

AMPLIFICADORES DE BANDA ANCHA

UTILIZANDO EL PRINCIPIO DE

SINTONIA ESCALONADA

TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL
TITULO DE INGENIERO EN LA ESPE
CIALIDAD DE ELECTRONICA DE LA
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL.

QUITO, ABRIL DE 1973

CERTIFICO QUE ESTE TRABAJO HA SIDO
REALIZADO EN SU TOTALIDAD POR EL
SEÑOR : GERMAN LASSO ROSERO.


.....
ING. LUIS SILVA
CONSULTOR DE TESIS

QUITO, ABRIL DE 1.973

A MIS PADRES

=====

INDICE GENERAL DE MATERIAS

| <u>NUMERAL:</u> | <u>TEMA:</u> | <u>Nº PAGINA</u> |
|-----------------|------------------------------------|------------------|
| | INDICE GENERAL DE MATERIAS | I |
| | INDICE DE GRAFICAS Y FIGURAS | VIII |
| | INDICE DE TABLAS | XV ² |
| | INTR@DUCCION | XVI |

CAPITULO I

| | | |
|-----------|--|-----|
| 1 - 1 | GENERALIDADES DEL AMPLIFICADOR DE BANDA- ANCHA | 1 |
| 1 - 1 - 1 | CARACTERÍSTICAS DE TUBOS PARA AMPLIFICA- CIÓN DE VOLTAJE PARA BANDA ANCHA | 4 |
| 1 - 2 | AMPLIFICADORES SINTONIZADOS | 6 |
| 1 - 2 - 1 | GENERALIDADES DEL AMPLIFICAADOR DE UNA E- | ... |

.../...

| <u>NUMERAL :</u> | <u>TEMA :</u> | <u>Nº P A G I N A</u> |
|----------------------------------|--|-----------------------|
| | TAPA CON SINTONÍA SIMPLE | 10 |
| 1 - 2 - 2 | ESTUDIO DE LA ECUACIÓN DE TRANSFEREN- CIA DEL CIRCUITO | 13 |
| 1 - 3 | DIFERENTES TIPOS DE ACOPLAMIENTO Y CA RACTERÍSTICAS DE UN AMPLIFICADOR SIN- TONIZADO | 17 |
| 1 - 3 1 | ACOPLAMIENTO DIRECTO | 17 |
| 1 - 3 - 2 | ACOPLAMIENTO DIRECTO PARA BANDA ANCHA | 19 |
| 1 - 3 - 3 | ACOPLAMIENTO INDUCTIVO | 20 |
| 1 - 3 - 4 | ACOPLAMIENTO COMPLEJO | 21 |
| <u>C A P I T U L O I I</u> | | |
| 2 - 1 | ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LOS AMPLI- FICADORES EN GENERAL | 26 .../..... |

| <u>NUMERAL :</u> | <u>TEMA :</u> | <u>Nº PAGINA</u> |
|---------------------|---|-------------------|
| 2 - 1 - 1 | RESPUESTA TRANSITORIA DE AMPLIFICADORES SINTONIZADOS | 28 |
| 2 - 1 - 2 | RELACIÓN DE SELECTIVIDAD | 29 |
| 2 - 2 | AMPLIFICADORES DE SINTONÍA DOBLE..... | 30 |
| 2 - 3 | AMPLIFICADORES DE BANDA ANCHA DE SINTO- NÍA DOBLE | 35 |
| 2 - 3 - 1 | RESPUESTA TRANSITORIA EN AMPLIFICADORES DE SINTONÍA DOBLE | 37 |
| 2 - 3 - 2 | CONCLUSIONES | 38 |
| <u>CAPITULO III</u> | | |
| 3 - 1 | ESTUDIO MATEMÁTICO PARA OBTENER RESPUES- TA DE MÁXIMA GANANCIA | 41 |
| 3 - 1 - 1 | PROPIEDADES DE UN AMPLIFICADOR PARA MÁ- XIMA RESPUESTA LINEAL | 44/..... |

| <u>NUMERAL :</u> | <u>TEMA :</u> | <u>Nº P A G I N A</u> |
|------------------|--|-----------------------|
| 3 - 2 | TRANSFORMACIÓN DE BANDA ANCHA | 50 |
| 3 - 3 | SINTONÍA ESCALONADA | 53 |
| 3 - 3 - 1 | SINTONÍA ESCALONADA PARA BANDA ESTRECHA | 56 |
| 3 - 3 - 2 | SINTONÍA ESCALONADA PARA BANDA ANCHA ... | 59 |

C A P I T U L O I V

| | | |
|-----------|---|-----------------|
| 4 - 1 | DISEÑO DEL AMPLIFICADOR DE BANDA ANCHA PA RA EXPERIMENTACIÓN | 64 |
| 4 - 1 - 1 | ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL AMPLIFICADOR | 64 |
| 4 - 1 - 2 | DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE SINTONÍA SIMPLE | 65 |
| 4 - 1 - 3 | DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN AMPLIFICADOR DE VARIAS ETAPAS SINTONIZADAS ESCALONADA- MENTE. | 71 .../..... |

| <u>NUMERAL :</u> | <u>TEMA :</u> | <u>Nº PAGINA</u> |
|-------------------|--|------------------|
| 4 - 1 - 3 - 1 | ELECCIÓN DE LA COMBINACIÓN DE ETAPAS ... | 74 |
| 4 - 1 - 3 - 2 | LA MENOR CANTIDAD DE TUBOS | 78 |
| 4 - 1 - 3 - 3 | RELACIÓN DE SELECTIVIDAD | 78 |
| 4 - 2 | CÁLCULO DEL AMPLIFICADOR DE SINTONÍA ESCA LONADA | 81 |
| 4 - 2 - 1 | DATOS DEL AMPLIFICADOR A CONSTRUIRSE | 85 |
| 4 - 2 - 2 | DATOS CON RELACIÓN A LOS ELEMENTOS | 86 |
| 4 - 3 | ARMADO DEL EQUIPO | 88 |
| <u>CAPITULO V</u> | | |
| 5 - 1 | RESPUESTA DE UNA ETAPA DE SINTONÍA SIMPLE | 92 |
| 5 - 1 - 1 | PRODUCTO DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA - DEL AMPLIFICADOR DE SINTONÍA SIMPLE | 96 |

.../.....

NUMERAL :

TEMA :

Nº PÁGINA

| | | |
|-----------|--|-----|
| 5 - 2 | RESPUESTA DEL AMPLIFICADOR DE SINTONÍA ESCALONADA | 96 |
| 5 - 2 - 1 | PRODUCTO DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA DEL AMPLIFICADOR DE SINTONÍA ESCALONADA | 103 |

CAPITULO VI

| | | |
|-----------|---|--------------------|
| 6 - 1 | CONCLUSIONES GENERALES | 106 |
| 6 - 2 | SINTONÍA DE LAS DIFERENTES ETAPAS | 106 |
| 6 - 3 | GANANCIA Y ANCHO DE BANDA | 107 |
| 6 - 4 | EVALUACIÓN DE LAS CURVAS OBTENIDAS | 110 |
| 6 - 5 | RUIDO TÉRMICO Y DISTORSIÓN | 111 |
| 6 - 6 | REALIMENTACIÓN EN AMPLIFICADORES SINTO- NIZADOS DE VARIAS ETAPAS | 112 |
| 6 - 6 - 1 | CONTROL DE REALIMENTACIÓN | 113/..... |

| <u>NUMERAL:</u> | <u>TEMA:</u> | <u>Nº PAGINA</u> |
|-----------------|--|------------------|
| 6 - 7 | SISTEMAS ESCALONADOS DE ORDEN MAYOR .. | 114 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 115 |
| | LISTA DE REFERENCIAS | 116 |

INDICE DE GRAFICAS Y FIGURAS

FIG. N^o

LEYENDA :

PÁG.

CAPITULO I

| | | |
|-------|---|----|
| 1 - 1 | MODIFICACIONES DE UNA FORMA DE ONDA INTRODUCIDAS POR UN AMPLIFICADOR | 2 |
| 1 - 2 | CIRCUITO DE UN AMPLIFICADOR ACOPLADO A RESISTENCIA . | 4 |
| 1 - 3 | CIRCUITO EQUIVALENTE A PENTODO PARA MEDIAS Y ALTAS - FRECUENCIAS | 8 |
| 1 - 4 | ETAPA DE SINTONÍA SIMPLE CON TODOS SUS ELEMENTOS ... | 11 |
| 1 - 5 | CIRCUITO PARA UNA ETAPA DE BANDA ANCHA | 13 |
| 1 - 6 | CIRCUITO PARA UNA ETAPA DE BANDA ESTRECHA | 13 |
| 1 - 7 | RESPUESTA DE FRECUENCIA DE UN AMPLIFICADOR DE SINTONÍA SIMPLE | 15 |
| 1 - 8 | CIRCUITO ACTUAL Y EQUIVALENTE DE UN AMPLIFICADOR DE $\frac{A}{\dots}$ | |

| <u>FIG. N^o</u> | <u>LEYENDA :</u> | <u>PAG.</u> |
|----------------------------|---|-------------|
| | COPLAMIENTO DIRECTO, DE SINTONÍA SIMPLE | 18 |
| 1 - 9 | CIRCUITO ACTUAL Y EQUIVALENTE DE UN AMPLIFICADOR ACOPLADO A TRANSFORMADOR DE SINTONÍA SIMPLE | 20 |
| 1 - 10A | CIRCUITO TÍPICO DE ACOPLAMIENTO COMPLEJO | 22 |
| 1 - 10B | VARIACIÓN DE M EN UN SISTEMA TÍPICO DE ACOPLAMIENTO COMPLEJO | 23 |
| <u>CAPITULO II</u> | | |
| 2 - 1 | CARACTERÍSTICAS DE RETARDO DE ENVOLVENTE DE UN AMPLIFICADOR DE SINTONÍA SIMPLE Y DE CASOS TÍPICOS DE SINTONÍA DOBLE | 27 |
| 2 - 2 | RESPUESTA TRANSITORIA DE UN AMPLIFICADOR SINTONIZADO A UNA ONDA MODULADA | 28 |
| 2 - 3 | RELACIÓN DE SELECTIVIDAD PARA UNA Y DOS ETAPAS DE SINTONÍA DOBLE | 30 |
| | | .../.... |

FIG. N^o

LEYENDA :

PAG.

| | | |
|-------|---|----|
| 2 - 4 | CIRCUITO REAL Y EQUIVALENTE DE UN AMPLIFICADOR DE SINTONÍA DOBLE | 31 |
| 2 - 5 | RESPUESTA DE FRECUENCIA PARA UN AMPLIFICADOR DE SINTONÍA DOBLE CON DIFERENTE RELACIÓN DE K/K_c | 34 |
| 2 - 6 | AMPLIFICADORES DE SINTONÍA SIMPLE Y DOBLE EN LOS CUALES SE HA AMPLIADO EL ANCHO DE BANDA COLOCANDO RESISTENCIAS EN PARALELO | 36 |

CAPITULO III

| | | |
|-------|--|----|
| 3 - 1 | UBICACIÓN DE LOS POLOS PARA UN CIRCUITO DE SINTONÍA SIMPLE CON VARIOS VALORES DE Q | 42 |
| 3 - 2 | UBICACIÓN DE LOS POLOS PARA EL CASO DE BANDA ESTRECHA. | 44 |
| 3 - 3 | UBICACIÓN APROXIMADA DE LOS POLOS PARA UNA ETAPA DE BANDA ESTRECHA | 45 |
| 3 - 4 | APROXIMACIÓN IDEAL PARA LA FUNCIÓN DE MÁXIMA GANANCIA | 45 |

| <u>FIG. Nº</u> | <u>LEYENDA :</u> | <u>PAG.</u> |
|----------------|--|---------------|
| 3 - 5 | POSICIÓN DE LOS POLOS PARA $N = 2$ | 47 |
| 3 - 6 | MAXIMA RESPUESTA DE FRECUENCIA PARA VARIOS VALORES DE N | 48 |
| 3 - 7 | UBICACIÓN DE LOS POLOS PARA BANDA ESTRECHA PARA OBTENER RESPUESTA MÁXIMA CON 3 ETAPAS. | 49 |
| 3 - 8 | UBICACIÓN DE LOS POLOS EN EL PLANO "s" A), Y EN EL PLANO "P" B), EN LA TRANSFORMACIÓN DE BANDA ANCHA. | 50 |
| 3 - 9 | TRANSFORMACIÓN DESDE EL PLANO "P" AL PLANO "s"..... | 53 |
| 3 - 10 | RESPUESTAS INDIVIDUALES Y TOTAL DE UN PAR ESCALONADO. | 56 |
| 3 - 11 | UBICACIÓN DE LOS POLOS PARA EL CASO DE BANDA ESTRECHA DE UNA ETAPA DE SINTONÍA SIMPLE | 57 |
| 3 - 12 | GRUPO DE POLOS ALREDEDOR DE f_0 PARA MÁXIMA GANANCIA | 57 |
| 3 - 13 | LOCALIZACIÓN DE POLOS Y CERO EN UNA ETAPA DE SINTONÍA SIMPLE | 59 .../... |

| <u>FIG. Nº</u> | <u>LEYENDA :</u> | <u>PAG.</u> |
|--------------------|--|-------------|
| 3 - 14 | CURVAS DE DISEÑO PARA UN PAR DISTRIBUÍDO..... | 60 |
| 3 - 15 | CURVAS DE DISEÑO PARA UNA DISTRIBUCIÓN TRIPLE | 61 |
| 3 - 16 | POSICIÓN DE LOS POLOS PARA BANDA ANCHA | 63 |
| <u>CAPITULO IV</u> | | |
| 4 - 1 | CARACTERÍSTICAS PROMEDIOS DE PLACA PARA EL TUBO 6AK5 | 67 |
| 4 - 2 | CIRCUITO BÁSICO DEL AMPLIFICADOR DE SINTONÍA SIMPLE | 68 |
| 4 - 3 | GRÁFICA DEL PRODUCTO DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA = $GM / 2\pi C$ PARA DIFERENTES TUBOS | 73 |
| 4 - 4 | PRODUCTO DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA PARA DIFEREN <u>T</u> TES COMBINACIONES DE ETAPAS | 77 |
| 4 - 5 | RELACIÓN DE SELECTIVIDAD DE ETAPAS DE SINTONÍA ESCA <u>L</u> LONADA | 79 |
| 4 - 6 | DIAGRAMA DE BLOQUES PARA EL AMPLIFICADOR DE SINTONÍA ESCALONADA | 84 |
| | | .../... |

| <u>FIG. Nº</u> | <u>LEYENDA :</u> | <u>PAG.</u> |
|-------------------|---|-------------|
| 4 - 7 | CIRCUITO DEL AMPLIFICADOR DE BANDA ANCHA UTILIZAN DO SINTONIA ESCALONADA | 90 |
| <u>CAPITULO V</u> | | |
| 5 - 1 | VISTA FRONTAL DEL EQUIPO AMPLIFICADOR DE SINTONÍA SIMPLE | 93 |
| 5 - 2 | VISTA INFERIOR DEL EQUIPO AMPLIFICADOR DE SINTONÍA SIMPLE | 93 |
| 5 - 3 | RESPUESTA DE FRECUENCIA DEL AMPLIFICADOR DE SINTO NÍA SIMPLE | 95 |
| 5 - 4 | VISTA FRONTAL DEL EQUIPO AMPLIFICADOR DE SINTONÍA ESCALONADA | 97 |
| 5 - 5 | VISTA POSTERIOR DEL EQUIPO AMPLIFICADOR DE SINTO- NÍA ESCALONADA | 97 |
| 5 - 6 | RESPUESTA DE FRECUENCIA INDIVIDUAL DE LA 1ª. Y 2ª. ETAPAS | 101 |
| 5 - 7 | RESPUESTA DE FRECUENCIA INDIVIDUAL DE LA 3ª. Y 4ª. ETAPAS | 101 |

REF. N°

LEYENDA :

PAG.

| | | |
|--------|--|-----|
| 5 - 8 | RESPUESTA DE FRECUENCIA DE LA 1A., Y 2A. ETAPAS ... | 102 |
| 5 - 9 | RESPUESTA DE FRECUENCIA DE LA 3A. Y 4A. ETAPAS | 102 |
| 5 - 10 | RESPUESTA DE FRECUENCIA DEL AMPLIFICADOR DE SINTONÍA ESCALONADA | 104 |

INDICE DE TABLAS

| <u>TABLA N^o</u> | <u>TITULO :</u> | <u>PAG.</u> |
|----------------------------|--|-------------|
| 1 - 1 | PENTODOS PEQUEÑOS DE ALTO RENDIMIENTO | 5 |
| 1 - 2 | CARACTERÍSTICAS DE LOS TUBOS DE INTERES EN APLIFI CACIÓN DE VIDEO | 6 |
| 2 - 1 | VALORES RELATIVOS DE B DE UN AMPLIFICADOR DE VARIAS ETAPAS DE SINTONÍA IDÉNTICA | 35 |
| 3 - 1 | SINTONÍA ESCALONADA PARA BANDA ESTRECHA | 58 |
| 3 - 2 | SINTONÍA ESCALONADA PARA BANDA ANCHA | 62 |
| 6 - 1 | ANCHO DE BANDA DE LOS DIFERENTES SISTEMAS ESTUDIA DOS. | 109 |

INTRODUCCION

EN EL DESARROLLO DE LA CIENCIA ELECTRÓNICA APLICADA A LOS SISTEMAS DE TELECOMUNICACIONES Y EN ESPECIAL PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS A GRAN VELOCIDAD, SE HA IDO REQUIRIENDO DE EQUIPOS QUE PROPORCIONEN MAYORES ANCHOS DE BANDA.

