500	1.99843	87.4392
510	2.15288	87.4133
520	2.31996	87.372
530	2.50107	87.3114
540	2.69746	87.2242
550	2.91007	87.0945
560	3.13998	86.882
570	3.39986	86.4555
580	3.86592	85.269
590	5.56734	83.7039
600	6.05776	85.6209
610	6.32938	86.0628
620	6.95858	85.9023
630	7.95498	85.3952
640	9.64952	84.0214
650	14.5695	75.5934
660	4.70261	13.6318
670	15.451	81.0733
680	21.4236	79.4492
690	33.0557	74.6703
700	67.3972	59.0711
710	123.18	-25.5374
720	48.113	-70.1225
730	27.6654	-79.0854
740	19.2583	-82.6287
750	14.657	-84.4919
760	11.6259	-85.5785
770	9.06856	-85.8704
780	4.28975	-26.5159
790	10.1991	-85.5117

800	8.22605	-87.162
810	7.22193	-87.6782
820	6.50982	-87.9851
830	5.95077	-88.2043
840	5.4895	-88.3717
850	5.09598	-88.5012
860	4.74987	-88.5977
870	4.4331	-88.656
880	4.11939	-88.6389
890	3.72238	-88.2424
900	2.91216	-47.8821
910	4.15078	-87.8758
920	3.74549	-88.4352
930	3.51236	-88.3147
940	3.33038	-87.7643
950	3.20247	-86.0573
960	3.3528	-79.5031
970	4.14343	-74.1101
980	3.63038	-84.499
990	3.2529	-87.5275
1000	3.04287	-88.4956
1010	2.89768	-88.9149
1020	2.78347	-89.1371
1030	2.68713	-89.2722
1040	2.60258	-89.3628
1050	2.52655	-89.4281
1060	2.45711	-89.4778
1070	2.39301	-89.5172
1080	2.33336	-89.5493
1090	2.27752	-89.5762
1100	2.225	-89.599
1110	2.17539	-89.6185
1120	2.12837	-89.6349
1130	2.0837	-89.6483
1140	2.04156	-89.6574
1150	2.00469	-89.6608
1160	1.97606	-89.687
1170	1.9373	-89.7146
1180	1.89926	-89.7251
1190	1.86404	-89.733
1200	1.83083	-89.7402

ZMAG(31)


40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
260
280
300
320
340
360
380
400
420
440
460
480
500
520
540
560
580
600
620
640
660
680
700
720
740
760
780
800
820
840
860
880
900
920
940
960
980
1000
1020
1040
1060
1080
1100
1120
F(Hz)

A L T E R N A T I V A 31

R E S U L T A D O S

I	V(I)	THETA(I)
1	1.06	0
2	1.01874	-2.9548
3	.974481	-5.88764
4	.966411	-7.00868
5	.931286	-12.1465

** FLUJO DE POTENCIA EN LAS LINEAS **

LINEA	LS	LR	P(MWS)	Q(MVARS)
1	1	2	106.084	36.558
1	2	1	-103.797	-36.1814
2	1	3	51.7466	19.9835
2	3	1	-49.4702	-18.3373
3	2	3	29.6834	12.2124
3	3	2	-29.0559	-14.0959
4	2	4	44.095	14.2094
4	4	2	-42.8176	-14.3206
5	2	5	40.019	19.7594
5	5	2	-39.2266	-14.6932
6	3	4	38.5263	7.43358
6	4	3	-38.3612	-8.49837
7	4	5	21.1802	2.8194
7	5	4	-20.7731	-5.28737

** PERDIDAS TOTALES **

ACTIVAS (MWS)	REACTIVAS(MVARS)
7.83276	1.56163

** G E N E R A C I O N **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	157.831	56.5415
2	70	49.9999
3	0	0
4	0	0
5	0	1.94228E-02