EN COMUNICACIONES POR EJEMPLO DEBIDO AL ELEVADO TRÁFICO, SE REQUIERE ENVIAR SIMULTÁNEAMENTE INFORMACIÓN POR MUCHOS CANALES TELEFÓNICOS, DEBIENDO TENER ESTOS LA MENOR DISTORSIÓN POSIBLE DENTRO DE LAS TOLERANCIAS INDICADAS PARA DICHS SISTEMAS.

POR OTRO LADO, LA TRANSMISIÓN DE DATOS REQUIERE DE ANCHOS DE BANDA QUE ESTÉN EN RELACIÓN DIRECTA CON LA VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN. EQUIPOS ESPECIALIZADOS PARA LOS DIFERENTES CAMPOS DEBEN CUMPLIR REQUISITOS DE GRAN ANCHO DE BANDA, TENIENDO UN EJEMPLO EN LOS EQUIPOS DE RADAR UTILIZADOS EN LA NAVEGACIÓN AÉREA, LOS CUALES ENVÍAN PULSOS A GRAN VELOCIDAD.

PARA MEJORAR LA RESPUESTA DE FRECUENCIA, Y EN VISTA DE QUE LOS COMPONENTES BÁSICOS DE LOS CIRCUITOS ELECTRÓNICOS NO RESPONDEN EN FORMA LINEAL A TODAS LAS FRECUENCIAS, HA SIDO NECESARIO EL DESARROLLO DE CIRCUITOS CONOCIDOS COMO EQUALIZADORES, CUYO OBJETO ES APLANAR LA RESPUESTA DE FRECUENCIA DENTRO DEL ANCHO DE BANDA REQUERIDO.

EN LA ACTUALIDAD LOS ESTUDIOS DE SISTEMA CON BANDA ANCHA, SE REALIZA EN EL RANGO DE MICROONDAS, DEBIDO A LA GRAN BANDA DISPONIBLE EN DICHO RANGO Y POR LA GRAN DEMANDA DE CANALES QUE SE PREVEE PARA EL FUTURO.

CON ESA FINALIDAD SE HAN IDO DESARROLLANDO TÉCNICAS QUE PERMITAN A LOS DIFERENTES COMPONENTES DE UN SISTEMA, RESPONDER LINEALMENTE A UN RANGO CONSIDERABLE DE FRECUENCIAS, SIENDO DE ENTRE ELLOS, ELEMENTOS MUY IMPORTANTES LOS AMPLIFICADORES. UNA DE LAS TÉCNICAS UTILIZADAS PARA OBTENER AMPLIFICACIÓN DE BANDA ANCHA SE CONOCE CON EL NOMBRE DE SINTONIA ESCALONADA, LA MISMA QUE SERÁ EL OBJETO DEL PRESENTE ESTUDIO.

EL APROVECHAMIENTO Y POSIBILIDADES DE LA SINTONÍA ESCALONADA FUÉ MOTIVO DE LARGO ESTUDIO ANTES DE QUE TENGA UNA APLICACIÓN PRÁCTICA. EN PRIMER LUGAR BUTTERWORTH EN 1.930 ESTUDIÓ LA POSIBILIDAD DE SINTETIZAR UNA FUNCIÓN DE ALTA GANANCIA, GRACIAS A UN AMPLIFICADOR DE VARIAS ETAPAS; POSTERIORMENTE SCHIENEMANN EN SUS PUBLICACIONES PRESENTÓ LOS ESTUDIOS DEL PRODUCTO DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA. POSTERIORMENTE A ESTO, LONDON ESCRIBIÓ SU ARTÍCULO A CERCA DE UNA MÁXIMA RESPUESTA PLANA. MÁS EN EL ASPECTO PRÁCTICO SE LE ACREDITA A HENRY WALLMAN LA PRIMERA APLICACIÓN DE SINTONÍA ESCALONADA EN LOS AMPLIFICADORES DE FRECUENCIA INTERMEDIA DE LOS RECEPTORES DE RADAR.

EN EL DESARROLLO DEL PRESENTE TRABAJO SE PRESENTA EN LOS DOS PRIMEROS CAPÍTULOS UN ESTUDIO GENERAL DE LOS AMPLIFICADORES DE BANDA ANCHA, DANDO

LAS CONDICIONES QUE ESTOS DEBEN CUMPLIR, LAS VENTAJAS QUE PRESENTAN LOS DIFERENTES TIPOS Y LAS RELACIONES DE GANANCIA Y ANCHO DE BANDA QUE SE OBTIENE CON LAS DIFERENTES FORMAS DE ACOPLAMIENTO.

EN EL TERCER CAPÍTULO SE HACE UN DESARROLLO MATEMÁTICO CON EL FÍN DE OBTENER LA MEJOR RESPUESTA DE FRECUENCIA DE UN AMPLIFICADOR DE BANDA ANCHA, PARTIENDO PARA ESTO DE LA ECUACIÓN DE TRANSFERENCIA DE SU CIRCUITO EQUIVALENTE, PARA LUEGO INTRODUCIR EL PRINCIPIO DEL AMPLIFICADOR DE SINTONIA ESCALONADA.

EN EL CAPÍTULO CUARTO Y APROVECHANDO LAS TABLAS Y DIAGRAMAS OBTENIDOS EN EL CAPÍTULO ANTERIOR, SE PROCEDE PRIMERAMENTE A DISEÑAR EL AMPLIFICADOR BÁSICO DE SINTONÍA SIMPLE, EL MISMO QUE SERVIRÁ DE COMPARACIÓN PARA VER LAS VENTAJAS DEL AMPLIFICADOR DE SINTONÍA ESCALONADA, EN CUYO DISEÑO SE REALIZA UN ESTUDIO PARA OBTENER LA MEJOR COMBINACIÓN DE ETAPAS QUE CUMPLA CON LAS ESPECIFICACIONES.

CAVE ANOTAR QUE SE HA ESCOGIDO EL ANCHO DE BANDA DE 8 A 14 MEGACICLOS EN VISTA DE QUE EL SUSCRITO, TRABAJANDO EN EL DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA DE LA DIRECCIÓN DE AVIACIÓN CIVIL, HA PENSADO QUE ESTE EQUIPO PODRÍA TENER APLICACIÓN A LA ENTRADA DE RECEPCIÓN DE LAS COMUNICACIONES INTERNACIONALES DE PUNTO A PUNTO QUE ABARCA DICHO RANGO DE FRECUENCIA.

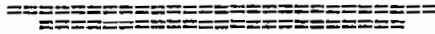
EN LOS ÚLTIMOS CAPÍTULOS SE REALIZA UNA EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS PRUEBAS DE LABORATORIO, CON LAS DIFERENTES CURVAS DE RESPUES-

TA DE FRECUENCIA. ADEMÁS SE PRESENTA UN ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS DIFERENTES TIPOS DE AMPLIFICADORES MENCIONADOS EN EL PRESENTE ESTUDIO.

SE INDICA POR ÚLTIMO LA BIBLIOGRAFÍA UTILIZADA Y POR OTRO LADO UNA LISTA DE REFERENCIAS QUE SE HACEN EN EL TRANCURSO DE ESTE TRABAJO, INDICANDO EL TEXTO Y EL CAPÍTULO EN LA QUE ÉSTAS SE ENCUENTRAN DETALLADAS.

QUIERO APROVECHAR ESTA OPORTUNIDAD PARA PRESENTAR MI SENTIMIENTO DE GRATITUD HACIA LA PERSONA DEL ING. LUIS SILVA, QUIEN HA SABIDO GUIARME EN EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO, GRACIAS A SUS CONOCIMIENTOS Y EXPERIENCIA. ASÍ MISMO A QUIENES DE UNA U OTRA MANERA PRESTARON SU AYUDA PARA HACER POSIBLE EL DESARROLLO DE ESTA TESIS EN SU PARTE EXPERIMENTAL EN EL LABORATORIO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.

C A P I T U L O I



1 - 1 .- GENERALIDADES DEL AMPLIFICADOR DE BANDA ANCHA

SE CONOCE COMO AMPLIFICADOR DE BANDA ANCHA, AQUEL QUE PROPORCIONA UNA AMPLIFICACIÓN LINEAL PARA UN ANCHO DE BANDA DEL ORDEN DE MEGACICLOS.

POR LO GENERAL SE CONOCE CON ESTA DENOMINACIÓN A LOS AMPLIFICADORES DE VIDEO-FRECUENCIA DEBIDO A QUE ESTOS FUERON LOS QUE EN PRIMER LUGAR SE UTILIZARON PARA TENER ALTA FIDELIDAD DE REPRODUCCIÓN EN UN RANGO DE 5 A 6 MEGACICLOS DE ANCHO DE BANDA.

UNA IMPORTANTE CARACTERÍSTICA DE UN AMPLIFICADOR DE BANDA ANCHA ES SU HABILIDAD PARA REPRODUCIR CAMBIOS INSTANTÁNEOS DE FORMAS DE ONDA, COMO POR EJEMPLO EN UN PULSO RECTANGULAR U ONDA PASO DE PERÍODO ESTRECHO; SI EL RANGO DE FRECUENCIA DEL AMPLIFICADOR ES LIMITADO, LA CONSIGUIENTE DISTORSIÓN DE FASE IMPEDIRÁ QUE LA ONDA DE SALIDA SEA UNA REPRODUCCIÓN EXACTA DE LA SEÑAL DE ENTRADA.

LAS PRINCIPALES MODIFICACIONES INTRODUCIDAS POR UN AMPLIFICADOR A LA FORMA DE UN PULSO IDEAL SON:

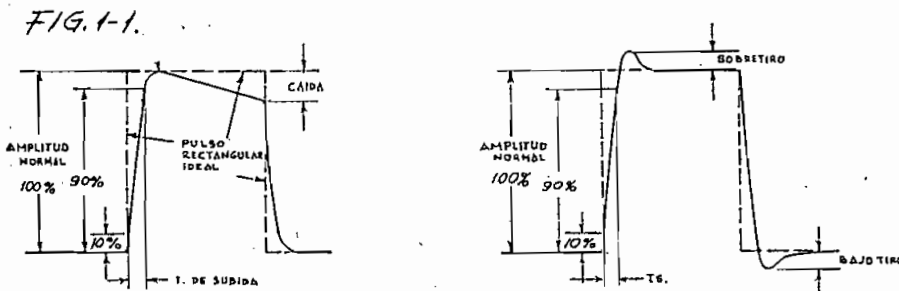
A.- LA AMPLITUD SUBE (Y CAE) A UNA VELOCIDAD RELATIVAMENTE FINITA Y NO INSTANTÁNEAMENTE.

.../...

B.- EN ALGUNOS CASOS LA AMPLITUD INICIAL SUBIRÁ SOBRE EL VALOR NOMI
NAL (LLAMADO ESTO SOBRE-TIRO) CUANDO ESTO SUCEDA, HABRÁ UNA -
DISMINUCIÓN EN LA AMPLITUD DE BAJADA (BAJO-TIRO).

C.- LA PARTE SUPERIOR DEL PULSO REPRODUCIDO, TIENDE A CAER CON EL -
TIEMPO, EN LUGAR DE DAR UNA RESPUESTA PLANA.

ESTOS DEFECTOS SE MUESTRAN EN LA FIG. 1 - 1



MODIFICACIONES DE UNA FORMA DE ONDA INTRODUCIDAS POR UN AMPLIFICADOR

LA RELACIÓN CON LA CUAL EL VOLTAJE SE INCREMENTA DESDE EL 10 HASTA
EL 90% DE SU VALOR NOMINAL SE CONOCE COMO TIEMPO DE SUBIDA Y ES INVERSAMENTE
PROPORCIONAL AL ANCHO DE BANDA DEL AMPLIFICADOR. PARA VALORES MUY PEQUEÑOS -
DE SOBRETIRO, DICHO TIEMPO VIENE DADO POR LA SIGUIENTE RELACIÓN. (REFERENCIA
Nº 1)

$$T_S = \frac{0.35 A + 0.45}{B} \text{ SEGUNDOS} \quad (1 - 1)$$

EN DONDE :

T_S = TIEMPO DE SUBIDA

B = ANCHO DE BANDA.

SIENDO EL ANCHO DE BANDA B , EL RANGO DE FRECUENCIAS PARA EL CUAL LA AMPLITUD ES MAYOR DEL 70.7% DEL VALOR NOMINAL DE LA SEÑAL A LA FRECUENCIA MEDIA.

LA RESPUESTA A UN PULSO, O A UN VOLTAJE APLICADO INSTANTÁNEAMENTE, REPRESENTADO POR LA SUBIDA INICIAL Y EL CONSIGUIENTE SOBRETIRO, COMO SE INDICA EN LA FIGURA 1 - 1, SE LLAMA LA RESPUESTA TRANSITORIA DEL AMPLIFICADOR; ÉSTA REPRESENTA SU HABILIDAD PARA REPRODUCIR CAMBIOS INSTANTÁNEOS DE AMPLITUD DE LA SEÑAL APLICADA.

LA MÁXIMA VELOCIDAD DE SUBIDA (IGUALMENTE DE BAJADA) DE LA SEÑAL, ESTÁ DETERMINADA POR EL ANCHO DE BANDA DEL AMPLIFICADOR, LIMITANDO LA FIDELIDAD CON QUE LOS PULSOS MÁS ESTRECHOS PUEDEN REPRODUCIRSE A SU SALIDA.

PARA EL CASO DE AMPLIFICADORES PASABAJOS, LA RESPUESTA TRANSITORIA ES GENERALMENTE DE MAYOR IMPORTANCIA QUE LA CARACTERÍSTICA DE AMPLIFICACIÓN Y DE CORRIMIENTO DE FASE DE LAS FRECUENCIAS MÁS ALTAS, DEBIDO ESTO A LA CONDI -

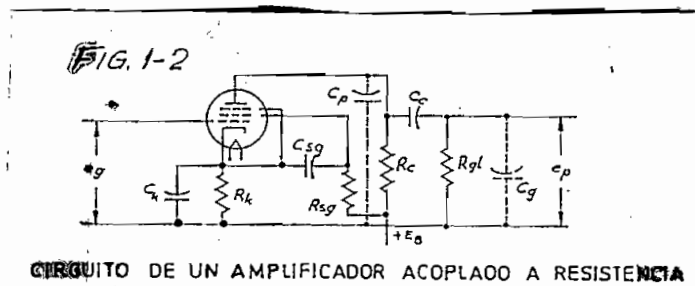
...../.....

CIÓN QUE DEBE CUMPLIR UN AMPLIFICADOR DE BANDA ANCHA PARA REPRODUCIR LOS PUL -
SOS MÁS CORTOS, MIENTRAS QUE LA AMPLIFICACIÓN Y EL CORRIMIENTO DE FASE, DAN SO
LO INDIRECTAMENTE ESTA INFORMACIÓN. POR LO TANTO ESTE TIPO DE AMPLIFICADORES
COMO LOS UTILIZADOS EN TELEVISIÓN POR EJEMPLO, HAN OPTIMIZADO ESTA RESPUESTA,
DANDO SOLUCIÓN A CADA UNO DE DICHS PROBLEMAS. (REFERENCIA Nº 2)

1 - 1 - 1 - .- CARACTERÍSTICAS DE TUBOS PARA AMPLIFICACION DE VOLTAJE PARA

BANDA ANCHA

EL MÉRITO DE UN TUBO SE MIDE POR LA GANANCIA QUE PUEDE PROPORCIONAR
EN UN ANCHO DE BANDA DETERMINADO. SI SE REALIZA UN LIGERO ANÁLISIS DE UN AM -
PLIFICADOR ACOPLADO A RESISTENCIA COMO EL INDICADO EN LA FIGURA 1 - 2, PARA VER
SUS CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA, PARTIENDO DE
SUS CIRCUITOS EQUIVALENTES TENEMOS QUE (REFERENCIA Nº 3):



$$\text{GANANCIA X ANCHO DE BANDA} = \frac{\text{GM}}{2\pi (C_P + C_G)} \quad (1 - 2)$$

EN DONDE :

GM = TRANSCONDUCTANCIA DEL TUBO

C_P = CAPACIDAD DE SALIDA PLACA - TIERRA

C_G = CAPACIDAD DE ENTRADA GUILLA DE CONTROL - TIERRA
DE LA SIGUIENTE ETAPA.

ESTA ECUACIÓN NOS MUESTRA QUE SE REQUIERE UNA GRAN RELACIÓN ENTRE - LA TRANSCONDUCTANCIA DEL TUBO Y LAS CAPACIDADES INTERELECTRÓDICAS DEL MISMO ; PARA SATISFACER ESTO EL ESPACIAMIENTO ENTRE GRILLA DE CONTROL Y CÁTODO DEBE - SER PEQUEÑO, ESTO HACE QUE CREZCA MÁS LA TRANSCONDUCTANCIA QUE LAS CAPACIDA - DES.

EN LAS TABLAS 1 - 1 Y 1 - 2 SE TIENE DATOS DE TUBOS UTILIZADOS CON EFICIENCIA EN AMPLIFICADORES DE VIDEO FRECUENCIA.

TABLA. 1-1.

PENTODOS PEQUEÑOS DE ALTO REINDIMIENTO

| TUBO | VOLT FIL | CORR FIL | TIPO. CAT. | CARACTERISTICAS TIPICAS | | | | | | | | OBSERVACIONES |
|------|----------|----------|------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|-----------------|--------|----------------|
| | | | | V _{pp} | V _{G2} | V _{G1} | I _{pp} | I _{G2} | μ | R _{pp} | gm | |
| 6AC7 | 6.3 | 0.45 | CALEFACTOR | 300 | 150 | -1.5 | 10 | 2.5 | | 1 meg | 9,000 | |
| 6AG7 | 6.3 | 0.65 | CALEFACTOR | 300 | 125 | -2 | 28 | 7 | | 130,000 | 11,000 | |
| 6AK5 | 6.3 | 0.175 | CALEFACTOR | 180 | 120 | -1.5 | 77 | 27 | | 690,000 | 5,100 | Tipo miniatura |

TABLA. 1-2.
CARACTERISTICAS DE LOS TUBOS DE INTERES EN AMPLIFICACION DE

| TIPO | μmhos | i_p ma | SALIDA $\mu\mu\text{f}$ | ENTRADA $\mu\mu\text{f}$ | TOTAL $\mu\mu\text{f}$ | FACTOR GANANCIA ANCHO DE BANDA | OBSERVACIONES |
|------|------------------|-------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| 6AC7 | 9,000 | 10 | 5 | 11 | 16 | 89 | |
| 6AG7 | 11,000 | 28 | 7.5 | 13 | 20.5 | 85 | |
| 6AK5 | 5,100 | 7.7 | 2.8 | 4 | 6.8 | 120 | Tipo miniatura |
| 6SJ7 | 1,650 | 3 | 7 | 6 | 13 | 20 | Penado de uso general |
| 6AU6 | 5,200 | 10.8 | 5 | 5.5 | 10.5 | 79 | Tipo miniatura |
| 6L6 | 5,200 | 5.4 | 2 | 10 | 22 | 38 | |

SE DEBE ANOTAR QUE LA ECUACION 1 - 2 ES GENÉRICA SI EL ANCHO DE BANDA ES TAL COMO SE HA INDICADO, DESDE VALORES MUY BAJOS DE FRECUENCIA HASTA 5 ó 6 MEGACICLOS, E IGUALMENTE SI ÉSTE U OTRO ANCHO DE BANDA MAYOR ES CORRIDO HACIA LAS BANDAS MÁS ALTAS DEL ESPECTRO DE FRECUENCIAS.

1 - 2 .- AMPLIFICADORES SINTONIZADOS

LOS AMPLIFICADORES SINTONIZADOS SON AQUELLOS EN QUE LA IMPEDANCIA DE CARGA ESTÁ PROPORCIONADA POR UN CIRCUITO RESONANTE PARA OBTENER LA ALTA IMPEDANCIA DE CARGA NECESARIA.

EN LA PARTE 1 - 1 DE ESTE CAPÍTULO SE VIÓ LAS ALTERACIONES EN LA RESPUESTA TRANSITORIA, INTRODUCIDA POR UN AMPLIFICADOR CON FALLAS PARA AMPLIFICAR CAMBIOS INSTANTÁNEOS DE AMPLITUD EN UNA SEÑAL, SIN HABER MENCIONADO SIQUIERA, LAS CARACTERÍSTICAS DE ESTADO ESTABLE.

EN DETERMINADOS SISTEMAS SIN EMBARGO, NO SÓLO SE NECESITA GANANCIA SOBRE UN ANCHO DE BANDA REQUERIDO, SINO QUE EXISTEN SEÑALES QUE DEBEN SER RECHAZADAS, POR ESTAR FUERA DE LA BANDA DESEADA, SIENDO ESTO MATERIA DE ESTADO ESTABLE; SE VERÁ POR TANTO LA INTERRELACIÓN DEL ESTADO ESTABLE CON LA RESPUESTA TRANSITORIA.

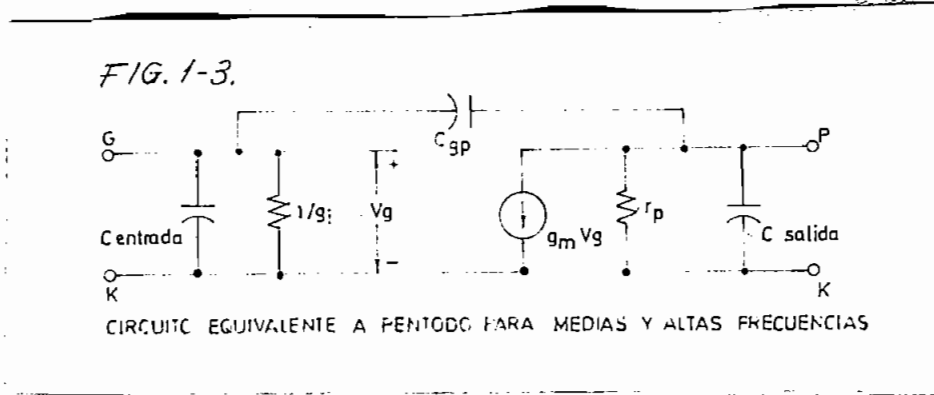
ESTE TIPO DE AMPLIFICADORES SON TAMBIÉN CONOCIDOS COMO AMPLIFICADORES FILTROS PASABANDA, UTILIZADOS ESTOS, PARA DIVIDIR EL ESPECTRO EN LAS BANDAS DE FRECUENCIA.

LA OPTIMIZACIÓN DEL AMPLIFICADOR ESTARÁ EN FUNCIÓN DE LOS SIGUIENTES PARÁMETROS:

| | |
|-------|---|
| F_0 | LA FRECUENCIA CENTRAL |
| B | EL ANCHO DE BANDA |
| A_0 | LA GANANCIA EN EL PUNTO DE FRECUENCIA F_0 . |

LOS AMPLIFICADORES QUE SE VAN A CONSIDERAR SON A TUBOS, PUDIENDO SIN

EMBARGO APLICAR LOS MISMOS CONCEPTOS BÁSICOS TAMBIÉN A TRANSISTORES.



EN EL GRÁFICO DE LA FIG. 1 - 3 SE MUESTRA EL CIRCUITO GENERALIZADO - PARA FRECUENCIAS ALTAS Y MEDIAS, EL CUAL ES VÁLIDO PARA EL RANGO USUAL DE FRECUENCIAS EN LA OPERACIÓN DE UN PENTODO. LAS CAPACIDADES DEL TUBO C ENTRADA, C SALIDA, MÁS LAS CAPACIDADES ASOCIADAS DE LOS BOBINADOS Y DE LAS LÍNEAS DEL CIRCUITO CW, QUE NO ESTÁ INDICADA EN EL GRÁFICO (REFERENCIA Nº 4), FORMAN LA C TOTAL DE UNA ETAPA DE UN AMPLIFICADOR, ANOTANDO QUE CUALQUIER CAPACIDAD ADICIONAL, TAL COMO UN CONDENSADOR DE SINTONÍA, REDUCE LA GANANCIA PARA UN DETERMINADO ANCHO DE BANDA.

LA CAPACIDAD DE GRILLA - PLACA Cgp., ES USUALMENTE MUY PEQUEÑA Y PUEDE SER DESPRECIADA COMO UN ELEMENTO REALIMENTADOR, PORQUE LA GANANCIA RELATIVAMENTE ES BAJA EN UN AMPLIFICADOR DE BANDA ANCHA. MÁS, SI LAS IMPEDANCIAS DE LAS FUENTES Y DE LA CARGA SON ALTAS (LO CUAL IMPLICA UN B ESTRECHO COMO VEREMOS MÁS ADELANTE, Y POR LO TANTO MAYOR GANANCIA) SIN EMBARGO, LA REALIMENTA -

.../.../...

CIÓN DEBIDO A CGP., PODRÍA SER SUFICIENTE PARA ALTERAR LA GANANCIA, O AÚN CAUSAR OSCILACIÓN.

SI CGP., ES DESPRECIABLE, LA CORRIENTE DEL GENERADOR GMV_G ES LA ÚNICA LÍNEA DE ENLACE ENTRE LA ENTRADA Y LA SALIDA, ENTONCES EL CIRCUITO EQUIVALENTE VIENE A SER UN CIRCUITO LINEAL, UNILATERAL.

LA CONDUCTANCIA DE ENTRADA g_i , CUYA FÓRMULA VIENE DADA POR:

$$g_i = K_{CF} + K_{HF}^2 \quad (1 - 3)$$

EN DONDE:

K_{CF} = CONDUCTANCIA DE ENTRADA EN FRÍO

K_{HF}^2 = CONDUCTANCIA DE ENTRADA EN CONDUCCIÓN

F = FRECUENCIA DE TRABAJO.

ESTA ECUACIÓN VARÍA PRINCIPALMENTE CON EL CUADRADO DE LA FRECUENCIA EN LOS TUBOS A USARSE; SIN EMBARGO g_i ES GENERALMENTE CONSTANTE, A TRAVÉS DE LA BANDA PASANTE DE INTERÉS (ESTO ES $g_i = g_i (f_0)$). EL CIRCUITO PARA AMORTIGUAR CONDUCTANCIAS, LOS CUALES SON AÑADIDOS COMO CIRCUITOS DE COMPENSACIÓN PARA ENSANCHAR LAS DIFERENTES ETAPAS DEL AMPLIFICADOR, ESTÁN EN PARALELO CON g_i Y TIENDEN A ATENUAR LA VARIACIÓN DE ESTA CON LA FRECUENCIA.

EL DISEÑO SE ENFOCARÁ A BUSCAR LA COMBINACIÓN DE ETAPAS A TUBOS (O TRANSISTORES), GENERALMENTE EN CASCADA, PARA PROVEER UNA DETERMINADA GANAN -
.../....

CIA PARA UN DETERMINADO ANCHO DE BANDA.

EL PROBLEMA ES SIMILAR A AQUEL DE DISEÑAR FILTROS SÓLO CON ELEMENTOS PASIVOS Y EN EL CASO DE AMPLIFICADORES, SE PRESENTAN DOS DIFICULTADES, CON RELACIÓN A LOS FILTROS PASIVOS:

- A) QUE EL AMPLIFICADOR DEBE PROVEER GANANCIA,
- B) SE TIENE QUE RESOLVER EL PROBLEMA CON LOS CIRCUITOS EQUIVALENTES DE LOS ELEMENTOS ACTIVOS.

UNA VENTAJA QUE SE PRESENTA EN EL DISEÑO DE ESTOS AMPLIFICADORES ES QUE LOS TUBOS PROVEEN AISLAMIENTO ENTRE UNA ETAPA Y LA SIGUIENTE, LO CUAL TAMBIÉN ES VENTAJOSO PARA EL AJUSTE DE DICHS AMPLIFICADORES.

EL ESTUDIO DE LOS DIFERENTES CIRCUITOS SE BASE EN LAS FIGURAS DE MÉRITO (Q) PARA COMPARAR SU VALOR; VEREMOS ALGUNOS CIRCUITOS COMENZANDO POR LOS MÁS SIMPLES.

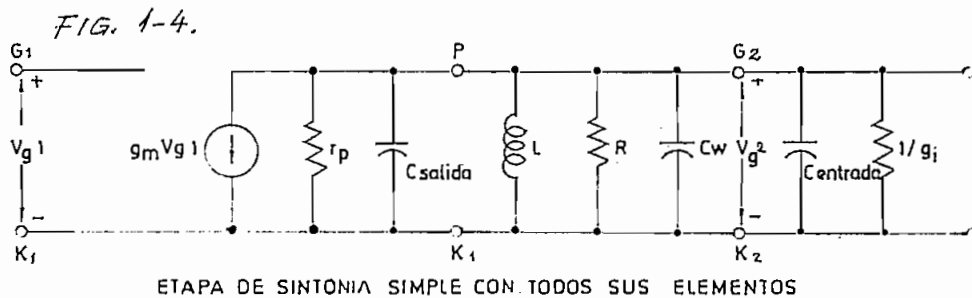
1 - 2 - 1 .- GENERALIDADES DEL AMPLIFICADOR DE UNA ETAPA CON SINTONIA SIMPLE

COMO PUNTO DE PARTIDA SE SUPONE UN AMPLIFICADOR CUYO REQUERIMIENTO DE GANANCIA ES LIMITADO Y SE CUMPLIRÁ CON UNA SÓLA ETAPA, O SI NO ES ASÍ, LA ETAPA

SIMPLE ES LA CONSTRUCCIÓN BÁSICA PARA EL AMPLIFICADOR DE VARIAS ETAPAS.

SERVIRÁ LUEGO ESTA ETAPA COMO MEDIDA PARA COMPARAR OTROS CIRCUITOS MÁS COMPLICADOS. UNA APROXIMACIÓN ALTERNATIVA PODRÍA SER EL ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DE UN CIRCUITO DE 4 TERMINALES, COMO EL CIRCUITO MÁS SENCILLO, EN LA PRÁCTICA EL ÚNICO DE ESTOS ES EL AMPLIFICADOR DE SINTONÍA SIMPLE, TENIÉNDOSE EL CIRCUITO EQUIVALENTE PARA TUBOS EN LA FIGURA 1-4.

LA ETAPA SIMPLEMENTE SINTONIZADA, SE CONSTRUYE PONIENDO EN PARALELO UNA INDUCTANCIA L , SINTONIZADA A LA FRECUENCIA CENTRAL DESEADA, CON LA CAPACIDAD TOTAL DE LA ETAPA: C ENTRADA + C SALIDA $\neq C_w$ Y UNA RESISTENCIA R , TAL COMO SE INDICA EN LA MISMA FIGURA:



EN LA MAYOR PARTE DE LOS PENTODOS, R_p Y $1/g_i$ PUEDEN SER IGNORADOS, EN COMPARACIÓN CON R , EN CUYO CASO EL CIRCUITO SE REDUCE AL INDICADO EN LA FI

.../...

GURA 1 - 5.

PARA CUALQUIER CASO, R PUEDE SER REPRESENTADO, POR LA COMBINACIÓN EN PARALELO, CONSIDERANDO INCLUIDOS R_p Y $1/g_1$. IGUALMENTE C REPRESENTA LA COMBINACIÓN DE C ENT., C_w , C_{sal} .

AUNQUE EL CASO DE AMPLIFICADOR SINTONIZADO DE BANDA ANCHA SERÁ TRATADO POSTERIORMENTE, ESTE SE TIENE CON LA R EN PARALELO; CUANDO SE DESEA BANDA ESTRECHA, NO SE COLOCA R Y SE DEBE CUIDAR QUE LA INDUCTANCIA L TENGA LAS PÉRDIDAS APROPIADAS, YA QUE ESTAS HACEN VARIAR EL Q DEL CIRCUITO, Y POR LO TANTO EL ANCHO DE BANDA B, PUESTO QUE :

$$Q = \frac{WL}{R} \quad \text{Y} \quad Q = \frac{f_0}{B} \quad (1 - 4)$$

DONDE:

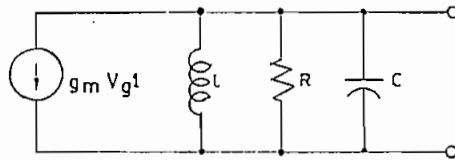
f_0 = FRECUENCIA DE RESONANCIA DEL CIRCUITO

B = ANCHO DE BANDA A - 3 DB

LA RESISTENCIA DE PÉRDIDAS R_s DE LA BOBINA ESTÁ EN SERIE CON " L " Y ES GENERALMENTE EL FACTOR DETERMINANTE PARA PROPORCIONAR EL ANCHO DE BANDA, EN CUYO CASO, EL CIRCUITO APROPIADO ES EL DE LA FIG. 1 - 6. EN EL PRESENTE ESTUDIO SE ENFOCARÁ EL CASO DE MANTENER UNA BANDA ANCHA, SIMULTÁNEAMENTE CON UNA APRECIABLE GANANCIA.

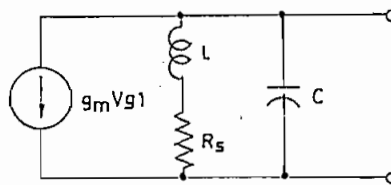
.../....

FIG. 1-5.



CIRCUITO PARA UNA ETAPA DE BANDA ANCHA

FIG. 1-6.