** C A R G A **

BARRA	P(MWS)	Q(MVARS)
1	0	0
2	60	40
3	40	25
4	60	20
5	60	20

ORDENAMIENTO DE LOS FILTROS
DESDE EL MAS OPTIMO

K5	K7	K11	K13	K15
1	1	0	1	1

YC5	XL5	RF5	Q5
.00005	800	32	25

YC7	XL7	RF7	Q7
.00005	408.163	13.6054	30

YC11	XL11	RF11	Q11
0	0	0	40

YC13	XL13	RF13	Q13
.00005	118.343	3.94477	30

YC15	XL15	RF15	Q15
.00005	88.8889	3.55556	25

0	1	0	1	0

YC5	XL5	RF5	Q5
0	0	0	25

YC7	XL7	RF7	Q7
.0001	204.082	6.80272	30

YC11	XL11	RF11	Q11
0	0	0	40

YC13	XL13	RF13	Q13
.0001	59.1716	1.97239	30

YC15	XL15	RF15	Q15
0	0	0	25

0	1	0	1	1

YC5	XL5	RF5	Q5
0	0	0	25

YC7	XL7	RF7	Q7
6.66667E-05	306.122	10.2041	30

YC11	XL11	RF11	Q11
0	0	0	40

YC13	XL13	RF13	Q13
6.66667E-05	88.7574	2.95858	30

YC15	XL15	RF15	Q15
6.66667E-05	66.6667	2.66667	25

1 1 0 1 0

YC5	XL5	RF5	Q5
6.66667E-05	600	24	25

YC7	XL7	RF7	Q7
6.66667E-05	306.122	10.2041	30

YC11	XL11	RF11	Q11
0	0	0	40

YC13	XL13	RF13	Q13
6.66667E-05	88.7574	2.95858	30

YC15	XL15	RF15	Q15
0	0	0	25

1 0 0 1 0

YC5	XL5	RF5	Q5
.0001	400	16	25

YC7	XL7	RF7	Q7
0	0	0	30

YC11	XL11	RF11	Q11
0	0	0	40

YC13	XL13	RF13	Q13
.0001	59.1716	1.97239	30

YC15	XL15	RF15	Q15
0	0	0	25

```
        1       0       0       1       1

   YC5             XL5             RF5             Q5
6.66667E-05     600             24              25

   YC7             XL7             RF7             Q7
0               0               0               30

   YC11            XL11            RF11            Q11
0               0               0               40

   YC13            XL13            RF13            Q13
6.66667E-05     88.7574         2.95858         30

   YC15            XL15            RF15            Q15
6.66667E-05     66.6667         2.66667         25

        0       0       0       0       1

   YC5             XL5             RF5             Q5
0               0               0               25

   YC7             XL7             RF7             Q7
0               0               0               30

   YC11            XL11            RF11            Q11
0               0               0               40

   YC13            XL13            RF13            Q13
0               0               0               30

   YC15            XL15            RF15            Q15
.0002           22.2222         .888889         25

        1       0       0       0       1

   YC5             XL5             RF5             Q5
.0001           400             16              25

   YC7             XL7             RF7             Q7
0               0               0               30

   YC11            XL11            RF11            Q11
0               0               0               40
```