CIRCUITO PARA UNA ETAPA DE BANDA ESTRECHA

1 - 2 - 2 .- ESTUDIO DE LA ECUACION DE TRANSFERENCIA DEL CIRCUITO

UTILIZANDO EL APOYO MATEMÁTICO DEL OPERADOR P, SE TIENE LA FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA PARA LA GANANCIA DEL CIRCUITO DE LA FIG. 1 - 5 :

.../....

$$= \frac{V_{G2}(P)}{V_{G1}(P)} = \frac{-GM V_{G1}(P) \cdot Z(P)}{V_{G1}(P)} = -GM Z(P) \quad (1-5)$$

DESARROLLANDO CON LOS PARÁMETROS DEL CIRCUITO (REFERENCIA N° 5) Y TOMANDO EN CUENTA LAS SIGUIENTES RELACIONES:

$$P = JW ; F = \frac{W}{2\pi} \quad Y \quad F_0 = \frac{W_0}{2\pi}$$

SE TIENE QUE :

$$A(JW) = -GMR \frac{1}{1 + JQ \left(\frac{W}{W_0} - \frac{W_0}{W} \right)} \quad (1-6)$$

LA GANANCIA MÁXIMA SE OBTIENE PARA $W = W_0$, EN CUYO CASO

$$|A(JW_0)| = GMR \quad (1-7)$$

PARA LOS EXTREMOS DE LA BANDA PASANTE LA GANANCIA DE LA RESPUESTA ES DE - 3 DB CON RESPECTO A LA MÁXIMA, O SEA QUE :

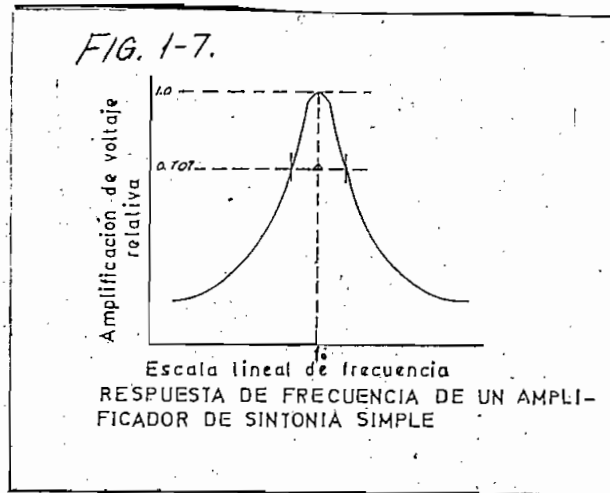
$$|A(JW_1, JW_2)| = |A(JW_0)| \frac{1}{\sqrt{2}} \quad (1-8)$$

PARA QUE ESTO SE CUMPLA :

$$A(JW_1, JW_2) = GMR \frac{1}{1 + J}$$

.../...

EN EL GRÁFICO 1 - 7 SE INDICA LA CURVA DE RESPUESTA DE FRECUENCIA DE UN AMPLIFICADOR DE SINTONÍA SIMPLE, EN DONDE SE PUEDE OBSERVAR LAS CARACTERÍSTICAS ANTES MENCIONADAS.



SE TIENE ADEMÁS OTRAS RELACIONES PARA EL ANCHO DE BANDA B:

$$B = \frac{1}{2\pi RC} \quad (1-9A)$$

TENIENDO :

$$Q = \frac{R}{\omega L} = \omega RC$$

POR TANTO DE LA ECUACIÓN (1 - 9A)

$$B = \frac{f_0}{2\pi f_0 RC} = \frac{f_0}{\omega_0 \cdot RC} = \frac{f_0}{Q} \quad (1-9B)$$

DE LA ECUACIÓN (1 - 9A) SE DEDUCE QUE EL ANCHO DE BANDA ES INDEPENDIENTE DE LA FRECUENCIA CENTRAL f_0 ; IGUALMENTE EN LA ECUACIÓN (1 - 7) SE TIENE

.../...

NE QUE LA GANANCIA TAMPOCO DEPENDE DE f_0 , POR CONSIGUIENTE SU PRODUCTO GANANCIA POR ANCHO DE BANDA, MANTENDRÁ IGUAL INDEPENDENCIA; DE LAS ECUACIONES (1-7) Y (1 - 9), SE TIENE:

$$\text{GANANCIA POR ANCHO DE BANDA} = \frac{GM}{2\pi C} \quad (1 - 10)$$

TENIENDO QUE EL VALOR DE C VIENE DADO POR C PLACA + C GRILLA.

IGUAL QUE SE VIÓ PARA EL AMPLIFICADOR PASABAJOS, LA CAPACIDAD EN GRAN PARTE DEPENDE DEL TUBO O ELEMENTO ACTIVO, EXCEPCIÓN HECHA DE LA CAPACIDAD DE LOS BOBINADOS, IGUAL OCURRE CON GM, CONVINIENDO POR TANTO TENER EL VALOR $GM/2\pi C$ TAN GRANDE COMO SEA POSIBLE.

SE PODRÍA MEJORAR LAS CONDICIONES DE GANANCIA, CONECTANDO TUBOS EN PARALELO, PERO A LA PAR QUE AUMENTA GM SE TIENE UN AUMENTO DE C, DEJANDO SIN EFECTO CUALQUIER MEJORA.

LA FUNCIÓN DE GANANCIA DE LA ECUACIÓN (1 - 6) PUEDE SER SIMPLIFICADA SI EL ANCHO DE BANDA W ES APROXIMADAMENTE EL 10% DE LA FRECUENCIA CENTRAL W_0 ,

ENTONCES:

$$\frac{W}{W_0} - \frac{W_0}{W} = \frac{W^2 - W_0^2}{W W_0} = \frac{(W + W_0)(W - W_0)}{W W_0}$$

PARA EL PRESENTE CASO $\frac{W}{W_0} \approx 1$ $W \approx W_0$

.../...

ENTONCES:

$$\frac{W}{W_0} - \frac{W_0}{W} = \frac{2W(W - W_0)}{W W_0} = \frac{2(W - W_0)}{W_0}$$

POR LO TANTO :

$$A(jW) = -g_m R / 1 + j \left(\frac{2Q}{W_0} \right) (W - W_0) \quad (1-11A)$$

$$A(jW) = -g_m R / 1 + j \left(\frac{2Q}{f_0} \right) (f - f_0) \quad (1-11B)$$

POR LA CONSIDERACIÓN HECHA DE QUE $W = W_0$, SE APLICA ESTO PARA EL CASO DE BANDA ESTRECHA, Y EN ESTA SITUACIÓN SE DICE QUE LA FUNCIÓN TIENE SIMETRÍA ARITMÉTICA AL REDEDOR DE W_0 . ESTO ES QUE LAS FRECUENCIAS W_1 Y W_2 , A LAS CUALES LA RESPUESTA ES EL 70.7% DEL VALOR MÁXIMO, ESTÁN IGUALMENTE DESPLAZADAS DE W_0 , O SEA QUE :

$$W_2 - W_0 = W_0 - W_1$$

$$F_2 - F_0 = F_0 - F_1$$

1 - 3 .- DIFERENTES TIPOS DE ACOPLAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS

DE UN AMPLIFICADOR SINTONIZADO

1 - 3 - 1 .- ACOPLAMIENTO DIRECTO

ES LA FORMA MÁS SIMPLE DE ACOPLAMIENTO DE UN AMPLIFICADOR SINTONIZADO, LA FIGURA 1 - 8 REPRESENTA EL CIRCUITO REAL Y SU CIRCUITO EQUIVALENTE.

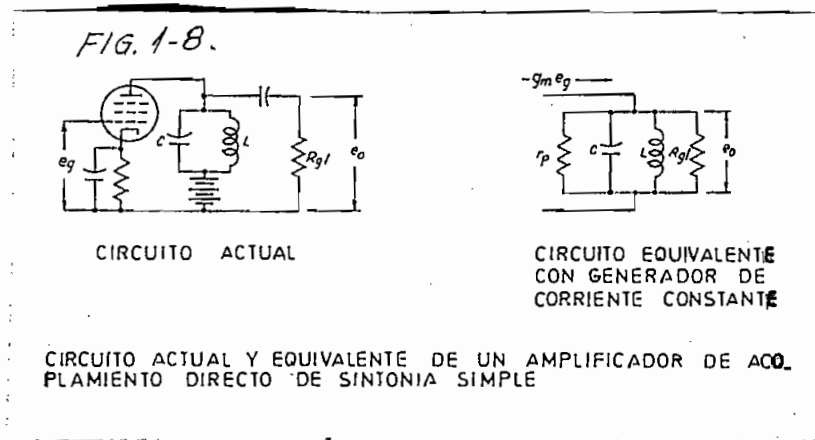
LA AMPLIFICACION DE VOLTAJE PUEDE SER ESCRITA ASI:

$$A_o = \frac{e_o}{e_g} = \frac{g_m e_g Z_L}{e_g}$$

$$A_o = g_m Z_L \quad (1 - 12)$$

EN DONDE :

Z_L = IMPEDANCIA DEL CIRCUITO DE LA FIG. 1 - 8A



ESTO INDICA QUE LA AMPLIFICACIÓN VARÍA CON LA FRECUENCIA DE IGUAL FORMA QUE Z_L .

EN UN CIRCUITO RESONANTE PARALELO SE TIENE QUE :

$$Z_L = \frac{(W_o L)^2}{R} = W_o L Q_{EF} \quad (1 - 13)$$

...../.....

(REFERENCIA N^o 6)

REEMPLAZANDO ESTO EN (1 - 12)

$$A_0 = g_m W_0 L Q_{EF} \quad (1 - 14)$$

PARA AMPLIFICACIÓN DE BANDA ESTRECHA EL VALOR DE Q ES TAN CRÍTICO, -
QUE EL CIRCUITO ESTÁ PRÁCTICAMENTE FORMADO POR L Y C, (SIENDO R_{GL} Y R_P MUY -
ALTOS).

1 - 3 - 2 .- ACOPLAMIENTO DIRECTO PARA BANDA ANCHA

DE LA ECUACIÓN 1 - 9B SE DEDUCE QUE SE PUEDE INCREMENTAR EL ANCHO -
DE BANDA DISMINUYENDO EL VALOR DE Q., ESTO SE REALIZA PUENTEANDO EL TANQUE DEL
CIRCUITO RESONANTE CON UNA R APROPIADA; EN EL CIRCUITO DE LA FIGURA 1 - 8 SE LO
GRA ESTO CON UNA RESISTENCIA DE FUGA DE GRILLA CONVENIENTE EN LA SIGUIENTE ETA
PA.

POR OTRO LADO, REEMPLAZANDO LA ECUACIÓN 1 - 9B EN 1 - 14 SE TIENE :

$$A_0 = g_m W_0 L \frac{f_0}{B_1} \quad (1 - 15)$$

DONDE:

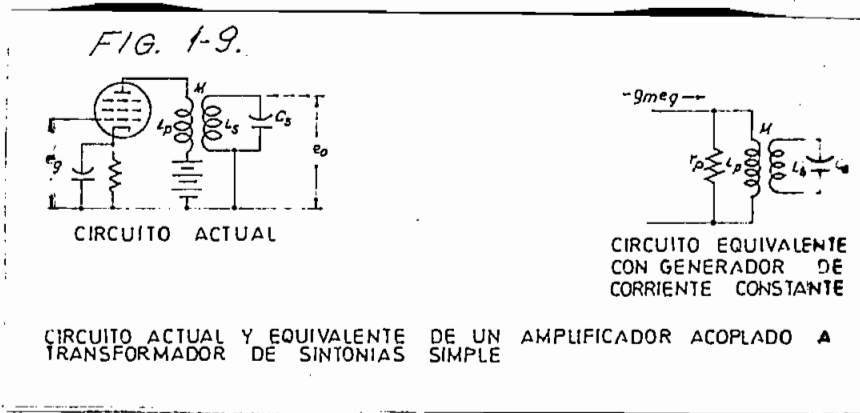
B₁ = ANCHO DE BANDA PARA UN AMPLIFICADOR DE SINTONÍA SIMPLE.

.../...

(REFERENCIA Nº 7)

1 - 3 - 3 .- ACOPLAMIENTO INDUCTIVO
=====

LA NECESIDAD DE USAR UN CAPACITOR DE FUGA DE GRILLA, Y UN CAPACITOR DE ACOPLAMIENTO, PUEDE SER SUSTITUIDA POR EL USO DE UN ACOPLAMIENTO INDUCTIVO, COMO SE INDICA EN LA FIGURA 1 - 9A, Y SU CIRCUITO EQUIVALENTE 1 - 9B, IGUALMENTE LA AMPLIFICACIÓN VARIARÁ CON LA FRECUENCIA DE ACUERDO A LA CURVA DE RESONANCIA



SI SE TOMA EN CUENTA LA JUSTIFICACIÓN ACEPTABLE, DE QUE R_p ES MUCHO MAYOR QUE LA IMPEDANCIA DEL ACOPLAMIENTO SECUNDARIO SINTONIZADO, EN LA BOBINA PRIMARIA L_p , SE TIENE :

.../...

$$A_0 = g_m W_0 M Q_{EF}$$

(1 - 16)

EN DONDE :

A_0 = AMPLIFICACIÓN EN EL PUNTO DE RESONANCIA

M = INDUCTANCIA MUTUA ENTRE L_p Y L_s

Q_{EF} = Q DEL CIRCUITO SECUNDARIO

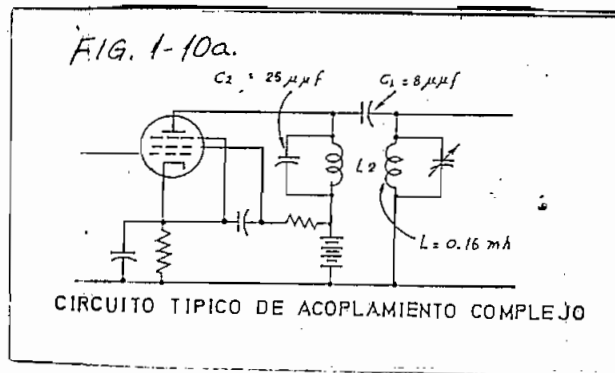
COMPARANDO 1 - 16 CON 1 - 14 SE VE QUE SON IDÉNTICAS, EXCEPTUANDO - QUE M ESTÁ REEMPLAZADA CON L . ENTONCES TRATANDO DEL MISMO CIRCUITO DE SINTONÍA SIMPLE, EL RENDIMIENTO CON RELACIÓN AL ACOPLAMIENTO CON TRANSFORMADOR VIENE DADO POR LA RELACIÓN L/M , SIN EMBARGO, EL ANCHO DE BANDA A LA POTENCIA MEDIA, PERMANECE INALTERABLE.

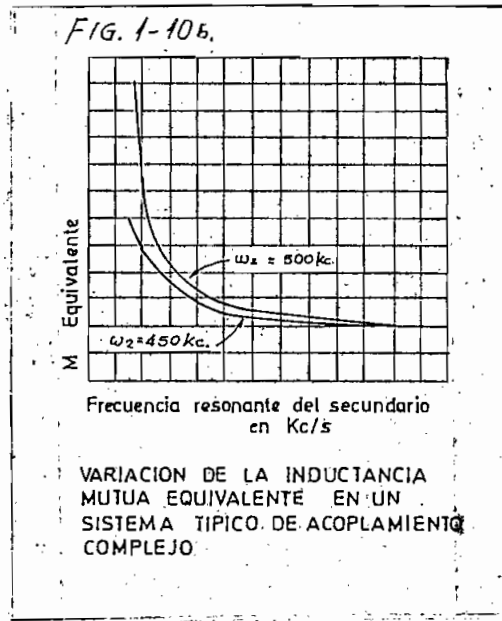
1 - 3 - 4 .- ACOPLAMIENTO COMPLEJO

EN AMPLIFICACIÓN DE RADIO FRECUENCIA, LA IMPEDANCIA DE CARGA VARÍA CON LAS SEÑALES DE ACUERDO A SU FRECUENCIA; EN DICHA SITUACIÓN ES DESEABLE QUE LA AMPLIFICACIÓN SEA INDEPENDIENTE DE LA FRECUENCIA DE RESONANCIA. LA GENERALIDAD DE LOS CIRCUITOS TIENEN UN VALOR DE Q QUE VARÍA CON LA FRECUENCIA, Y AL INCREMENTARSE ÉSTA AUMENTA LA AMPLIFICACIÓN, CUANDO SON SINTONIZADOS VARIANDO LA CAPACIDAD Y AL CONTRARIO TIENDEN A DECRECER AL SER AJUSTADOS CON INDUCTANCIA.

.../....

ESTE PROBLEMA SE PUEDE RESOLVER TENIENDO UN ACOPLAMIENTO COMPLEJO - TAL QUE LA INDUCTANCIA MUTUA DEL CIRCUITO DE ACOPLAMIENTO M VARÍE CON LA FRECUENCIA, SIENDO UN CIRCUITO TÍPICO EL INDICADO EN LA FIGURA (1 - 10A). LA INDUCTANCIA DE L_2 TIENE UN GRAN VALOR COMPARADO CON LA INDUCTANCIA SECUNDARIA L , Y ES TAN ALTO QUE ASOCIADO CON LA CAPACIDAD C_2 , REPRESENTANDO CON ÉSTA LA CAPACIDAD DISTRIBUIDA DE L_2 , MÁS LA CAPACIDAD PLACA CÁTODO DEL TUBO AMPLIFICADOR. LA COMBINACIÓN DE $L_2 - C_2$ RESUENA A UNA FRECUENCIA LIGERAMENTE ABAJO DE LA FRECUENCIA A SER AMPLIFICADA. EN LA FIGURA SE INDICA VALORES DE L Y C CON LOS CUALES SE OBTENDRÁ LAS CURVAS DE LA FIGURA 1 - 10B.





LA INDUCTANCIA PRIMARIA L_2 GENERALMENTE NO POSEE ACOPLAMIENTO INDUCTIVO CON LA INDUCTANCIA SECUNOARIA L . EL ACOPLAMIENTO TOTAL ES PREVISTO POR LA CAPACIDAD C_1 , LA CUAL ES MUY PEQUEÑA, COMPUESTA POR LAS CAPACIDADES PARÁSITAS.

LA INDUCTANCIA MUTUA EQUIVALENTE ASUMIENDO QUE $1/\omega C_1$ ES MUCHO MAYOR QUE ωL ESTÁ DADA POR :

$$M \text{ EQUIV.} = \frac{LC_1}{C_1 + C_2} \left(1 + \frac{1}{\left(\frac{\omega}{\omega_2} \right)^2 - 1} \right) \quad (1 - 17)$$

(REFERENCIA NQ 8)

.../...

EN DONDE :

$W/2\pi =$ FRECUENCIA ACTUAL

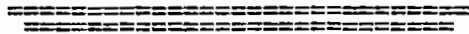
$W_2/2\pi =$ FRECUENCIA A LA CUAL L_2 RESUENA CON $C_1 + C_2$

HACIENDO W_2 MENOR QUE LA FRECUENCIA MÁS BAJA A SER AMPLIFICADA; EL VALOR DE M EQUIV. DECRECERÁ, INCREMENTANDO LA FRECUENCIA A UNA DETERMINADA RELACIÓN, DE ACUERDO AL W_2 ELEGIDO.

EL COMPORTAMIENTO PARA CASOS TÍPICOS ESTÁ ILUSTRADO EN LA FIG. 1-10B PARA DOS VALORES DE F_2 .

SE DEDUCE QUE CON UNA ELECCIÓN ACERTADA DE ESTA FRECUENCIA RESONANTE, ES POSIBLE CONTRARESTAR EN GRAN PARTE LA TENDENCIA AL CAMBIO DE AMPLIFICACIÓN - PARA LOS DIFERENTES PUNTOS DE FRECUENCIA, DENTRO DE LA BANDA CONSIDERADA.

C A P I T U L O I I



2 - 1 .- ALGUNAS CARACTERÍSTICAS DE LOS AMPLIFICADORES EN GENERAL

COMO SE VIÓ EN LA SECCIÓN 1 - 1 - 1, LAS CARACTERÍSTICAS QUE DEBEN SATISFACER LOS AMPLIFICADORES DE BANDA ANCHA, O SEA PARA MANIPULAR PULSOS CORTOS SON :

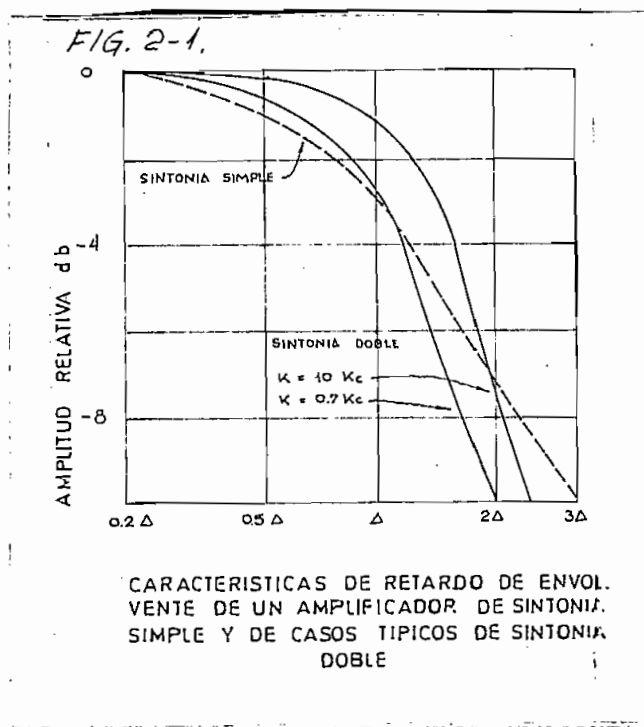
- A) ACEPTABLE RESPUESTA TRANSITORIA,
- B) APRECIABLE ANCHO DE BANDA Y
- C) ELIMINACIÓN DE CORRIMIENTO DE FASE.

LOS AMPLIFICADORES SINTONIZADOS PRODUCEN UN CORRIMIENTO DE FASE QUE VARÍA CON LA FRECUENCIA, PRODUCIENDO POR TANTO UNA DISTORSIÓN DE RETARDO DE TIEMPO.

ES IMPORTANTE ESTA CARACTERÍSTICA EN CASO DE MODULACIÓN DE AMPLITUD EN EL QUE LAS BANDAS LATERALES, SUFREN UN CORRIMIENTO DIFERENTE AL DE LA FRECUENCIA PORTADORA, LO CUAL APARECE COMO UN RETARDO DE TIEMPO EN EL LADO DE LA DEMODULACIÓN. POR LO TANTO SI SE TIENE UNA ONDA MODULADA EN AMPLITUD, Y LAS BANDAS LATERALES SUPERIOR, E INFERIOR SUFREN CORRIMIENTO DE FASE DE 45° CON RELACIÓN A LA PORTADORA Y DE POLARIDAD OPUESTA; ESTO CAUSARÁ QUE LA CURVA DE RESPUESTA DE FRECUENCIA, INDICADA EN LA FIG. 2 - 1 Y QUE SERÁ ANALIZADA POSTERIORMENTE, SUFRA UN CORRIMIENTO DE FASE DE 45° .

EL RETRASO DE ENVOLVENTE SERÁ CONSTANTE CON LAS VARIACIONES DE LA FRECUENCIA DE MODULACIÓN, SÓLO CONSIGUIENDO QUE LA RESPUESTA DE CORRIMIENTO DE FASE, SEA UNA FUNCIÓN LINEAL DE FRECUENCIA, SOBRE EL RANGO DE FRECUENCIAS COMPRENDIDO EN LAS BANDAS LATERALES.

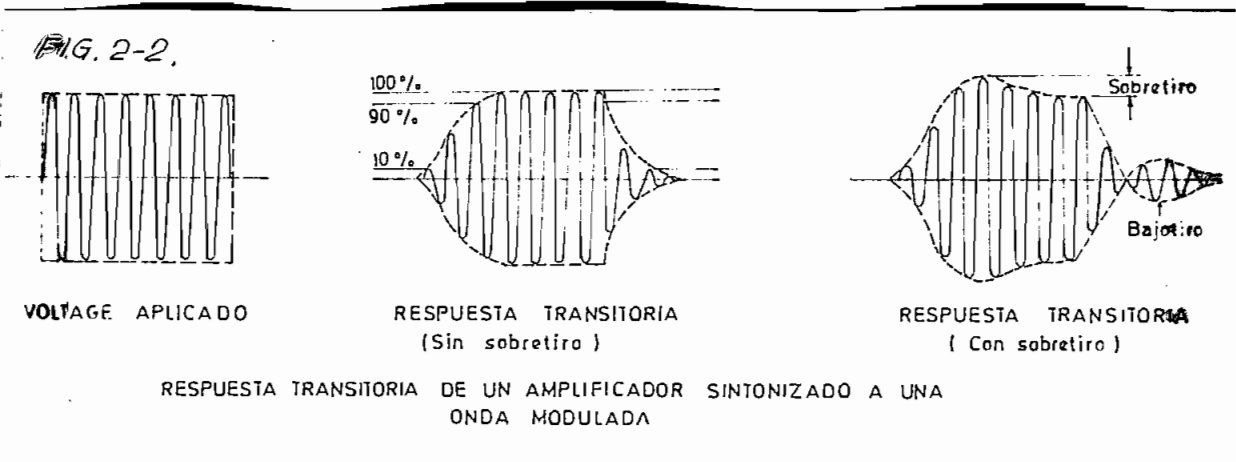
LAS CARACTERÍSTICAS DE RETARDO DE ENVOLVENTE, PARA UN AMPLIFICADOR DE SINTONÍA SIMPLE, Y PARA CASOS TÍPICOS DE SINTONÍA DOBLE QUE SE VERÁ EN LA SECCIÓN 2 - 2 ESTÁN INDICADOS EN LA FIG. 2 - 1, ESTAS CURVAS SE TOMAN DE UNA ONDA CENTRADA A LA FRECUENCIA DE RESONANCIA. ANALIZANDO DICHA FIGURA SE VE QUE EL AMPLIFICADOR DE SINTONÍA SIMPLE TIENE EL MISMO RETARDO DE TIEMPO QUE UN AMPLIFICADOR ACOPLADO A RESISTENCIA (REFERENCIA Nº 9).



2 - 1 - 1 .- RESPUESTA TRANSITORIA DE AMPLIFICADORES SINTONIZADOS

CUANDO UNA FRECUENCIA DE RADIO ES MODULADA, Y SE APLICA A UN AMPLIFICADOR SINTONIZADO A LA FRECUENCIA PORTADORA, SE TENDRÁ A LA SALIDA UNA RESPUESTA DE VOLTAJE TAL COMO SE INDICA EN LA FIG. 2 - 2B, LA ENVOLVENTE DE ESTA CURVA ES LA MISMA QUE LA RESPUESTA TRANSITORIA DE UN AMPLIFICADOR DE VIDEO ANALOGO.

CUANDO EL SOBRETIRO ES CERO (O MODERADO), EL TIEMPO DE SUBIDA ESTÁ DADO CON BASTANTE APROXIMACIÓN POR LA SIGUIENTE ECUACIÓN:



$$T_s = \frac{0.70 \text{ A } 0.90}{B} \quad (2 - 1)$$

EL VALOR DE 0.70 SE UTILIZA EN LA PRÁCTICA PARA VALORES DE SOBRETIRO, MENORES QUE EL 5%, AUMENTANDO DICHO VALOR CONFORME AUMENTA EL SOBRETIRO. .../...

(REFERENCIA Nº 10)

COMPARANDO LA ECUACIÓN 2 - 1 CON LA ECUACIÓN 1 -1, EL TS DE UN AMPLIFICADOR SINTONIZADO, ES EL DOBLE DE UN AMPLIFICADOR DE VIDEO CON IGUAL ANCHO DE BANDA.

2 - 1 - 2 .- RELACION DE SELECTIVIDAD

UNA CONSIDERACIÓN IMPORTANTE EN LOS AMPLIFICADORES PASABANDA, ES LA ELIMINACIÓN QUE SE HACE DE LAS SEÑALES MODERADAMENTE CERCANAS A AQUELLAS A SER AMPLIFICADAS, Y CUYA RELACIÓN SE ESCRIBE DE LA SIGUIENTE MANERA:

$$\text{RELACIÓN DE SELECTIVIDAD} = \frac{B (- 6 \text{ DB})}{B (- 60 \text{ DB})}$$

DONDE:

$B (- 6 \text{ DB}) =$ ANCHO DE BANDA A $- 6 \text{ DB}$ CON RELACIÓN A F_0

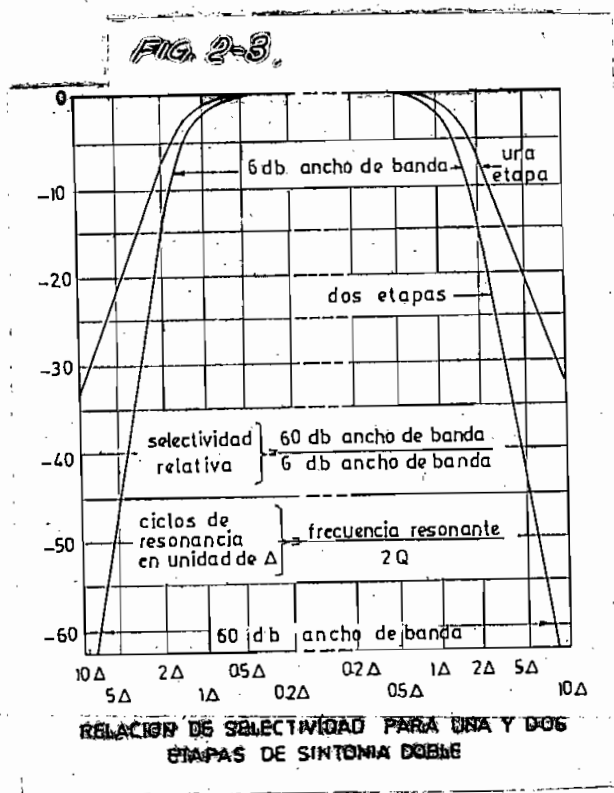
$B (- 60\text{DB}) =$ ANCHO DE BANDA A $- 60\text{DB}$ CON RELACIÓN A F_0

VALORES TÍPICOS ESTÁN EN EL ORDEN DE 2 PARA UNA BUENA RECEPCIÓN DE COMUNICACIONES Y ALREDEDOR DE 12 PARA UN SISTEMA DE RADAR.

SE INDICA ESTA RELACIÓN EN LA FIG. 2 - 3 DONDE SE APRECIA QUE UNA FORMA DE MEJORAR ESTA RELACIÓN ES COLOCANDO VARIAS ETAPAS EN CASCADA.

.../..

CUANDO SE QUIERE UNA GANANCIA APRECIABLE, SE OBTIENE COLOCANDO VARIAS ETAPAS AMPLIFICADORAS EN CASCADA, PERO ESTO OCASIONA UN ESTRECHAMIENTO DEL ANCHO DE BANDA, POR LO TANTO CUANDO SE DESEA OBTENER BANDA ANCHA, SE UTILIZA AMPLIFICADORES DE SINTONÍA DOBLE, O AMPLIFICADORES SINTONIZADOS ESCALONADAMENTE.



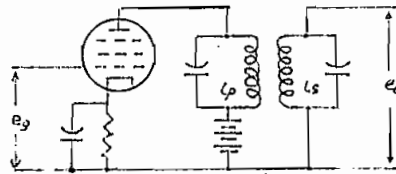
2 - 2 .-- AMPLIFICADORES DE SINTONIA DOBLE

EL AMPLIFICADOR DE SINTONÍA DOBLE EMPLEA COMO RESISTENCIA DE CARGA, DOS CIRCUITOS RESONANTES ACOPLADOS Y RESONANTES A LA MISMA FRECUENCIA, COMO SE

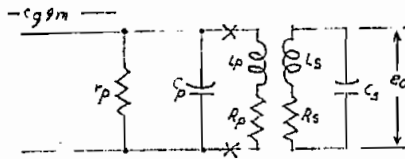
...../.....

ILUSTRADA EN LA FIGURA 2 - 4A. CUANDO EL TUBO DE DICHO CIRCUITO ES REEMPLAZADO POR SU CIRCUITO EQUIVALENTE, EL AMPLIFICADOR EQUIVALENTE TIENE LA FORMA INDICADA EN 2 - 4B; ESTE PUEDE SER SIMPLIFICADO APLICANDO EL TEOREMA DE THEVENIN A LA PORCIÓN DEL CIRCUITO A LA IZQUIERDA DE LOS PUNTOS XX'; DANDO EL RESULTADO INDICADO EN LA 2 - 4C.

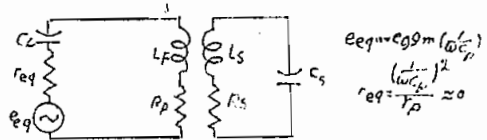
FIG. 2-4.



a). CIRCUITO ACTUAL



b). CIRCUITO EQUIVALENTE



c). CIRCUITO EQUIVALENTE SIMPLIFICADO POR EL TEOREMA DE THEVENIN.

CIRCUITO REAL Y EQUIVALENTE DE UN AMPLIFICADOR DE SINTONIA DOBLE

PUDIENDO APLICAR PARA ESTOS, LA TEORÍA CORRESPONDIENTE A LOS CIRCUJ

.../....

TOS DE SINTONÍA DOBLE, RECORDANDO QUE PARA ESTOS CASOS SE TIENE LA SIGUIENTE FÓRMULA :

(REFERENCIA NQ 11)

$$\frac{e_s}{e_p} = \sqrt{\frac{L_s}{L_p}} \cdot \frac{K}{K^2 + (1/Q_p Q_s)} \quad (2-2)$$

DONDE :

L_S = VOLTAJE A TRAVÉS DEL CONDENSADOR SECUNBARIO.