YC13	XL13	RF13	Q13
0	0	0	30

YC15	XL15	RF15	Q15
.0001	44.4444	1.77778	25

0 1 1 0 0

YC5	XL5	RF5	Q5
0	0	0	25

YC7	XL7	RF7	Q7
.0001	204.082	6.80272	30

YC11	XL11	RF11	Q11
.0001	82.6446	2.06612	40

YC13	XL13	RF13	Q13
0	0	0	30

YC15	XL15	RF15	Q15
0	0	0	25

0 1 0 0 1

YC5	XL5	RF5	Q5
0	0	0	25

YC7	XL7	RF7	Q7
.0001	204.082	6.80272	30

YC11	XL11	RF11	Q11
0	0	0	40

YC13	XL13	RF13	Q13
0	0	0	30

YC15	XL15	RF15	Q15
.0001	44.4444	1.77778	25

0 0 0 0 0

NO SE HA INSTALADO NINGUN FILTRO

1 0 1 0 0

YC5	XL5	RF5	Q5
.0001	400	16	25

YC7	XL7	RF7	Q7
0	0	0	30

YC11	XL11	RF11	Q11
.0001	82.6446	2.06612	40

YC13	XL13	RF13	Q13
0	0	0	30

YC15	XL15	RF15	Q15
0	0	0	25

0 0 1 0 0

YC5	XL5	RF5	Q5
0	0	0	25

YC7	XL7	RF7	Q7
0	0	0	30

YC11	XL11	RF11	Q11
.0002	41.3223	1.03306	40

YC13	XL13	RF13	Q13
0	0	0	30

YC15	XL15	RF15	Q15
0	0	0	25

0 0 1 1 1

YC5	XL5	RF5	Q5
0	0	0	25

YC7	XL7	RF7	Q7
0	0	0	30

YC11	XL11	RF11	Q11
6.66667E-05	123.967	3.09917	40

YC13	XL13	RF13	Q13
6.66667E-05	88.7574	2.95858	30

YC15	XL15	RF15	Q15

```
6.66667E-05    66.6667     2.66667     25


        1      1      0      0      1

   YC5            XL5          RF5         Q5
6.66667E-05    600          24          25

   YC7            XL7          RF7         Q7
6.66667E-05    306.122      10.2041     30

   YC11           XL11         RF11        Q11
0              0            0           40

   YC13           XL13         RF13        Q13
0              0            0           30

   YC15           XL15         RF15        Q15
6.66667E-05    66.6667      2.66667     25


        1      0      1      1      1

   YC5            XL5          RF5         Q5
.00005         800          32          25

   YC7            XL7          RF7         Q7
0              0            0           30

   YC11           XL11         RF11        Q11
.00005         165.289      4.13223     40

   YC13           XL13         RF13        Q13
.00005         118.343      3.94477     30

   YC15           XL15         RF15        Q15
.00005         88.8889      3.55556     25


        0      0      0      1      1

   YC5            XL5          RF5         Q5
0              0            0           25

   YC7            XL7          RF7         Q7
0              0            0           30

   YC11           XL11         RF11        Q11
0              0            0           40
```