L_P = VOLTAJE APLICADO AL TANQUE DEL CIRCUITO PRIMARIO.

K = COHEFICIENTE PROPIO DE ACOPLAMIENTO.

Q_P, Q_S = Q DE LOS CIRCUITOS PRIMARIO Y SECUNBARIO.

S_E OBTIENE LA MÁXIMA RESPUESTA CUANDO EL COHEFICIENTE DE ACOPLAMIENTO TIENE EL VALOR DEL ACOPLAMIENTO CRÍTICO K_C, EL MISMO QUE VIENE EXPRESADO POR:

$$K_c = 1 / \sqrt{Q_p Q_s} \quad (2-3)$$

POR LO TANTO PARA CIRCUITOS DE IDÉNTICO Q : K_C = 1/Q

SE TIENE ACOPLAMIENTO CRÍTICO CUANDO LA RESISTENCIA DEL SECUNBARIO, REFLEJADA EN EL CIRCUITO PRIMARIO, TIENE EL MISMO VALOR DE LA RESISTENCIA DEL CIRCUITO PRIMARIO, O SEA :

$$(W M)^2 / R_{SEC.} = R_{PRIM.}$$

.../...

APLICANDO LA ECUACIÓN (2 - 2) PARA VER LA GANANCIA CORRESPONDIENTE A LA FRECUENCIA DE RESONANCIA SE TIENE :

$$A_0 = GM K \frac{W_0 \sqrt{L_P L_S}}{K^2 + (1/Q_P Q_S)} \quad (2 - 4)$$

(REFERENCIA N^o 12)

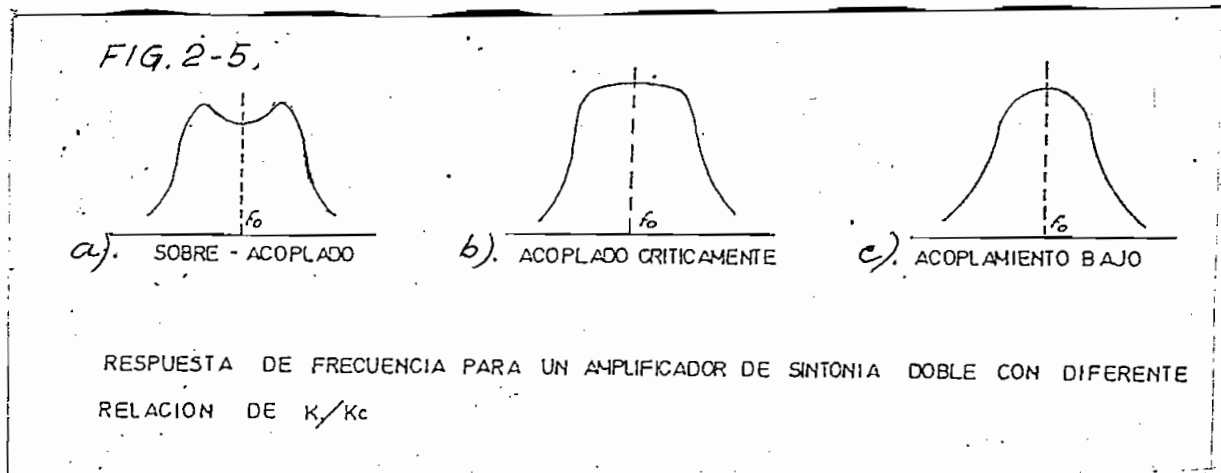
Y PARA EL CASO DE TENER ACOPLAMIENTO CRÍTICO CON CIRCUITOS PRIMARIO Y SECUNDARIO IDÉNTICOS, O SEA QUE $K_c = 1/Q$ Y QUE $L_P = L_S$.

SE TIENE :

$$A_0 = GM W_0 L Q/2 \quad (2 - 5)$$

LA FORMA EXACTA DE LA CURVA DE AMPLIFICACIÓN DEPENDE SOBRE TODO DE LA RELACIÓN K/K_c , COMO SE APRECIA EN LA FIGURA 2 - 5. LA CURVA DE RESPUESTA SERÁ LO MÁS LINEAL PARA EL RANGO DE FRECUENCIAS DESEADO, CUANDO $K = K_c$, ASUMIENDO QUE LOS CIRCUITOS PRIMARIO Y SECUNDARIO TIENEN IGUAL VALOR DE Q , COMO SE INDICA EN LA FIG. 2 - 5b.

CUANDO EL ACOPLAMIENTO EXCEDE AL CRÍTICO SE TIENE EL CASO DE "SOBRE ACOPLAMIENTO", RESULTANDO DOS PROMINENCIAS COMO SE INDICA EN "A", MIENTRAS QUE CON UN VALOR DE ACOPLAMIENTO INFERIOR AL CRÍTICO SE TIENE "SUBACOPLAMIENTO" TENIENDO EL GRÁFICO CORRESPONDIENTE DE RESPUESTA EN "C".



EN CUANTO SE REFIERE AL ANCHO DE BANDA, EN EL CASO DE SINTONÍA DOBLE ES $\sqrt{2}$ VECES MAYOR QUE PARA EL MISMO CIRCUITO DE SINTONÍA SIMPLE (REFERENCIA N^o 13), ES O QUE :

$$B_2 = \sqrt{2} B_1 \quad (2-6)$$

DONDE:

B_2 = ANCHO DE BANDA DE SINTONÍA DOBLE.

B_1 = ANCHO DE BANDA DE SINTONÍA SIMPLE.

UNA DE LAS PROPIEDADES IMPORTANTES DE ESTE CIRCUITO, ES QUE SU RESPUESTA TIENE UNA BUENA RELACIÓN DE SELECTIVIDAD, (DE VALOR BAJO), Y UNA RESPUESTA LINEAL PARA EL RANGO DE FRECUENCIAS DESEADO.

...../.....

IGUAL QUE EN EL CASO DE SINTONÍA SIMPLE, CUANDO SE CONECTAN VARIAS ETAPAS IDÉNTICAS EN CASCADA, SE ESTRECHA EL ANCHO DE BANDA Y SU RESPUESTA TIENDE A SER RECTANGULAR.

ESTO SE PUEDE VER EN LA TABLA 2 - 1, OBSERVANDO QUE CONFORME AUMENTA EL NÚMERO DE ETAPAS EN CASCADA, EL ANCHO DE BANDA DISMINUYE MÁS LENTAMENTE EN EL CASO DE AMPLIFICADORES DE SINTONÍA DOBLE, DEBIÉNDOSE ESTO, COMO YA SE DIJO, A LA MEJOR RELACIÓN DE SELECTIVIDAD DE LAS ETAPAS INDIVIDUALES.

TABLA. 2-1.

VALORES RELATIVOS DE ANCHO DE BANDA A LA POTENCIA MEDIA DE UN AMPLIFICADOR DE VARIAS ETAPAS DE SINTONIA IDENTICA.

| Numero de etapas | Valores relativos de B | |
|------------------|------------------------|----------------|
| | Sintonia-simple | Sintonia-doble |
| 1 | 1.00 Δ | 1.00 Δ |
| 2 | 0.64 | 0.80 |
| 3 | 0.51 | 0.71 |
| 4 | 0.44 | 0.66 |
| 6 | 0.35 | 0.59 |
| 8 | 0.30 | 0.55 |
| 10 | 0.27 | 0.52 |

2 - 3 .- AMPLIFICADORES DE BANDA ANCHA DE SINTONIA DOBLE

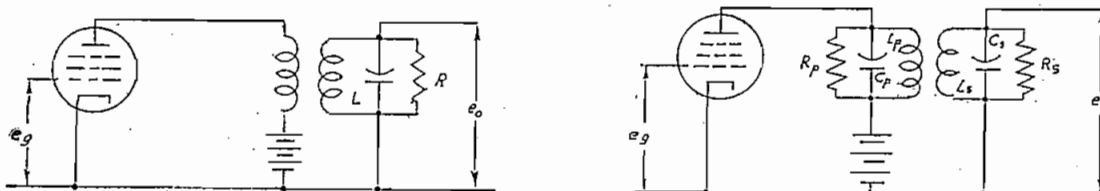
=====

UN AMPLIFICADOR DE SINTONÍA DOBLE, PUEDE DAR CARACTERÍSTICAS DE BAN

DA ANCHA, PUNTEANDO EL PRIMARIO Y SECUNDARIO DE SUS CIRCUITOS RESONANTES CON UNA RESISTENCIA, COMO SE INDICA EN LA FIG. 2 - 6B, CON EL FÍN DE BAJAR EL VALOR DE Q, Y VARIANDO POR TANTO EL COEFICIENTE DE ACOPLAMIENTO.

GENERALMENTE LOS CIRCUITOS PRIMARIO Y SECUNDARIO SE HACEN IDÉNTICOS, CON IGUALES RESISTENCIAS EN PARALELO, PARA TENER IGUAL VALOR DE Q; CUANDO ESTE ES EL CASO SE TIENE ACOPLAMIENTO CRÍTICO Y EL VALOR DEL ANCHO DE BANDA, VIENE DADO IGUALMENTE POR LA ECUACIÓN 2 - 6 .

FIG. 2-6.



SINTONIA SIMPLE
AMPLIFICADORES DE SINTONIA SIMPLE Y DOBLE EN LÓS CUALES SE HA AMPLIADO EL ANCHO DE BANDA COLOCANDO RESISTENCIAS EN PARALELO

SINTONIA DOBLE

PARA ESTE CASO, EL VALOR DE GANANCIA SE OBTIENE PARTIENDO DE LA CONSIDERACIÓN HECHA PARA UN CIRCUITO RESONANTE PARALELO (REFERENCIA Nº 14):

$$R = \sqrt{2} \frac{F_0}{B_2} \omega_0 L \quad (2 - 7)$$

DE LA ECUACIÓN (2 - 5)

.../...

$$A_0 = g_m W_0 L \frac{F_0}{\sqrt{2} B_2} \quad (2 - 8)$$

SE HABÍA PARTIDO PARA ESTO, DE QUE LOS CIRCUITOS PRIMARIO Y SECUNDARIO SON IDÉNTICOS.

2 - 3 - 1 .- RESPUESTA TRANSITORIA EN AMPLIFICADORES DE SINTONIA DOBLE

TENIENDO EN LOS CIRCUITOS YA SEA SOBREAPOPLAMIENTO O SUBACOPLAMIENTO, SE PRODUCIRÁ SOBRETIRO, INCREMENTÁNDOSE ESTE CONFORME AUMENTA EL COEFICIENTE DE ACOPLAMIENTO. PARA TENER UNA IDÉA SE DAN LOS SIGUIENTES VALORES : (REFERENCIA N^o 15A).

PARA $K = K_c$ SE TIENE 4,3% DE SOBRETIRO.

$K = 0,8 K_c$ SE TIENE 2% DE SOBRETIRO.

EL TIEMPO DE SUBIDA VIENE DADO IGUALMENTE POR LA ECUACIÓN 2 - 1, PRÁCTICAMENTE SE HA COMPROBADO QUE CUANDO SE TIENE ACOPLAMIENTO INFERIOR AL CRÍTICO, SE OBTIENE T_s ASUMIENDO EL VALOR DE 0.7 EN DICHA ECUACIÓN.

TENIENDO VARIAS ETAPAS IDÉNTICAS EN CASCADA, CON IGUAL VALOR DE Q PARA PRIMARIO Y SECUNDARIO, Y CON ACOPLAMIENTO CRÍTICO, EL SOBRETIRO ES APROXIMADAMENTE PROPORCIONAL A LA RAÍZ CUADRADA DEL NÚMERO DE ETAPAS. EL TIEMPO DE SUBIDA SE INCREMENTARÁ MUY POCO BAJO ESTAS CONDICIONES.

.../...

COMPARANDO CON LA ECUACIÓN 1 - 10, SE VE QUE EL PRODUCTO DE GANAN -
CIA POR ANCHO DE BANDA ES $\sqrt{2}$ VECES MAYOR EN EL CASO DE SINTONÍA DOBLE COMPA
RADO CON EL MISMO PRODUCTO PARA SINTONÍA SIMPLE.

COMO SE OBSERVA ADEMÁS EN LA TABLA 2 - 1, EL ESTRECHAMIENTO DE B_2
ES MENOR QUE EL DE B_1 , PARA VARIAS ETAPAS EN CASCADA, SIENDO POR TANTO MÁS EM
PLEADO EL CIRCUITO DE SINTONÍA DOBLE CUANDO SE REQUIERE BANDA ANCHA.

C A P I T U L O I I I

3 - 1 .- ESTUDIO MATEMÁTICO PARA OBTENER RESPUESTA DE MÁXIMA GANANCIA

SE PROCEDERÁ A REALIZAR EL DESARROLLO MATEMÁTICO PARA UN AMPLIFICADOR DE SINTONÍA SIMPLE PARA OBTENER MÁXIMA GANANCIA PARTIENDO PARA ESTO DEL CIRCUITO DE LA FIG. 1 - 5 PUDIENDO LUEGO GENERALIZAR PARA EL CASO DE VARIAS ETAPAS EN CASCADA COMO INTRODUCCIÓN A LOS AMPLIFICADORES DE SINTONÍA ESCALONADA.

CON EL APOYO MATEMÁTICO DEL OPERADOR "P" SE COMENZARÁ DESDE LA FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA DEL CIRCUITO MENCIONADO, PARA PODER ASÍ ANALIZAR EL DIAGRAMA DE POLOS Y CEROS DE ESTA FUNCIÓN :

$$A (P) = - \frac{g_M R}{1 + R (C_p + 1/PL)} \quad (3 - 1)$$

(REFERENCIA Nº 16)

DESARROLLANDO :

$$\begin{aligned} A (P) &= - \frac{GM}{C} \frac{P}{P^2 + P/RC + 1/LC} \\ &= - \frac{GM}{C} \frac{P}{(P - P_1) (P - P_2)} \end{aligned}$$

DONDE :

$$\begin{aligned} P_1, P_2 &= - \frac{1}{2RC} \pm j \sqrt{-\frac{1}{LC} - \left(\frac{1}{2RC} \right)^2} \\ P_1, P_2 &= - \frac{W_0}{2Q} \left(-1 \pm j \sqrt{4Q^2 - 1} \right) \end{aligned}$$

...../.....

2 - 3 - 2 .- CONCLUSIONES

=====

DE LA ECUACIÓN 1 - 4 SE DESPRENDE QUE EL VALOR DE Q SERÁ MAYOR CON FORME AUMENTA EL VALOR DE L, O DISMINUYA EL VALOR DE C, YA QUE PARA RESONANCIA SE TIENE : (REFERENCIA NQ 15B).

$$W_o L = 1/W (C \text{ PLACA} + C \text{ GRILLA})$$

Y PARA EL CASO ESPECÍFICO DE SINTONÍA DOBLE : $W_o L = 2/W_o$. (C PLACA + C GRILLA), CONSIDERANDO QUE SE TIENE C PRIM. Y C SEC. EN LOS TANQUES RESONANTES A f_o , Y SIENDO GENERALMENTE DE UN VALOR APROXIMADO A C PLACA Y C GRILLA Y TENIÉNDOLES EN PARALELO COMO SE INDICA EN LA FIG. 2 - 6, SE DUPLICA SU VALOR OBTENIÉNDOSE ASÍ EL FACTOR 2 ARRIBA MENCIONADO.

APLICÁNDOSE LA ECUACIÓN 2 - 8 PARA UN ANCHO DE BANDA DETERMINADO B_2 SE TENDRÁ UN PRODUCTO DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA :

$$A_o \times B_2 = GM W_o L \quad f_o / \sqrt{2}$$

REEMPLAZANDO LA IGUALDAD ARRIBA MENCIONADA :

$$A_o \times B_2 = \frac{2}{\sqrt{2}} \frac{GM f_o}{W_o (C_{PL} + C \text{ GRILLA})} = \frac{\sqrt{2} GM}{2\pi (C_{PL} + C \text{ GRILLA})}$$

SIENDO :

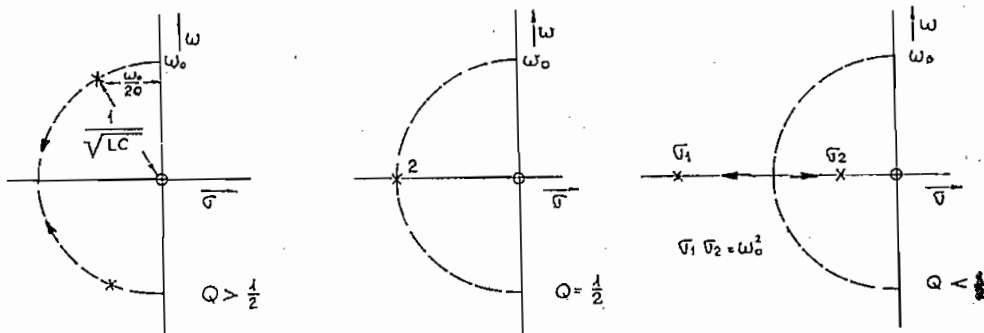
$$Q = R\omega_0 C \quad \text{y} \quad \omega_0^2 = \frac{1}{LC}$$

CONSIDERANDO EL VALOR DE R , EL DE LA RESISTENCIA EN PARALELO CON EL TANQUE $L - C$.

EL DIAGRAMA DE POLOS Y CEROS DE ESTA FUNCIÓN ESTÁ REPRESENTADO EN LA FIGURA 3 - 1, TENIENDO LOS SIGUIENTES CASOS :

- | | |
|---------------------------------|-----------|
| SUBAMORTIGUADO CUANDO | $Q > 1/2$ |
| CRÍTICAMENTE AMORTIGUADO CUANDO | $Q = 1/2$ |
| SOBREAMORTIGUADO CUANDO | $Q < 1/2$ |

FIG. 3-1.



UBICACION DE LOS POLOS PARA UN CIRCUITO DE SINTONIA SIMPLE CON VARIOS VALORES DE Q

TENIENDO LA DISTANCIA DE LOS POLOS HASTA EL ORIGEN SIEMPRE PROPORCIONAL A LA FRECUENCIA RESONANTE DEL CIRCUITO f_0 , LA CUAL ES TAMBIÉN LA FRECUENCIA DE MÁXIMA GANANCIA.

LAS FLECHAS INDICAN EL CAMINO QUE RECORREN LOS POLOS CONFORME DECRECE EL VALOR DE Q .

PARA EL CASO DE BANDA ESTRECHA EL VALOR DE Q DEBE SER GRANDE, ENTONCES LOS POLOS ESTARÁN MUY CERCA DEL EJE $j\omega$. DE LA INTERPRETACIÓN GEOMÉTRICA DE LOS POLOS Y CEROS (REFERENCIA N^o 17) Y APLICANDO A LA FIG. 3-2 SE TIENE:

$$A (j\omega_0) = - \frac{GM}{C} \frac{j\omega}{(j\omega - p_1) (j\omega - p_2)} \quad (3 - 2)$$

SIN EMBARGO PARA VALORES ALTOS DE Q , EL CUOCIENTE DE LOS VECTORES $(j\omega)$ Y $(j\omega - p_2)$ ES CASI CONSTANTE PARA LA REGIÓN DE LA BANDA PASANTE; POR LO TANTO :

$$| j\omega | / | j\omega - p_2 | = 1/2$$

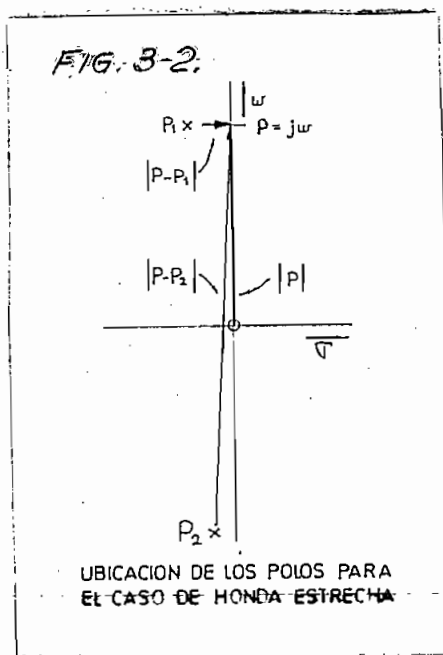
(VER LA FIGURA 3 - 2) Y LA FUNCIÓN DE GANANCIA SERÁ APROXIMADAMENTE :

TE :

$$A (j\omega) = - \frac{GM}{2C} \frac{1}{(j\omega - p_1)} \quad (3 - 3)$$

..../...

POR LO TANTO PARA ESTE CASO DEPENDE EXCLUSIVAMENTE DEL POLO SITUADO EN EL SEMIPLANO SUPERIOR. EN LA FIGURA 3 - 3 SE HA DIBUJADO ESTE POLO CON UNA PARTE DEL EJE JW, UN CÍRCULO CENTRADO EN W_0 CON RADIO $W_0/2Q = BR/2$. DEFINE EL ANCHO DE BANDA BR DE LA ETAPA DE BANDA ESTRECHA.



3 - 1 - 1 .- PROPIEDADES DE UN AMPLIFICADOR PARA MAXIMA RESPUESTA LINEAL

TENIENDO UNA APROXIMACIÓN A LA RESPUESTA IDEAL PROPORCIONADA POR LA SIGUIENTE FUNCIÓN :

.../...

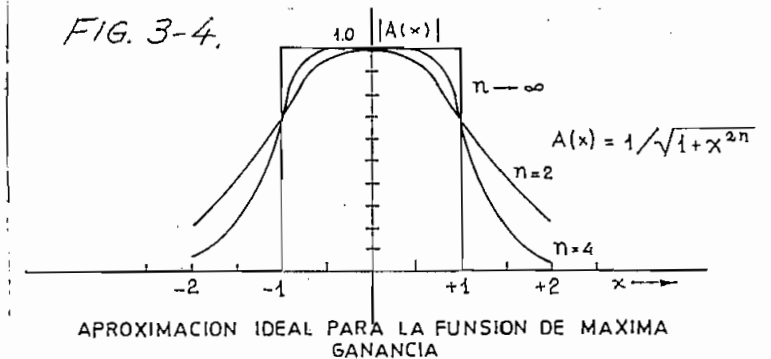
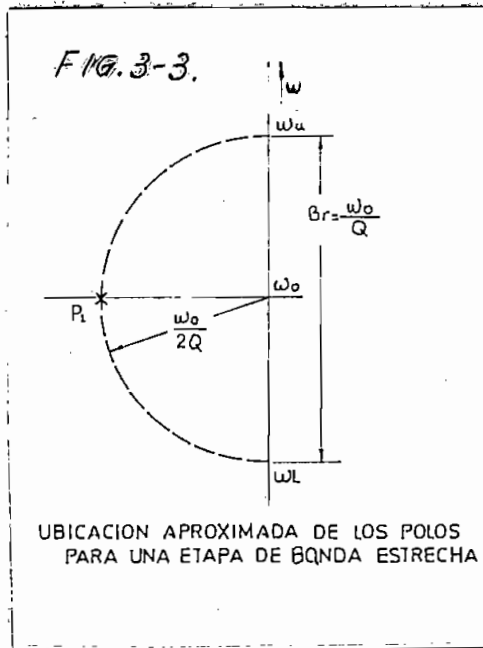
$$|A(x)| = \frac{1}{\sqrt{1+x^{2n}}} \quad (3-4)$$

(REFERENCIA Nº 18)

EN DONDE 'N' REPRESENTA EL NÚMERO DE ETAPAS IDÉNTICAS EN CASCADA.

CONOCIDA COMO LA FUNCIÓN DE BUTTERWORT Y SE TIENE REPRESENTADA EN LA

FIG. 3 - 4, RECORDANDO QUE EL VALOR DE $X = 0$ CORRESPONDE A $F = F_0$.



CONFORME AUMENTA EL VALOR DE N SE APROXIMA A LA FORMA IDEAL DE RES
PUESTA.

EL PROBLEMA CONSISTE EN SABER DONDE DEBEN ESTAR SITUADOS LOS POLOS
EN EL PLANO "P" PARA OBTENER LA MEJOR RESPUESTA CUANDO $P = JW$.

REALIZANDO EL DESARROLLO PRIMERAMENTE PARA UNA ETAPA PASABAJOS, CON
EL FÍN DE LLEGAR A UNA SOLUCIÓN GENERAL PARA CUALQUIER VALOR DE "N" (DETALLA
DA EN LA REFERENCIA Nº 18), SE LLEGA A OBTENER :

$$\begin{aligned} |A(jW)|^2 &= \frac{1}{1 + W^{2N}} = \frac{1}{1 + (P/J)^{2N}} \text{ EN DONDE } P = JW \\ &= A(P) A(-P) = \frac{(-1)^N}{(-1)^N + P^{2N}} \quad (3-5) \end{aligned}$$

LAS RAÍCES DE LA ECUACIÓN 3 - 5 SON :

$$P_1 = (-1)^{(N+1)/2N}$$

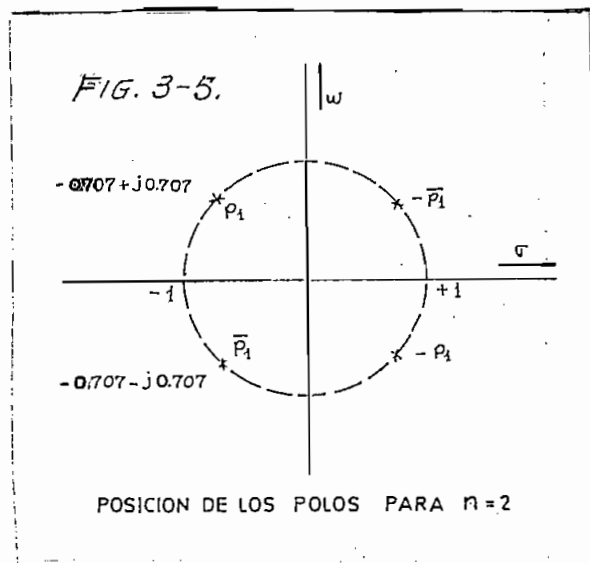
POR LO TANTO LOS POLOS DE LA FUNCIÓN GANANCIA CORREN SIEMPRE EN UN
CÍRCULO UNITARIO A LA RAÍZ 2N DE $(-1)^N + 1$.

EJEMPLOS ESPECÍFICOS SON :

.../....

$$\begin{aligned}
 N = 1 \quad P_1, P_2 &= \begin{array}{l} + \\ - \end{array} 1 \\
 N = 2 \quad P_1, P_2 &= \begin{array}{l} + \\ - \end{array} 1 \angle 45^\circ \\
 \quad P_3, P_4 &= \begin{array}{l} + \\ - \end{array} 1 \angle -45^\circ \\
 N = 3 \quad P_1, P_2 &= \begin{array}{l} + \\ - \end{array} 1 \angle 60^\circ \\
 \quad P_3, P_4 &= \begin{array}{l} + \\ - \end{array} 1 \angle -60^\circ \\
 \quad P_5, P_6 &= \begin{array}{l} + \\ - \end{array} 1
 \end{aligned}$$

EN LA FIGURA 3 - 5 ESTÁN REPRESENTADOS LOS POLOS PARA EL CASO ESPECÍFICO DE $N = 2$. INTERPRETANDO DICHO RESULTADO SE TIENE QUE LA UBICACIÓN DE LOS POLOS INDICAN LA MEJOR VARIACION DE POTENCIAL A LO LARGO DEL EJE JW.

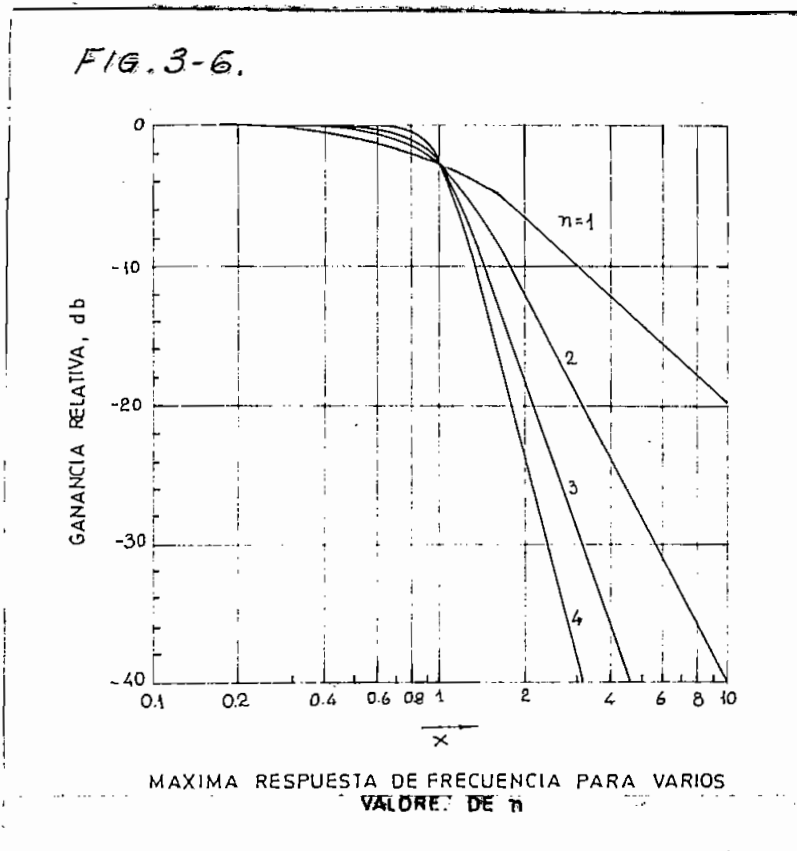


LA SIMETRÍA ALREDEDOR DEL EJE JW INDICA LA IGUAL DISTRIBUCIÓN DE PO
 .../....

TENCIAL, POR LO TANTO QUITANDO EL UN GRUPO DE POLOS, SE DIVIDE LA POTENCIA PARA 2, O ES IGUAL QUE EXTRAER LA RAÍZ CUADRADA DE $A(j\omega)$ A $A(-j\omega)$ QUE ES $|A(\omega)|$.

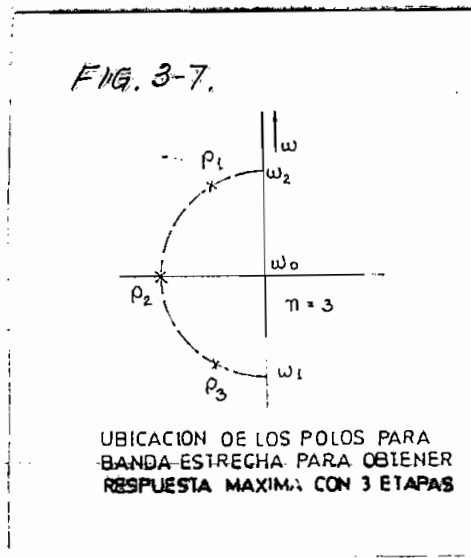
TENIENDO ASÍ EL ANCHO DE BANDA, EL CUAL SIEMPRE COINCIDE PARA $x = 1$ COMO SE VE EN LA FIGURA 3 - 4. POR LO TANTO EL DIÁMETRO DEL CÍRCULO EN LA FIGURA 3 - 5 ES EL ANCHO DE BANDA.

LAS CURVAS DE RESPUESTA, OBTENIDAS A PARTIR DE LA UBICACIÓN DE LOS POLOS, PARA FUNCIONES PASABAJOS Y CON VARIOS VALORES DE n SE INDICAN EN LA FIGURA 3 - 6 (REFERENCIA Nº 18)



QUERIENDO OBTENER UN PASO DE BANDA DETERMINADO SE DEBERÍA CORRER EL SEMICÍRCULO DE LA FIG. 3 - 5 HASTA QUE QUEDE CENTRADO EN UN PUNTO $j\omega_0$ DESEADO. IGUALMENTE SE PUEDE VARIAR EL ANCHO DE BANDA, CAMBIANDO EL DIÁMETRO DEL CÍRCULO.

SE INDICA UN EJEMPLO EN LA FIG. 3 - 7 PARA UNA ETAPA DE SINTONÍA SIMPLE REPRESENTANDO UNA APROXIMACIÓN DE BANDA ESTRECHA, DONDE NO HAY POLOS VIDA DERECHA, NI CEROS EN EL ORIGEN.