YC13	XL13	RF13	Q13
.0001	59.1716	1.97239	30

YC15	XL15	RF15	Q15
.0001	44.4444	1.77778	25

0 1 1 1 1

YC5	XL5	RF5	Q5
0	0	0	25

YC7	XL7	RF7	Q7
.00005	408.163	13.6054	30

YC11	XL11	RF11	Q11
.00005	165.289	4.13223	40

YC13	XL13	RF13	Q13
.00005	118.343	3.94477	30

YC15	XL15	RF15	Q15
.00005	88.8889	3.55556	25

1 1 1 1 1

YC5	XL5	RF5	Q5
.00004	1000	40	25

YC7	XL7	RF7	Q7
.00004	510.204	17.0068	30

YC11	XL11	RF11	Q11
.00004	206.612	5.16529	40

YC13	XL13	RF13	Q13
.00004	147.929	4.93097	30

YC15	XL15	RF15	Q15
.00004	111.111	4.44444	25

1 1 1 0 0

YC5	XL5	RF5	Q5
6.66667E-05	600	24	25

YC7	XL7	RF7	Q7
6.66667E-05	306.122	10.2041	30

YC11	XL11	RF11	Q11
6.66667E-05	123.967	3.09917	40

YC13	XL13	RF13	Q13
0	0	0	30

YC15	XL15	RF15	Q15
0	0	0	25

0 0 1 1 0

YC5	XL5	RF5	Q5
0	0	0	25

YC7	XL7	RF7	Q7
0	0	0	30

YC11	XL11	RF11	Q11
.0001	82.6446	2.06612	40

YC13	XL13	RF13	Q13
.0001	59.1716	1.97239	30

YC15	XL15	RF15	Q15
0	0	0	25

1 0 1 1 0

YC5	XL5	RF5	Q5
6.66667E-05	600	24	25

YC7	XL7	RF7	Q7
0	0	0	30

YC11	XL11	RF11	Q11
6.66667E-05	123.967	3.09917	40

YC13	XL13	RF13	Q13
6.66667E-05	88.7574	2.95858	30

YC15	XL15	RF15	Q15
0	0	0	25

0 0 0 1 0

YC5	XL5	RF5	Q5
0	0	0	25

YC7	XL7	RF7	Q7
0	0	0	30

YC11	XL11	RF11	Q11
0	0	0	40

YC13	XL13	RF13	Q13
.0002	29.5858	.986193	30

YC15	XL15	RF15	Q15
0	0	0	25

0 1 1 1 0

YC5	XL5	RF5	Q5
0	0	0	25

YC7	XL7	RF7	Q7
6.66667E-05	306.122	10.2041	30

YC11	XL11	RF11	Q11
6.66667E-05	123.967	3.09917	40

YC13	XL13	RF13	Q13
6.66667E-05	88.7574	2.95858	30

YC15	XL15	RF15	Q15
0	0	0	25

1 1 1 1 0

YC5	XL5	RF5	Q5
.00005	800	32	25

YC7	XL7	RF7	Q7
.00005	408.163	13.6054	30

YC11	XL11	RF11	Q11
.00005	165.289	4.13223	40

YC13	XL13	RF13	Q13
.00005	118.343	3.94477	30

YC15	XL15	RF15	Q15
0	0	0	25

1 0 0 0 0

YC5	XL5	RF5	Q5
.0002	200	8	25

YC7	XL7	RF7	Q7
0	0	0	30

YC11	XL11	RF11	Q11
0	0	0	40

YC13	XL13	RF13	Q13
0	0	0	30

YC15	XL15	RF15	Q15
0	0	0	25

0 0 1 0 1

YC5	XL5	RF5	Q5
0	0	0	25

YC7	XL7	RF7	Q7
0	0	0	30

YC11	XL11	RF11	Q11
.0001	82.6446	2.06612	40

YC13	XL13	RF13	Q13
0	0	0	30

YC15	XL15	RF15	Q15
.0001	44.4444	1.77778	25

1 1 0 0 0

YC5	XL5	RF5	Q5
.0001	400	16	25

YC7	XL7	RF7	Q7
.0001	204.082	6.80272	30
YC11	XL11	RF11	Q11
0	0	0	40
YC13	XL13	RF13	Q13
0	0	0	30
YC15	XL15	RF15	Q15
0	0	0	25

0 1 0 0 0

YC5	XL5	RF5	Q5
0	0	0	25
YC7	XL7	RF7	Q7
.0002	102.041	3.40136	30
YC11	XL11	RF11	Q11
0	0	0	40
YC13	XL13	RF13	Q13
0	0	0	30
YC15	XL15	RF15	Q15
0	0	0	25

0 1 1 0 1

YC5	XL5	RF5	Q5
0	0	0	25
YC7	XL7	RF7	Q7
6.66667E-05	306.122	10.2041	30
YC11	XL11	RF11	Q11
6.66667E-05	123.967	3.09917	40
YC13	XL13	RF13	Q13
0	0	0	30
YC15	XL15	RF15	Q15
6.66667E-05	66.6667	2.66667	25

```
        1       0       1       0       1

   YC5             XL5             RF5             Q5
6.66667E-05     600             24              25

   YC7             XL7             RF7             Q7
0               0               0               30

   YC11            XL11            RF11            Q11
6.66667E-05     123.967         3.09917         40

   YC13            XL13            RF13            Q13
0               0               0               30

   YC15            XL15            RF15            Q15
6.66667E-05     66.6667         2.66667         25


        1       1       1       0       1

   YC5             XL5             RF5             Q5
.00005          800             32              25

   YC7             XL7             RF7             Q7
.00005          408.163         13.6054         30

   YC11            XL11            RF11            Q11
.00005          165.289         4.13223         40

   YC13            XL13            RF13            Q13
0               0               0               30

   YC15            XL15            RF15            Q15
.00005          88.8889         3.55556         25
```

B I B L I O G R A F I A

1. EVANS, R. D.,"Coordination of Power and Comunication Systems", Westinghouse Electric Corporation. Pensylvania, 1964, Capítulo 23, Pag. 772-776.

2. GRADY, W.M. Y HEYDT, G.T., "Distributed Rectifier Loads in Electric Power Systems", IEEE, 1984, Dallas-Texas, WM 219-2.

3. KIMBARK, E.W., "Direct Current Transmission", N. Y., 1971, John Wiley & Sons, Inc., Vol. 1, Capítulo 8.

4. KNOWLTON, A.E., "Standard Handbook for Electrical Engineers", Editorial Labor, Tomo I, Pag. 1035 a 1050.

5. MOORE, A.H., "Aplication of Power Capacitors to Electrochemical Rectifier Systems", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. IA-13 No. 5, Septiembre-Octubre 1977.