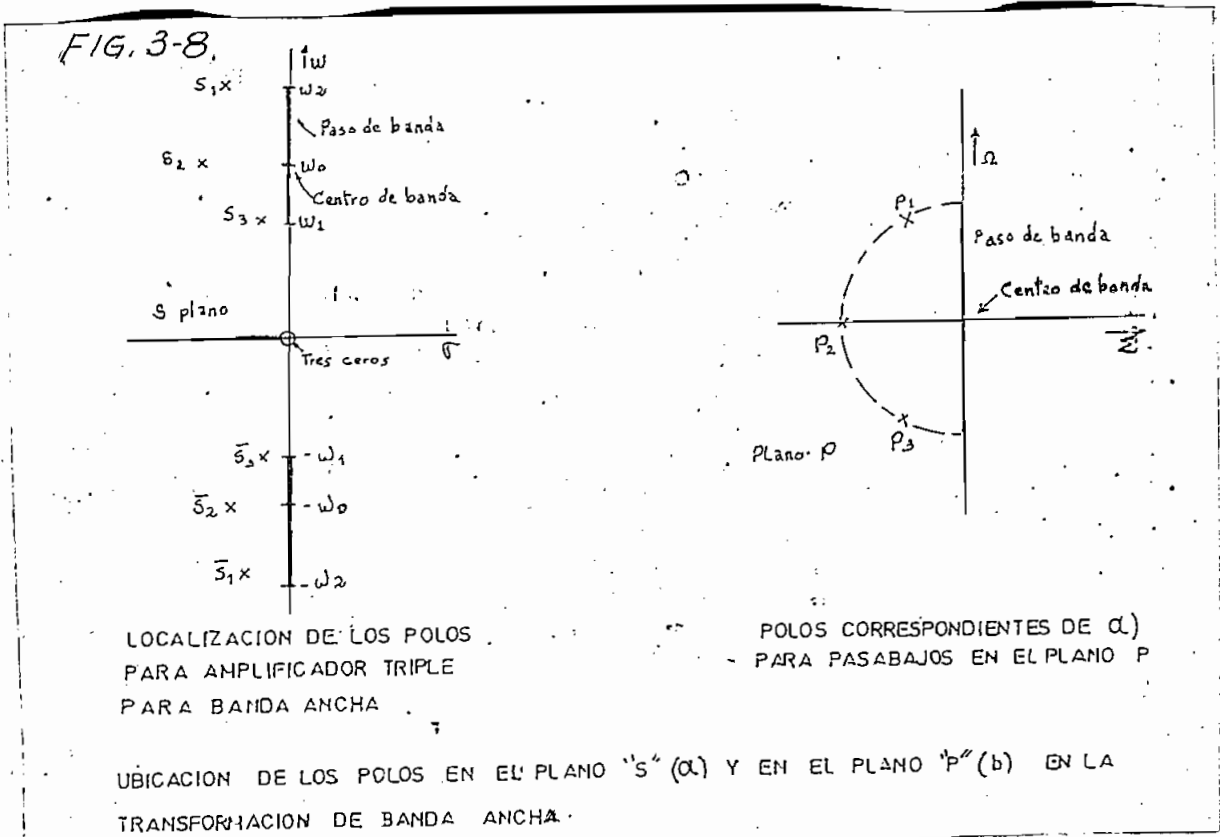


CONSIDERANDO DE OTRA MANERA LA FIGURA, SE PODRÍA PENSAR EN TRES CIRCUITOS DE SINTONÍA SIMPLE, CON DIFERENTES VALORES DE Q Y DE FRECUENCIAS CENTRALES f_0 . ESTO ES EL PRINCIPIO DE LA SINTONIA ESCALONADA, CUYOS DETALLES VEREMOS EN LA SECCIÓN 3 - 3 DE ESTE CAPÍTULO.

3 - 2 .- TRANSFORMACION DE BANDA ANCHA

PARA EL CASO DE BANDA ANCHA SE DEBE REALIZAR UNA TRANSFORMACIÓN CONFORME, CON EL FÍN DE DESARROLLAR ESTE CASO EN TÉRMINOS DE ANALOGIA DE POTENCIAL (REFERENCIA Nº 19).

SE HA VISTO COMO ARREGLAR UN GRUPO DE CARGAS POSITIVAS (FIG. 3-5); PARA BANDA ANCHA SE VERÁ LA FORMA DE ARREGLAR 2 GRUPOS DE CARGAS POSITIVAS (POLOS) Y VARIAS CARGAS NEGATIVAS (CEROS) EN EL ORÍGEN DE COORDENADAS. ESTAS DOS SITUACIONES ESTÁN REPRESENTADAS EN LA FIG. 3-8. CON EL FÍN DE DISTINGUIR LOS DOS PROBLEMAS, EL UNO HA SIDO PLANTEADO EN EL PLANO "S" Y EL OTRO EN EL PLANO "P".



SE RESOLVERÍA EL PROBLEMA SI DEL UN PLANO SE LOGRA CON ALGUNA RELACIÓN REPRESENTAR EN EL OTRO PLANO.

UN MAPA CONFORME Y QUE CUMPLE ESTA RELACIÓN ESTÁ DADO POR :

$$P = \frac{s}{W_0} + \frac{W_0}{s} \quad (347)$$

SE PUEDE ESCRIBIR DE LA SIGUIENTE MANERA (REFERENCIA Nº 20)

$$\frac{X}{Q} = \frac{W}{W_0} - \frac{W_0}{W} \quad (3-8)$$

MIRANDO DE OTRA FORMA LA TRANSFORMACIÓN SERÍA COMO UN SIMPLE CAMBIO DE VARIABLES. POR EJEMPLO DE LA SIGUIENTE ECUACIÓN (REFERENCIA Nº 16)

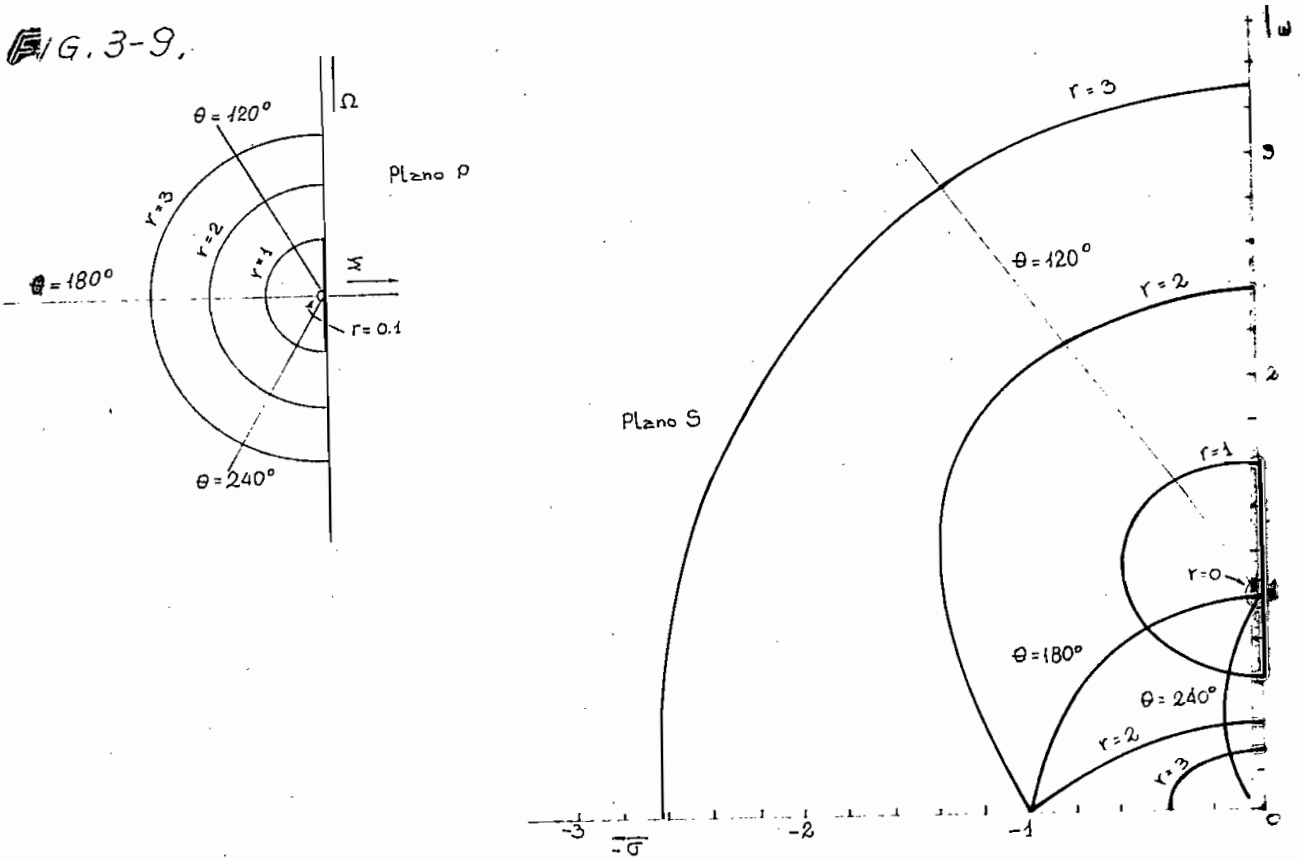
$$A(P) = - \frac{GM}{C} \frac{P}{(P - P_1)(P - P_2)}$$

LA CUAL TIENE DOS POLOS Y UN CERO, SE LA CAMBIARÁ CON OTRA QUE TENGA UN SOLO POLO Y NINGÚN CERO.

LA TRANSFORMACIÓN OCASIONARÁ QUE LA BANDA CENTRADA EN W_0 EN EL PLANO "S" VAYA AL ORIGEN EN EL PLANO "P", Y EL ORIGEN DEL PLANO "S" VAYA HACIA EL INFINITO EN EL PLANO "P".

UNA EXPRESIÓN MÁS COMPACTA RESULTA NORMALIZANDO EL PLANO "S" PARA CUALQUIER W_0 . ENTONCES LA TRANSFORMACIÓN RESULTA MÁS SIMPLE (REFERENCIA Nº19)

FIG. 3-9.



TRANSFORMACION DESDE EL PLANO P AL PLANO S

3 - 3 .- SINTONIA ESCALONADA

HISTÓRICAMENTE, EL APROVECHAMIENTO Y POSIBILIDADES DE LA SINTONÍA ES

GALONADA HA SIDO MOTIVO DE PROFUNDO ESTUDIO ANTES DE QUE SE DIFUNDA AMPLIAMENTE. EN PRIMER LUGAR BUTTERWORTH EN 1.930, ESTUDIÓ LA POSIBILIDAD DE SINTETIZAR UNA FUNCIÓN DE ALTA GANANCIA GRACIAS A UN AMPLIFICADOR DE VARIAS ETAPAS; POSTERIORMENTE SCHIENESMANN EN SUS PUBLICACIONES PRESENTÓ LOS ESTUDIOS DEL PRODUCTOR DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA. LUEGO DE ESTO LONDON ESCRIBIÓ SU ARTÍCULO ACERCA DE UNA MÁXIMA RESPUESTA PLANA. MÁS EN EL ASPECTO PRÁCTICO SE LE ACREDITA A HENRY WALLMAN LA PRIMERA APLICACIÓN DE SINTONÍA ESCALONADA EN LOS AMPLIFICADORES DE FRECUENCIA INTERMEDIA DE LOS RECEPTORES DE RADAR

SE APROVECHARÁ SOBRE TODO EL ANÁLISIS DEL ÚLTIMO INVESTIGADOR PARA DAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS AMPLIFICADORES QUE INTERESA EN EL PRESENTE ESTUDIO.

SE SEGUIRÁ LA CONVENCION DE WALLMAN PARA DISTINGUIR TRES CASOS, DEPENDIENDO DE LA RELACION DEL ANCHO DE BANDA CON LA FRECUENCIA CENTRAL (REFERENCIA Nº 21).

| | |
|-------------------------------|--|
| CASO DE BANDA ESTRECHA CUANDO | $B \leq 5\% \text{ DE } F_0$ |
| CASO INTERMEDIO CUANDO | $5\% \leq B \leq 30\% \text{ DE } F_0$ |
| CASO DE BANDA ANCHA CUANDO | $B \geq 30\% \text{ DE } F_0$ |

EL TÉRMINO DE SINTONÍA ESCALONADA SE REFIERE A UN AMPLIFICADOR FORMADO POR VARIAS ETAPAS DE CASCADA, EN LAS CUALES LAS ETAPAS NO SON SINTONIZA-

.../.....

DAS IDÉNTICAMENTE A LA MISMA FRECUENCIA^{...}, PERO SON DISTRIBUÍDAS ARRIBA Y ABAJO DE LA FRECUENCIA CENTRAL, DENTRO DE LA BANDA REQUERIDA; NO SÓLO SON DIFERENTES LAS FRECUENCIAS DE SINTONÍA, SINO TAMBIÉN SUS ANCHOS DE BANDA DE RESPUESTA.

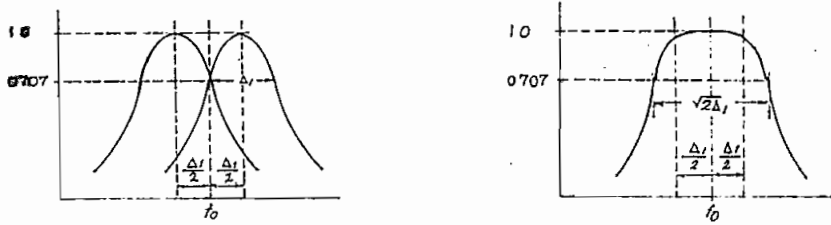
EL OBJETO DE APLICAR ESTE PRINCIPIO ES DOBLE :

- A) GENERALMENTE SE LOGRA UN PRODUCTO DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA MAYOR QUE COLOCANDO VARIAS ETAPAS DE SINTONÍA SIMPLE EN CASCADA.
- B) UNA RESPUESTA LINEAL DE GANANCIA PARA EL ANCHO DE BANDA DESEADO, CON UN RIZADO QUE SE PUEDE DETERMINAR.

UNA FORMA SENCILLA DE REPRESENTAR ES LA SIGUIENTE :

SI SE DENOMINA $\Delta 1$ A LA DIFERENCIA DE FRECUENCIA ENTRE LAS FRECUENCIAS RESONANTES DE LOS CIRCUITOS INDIVIDUALES, O SEA QUE ESTÁN DESINTONIZADOS $\Delta 1/2$ CICLOS DESDE LA FRECUENCIA CENTRAL f_0 , COMO SE INDICA EN LA FIGURA 3 - 10A ENTONCES LA FORMA DE ONDA DE LA CURVA DE RESPUESTA DE UN PAR DE SINTONÍA ESCALONADA ES COMO LA REPRESENTADA EN LA FIGURA 3 - 10B Y ES DE FORMA IDÉNTICA A LA RESPUESTA DE UNA ETAPA AMPLIFICADORA DE SINTONÍA DOBLE, CON ACOPLAMIENTO CRÍTICO.

FIG. 3-10.



RESPUESTAS INDIVIDUALES Y TOTAL DE UN PAR ESCALONADO

3 - 3 - 1 .- SINTONIA ESCALONADA PARA BANDA ESTRECHA

EL CASO DE BANDA ESTRECHA PROPORCIONA LA SIMETRÍA DESEADA PARA LA RESPUESTA DE AMPLITUD, Y ES EL CASO DONDE LOS CEROS EN EL ORIGEN Y LOS POLOS CONJUGADOS SON DESPRECIADOS. (REFERENCIA N° 22).

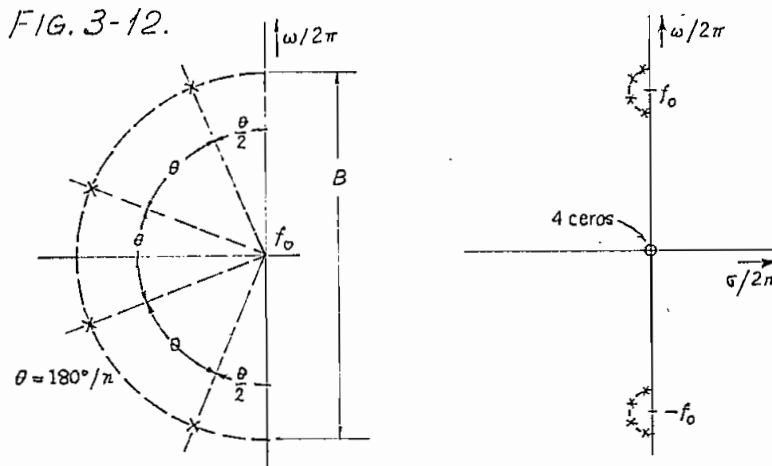
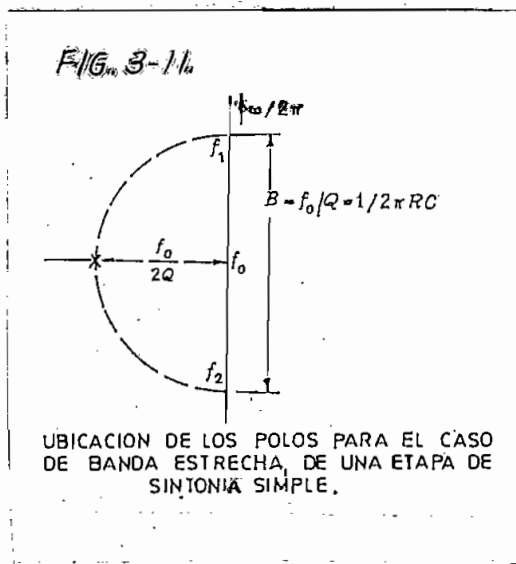
UN POLO SIMPLE TIENE EL GRÁFICO REPRESENTADO EN LA FIG. 3 - 11 EN EL CUAL EL PLANO "P" SE HA NORMALIZADO DIVIDIÉNDOLO PARA 2π , PARA TENER LA FRECUENCIA EN CICLOS, EN LUGAR DE RADIANES.

SE TIENE EL SEMICÍRCULO CENTRADO EN f_0 Y EL DIÁMETRO SERÁ :

$$\frac{f_0}{Q} = \frac{1}{2\pi RC} = B$$

...../.....

AHORA PARA EL CASO DE SINTONÍA ESCALONADA SE DIBUJA EL SEMICÍRCULO COMO SE INDICA EN LA FIGURA 3 - 12, EN DONDE SE COLOCA EL NÚMERO DE POLOS DESEADO, UNO POR CADA ETAPA DE SINTONÍA SIMPLE. TENIENDO LA UBICACIÓN DE LOS POLOS SE PUEDE DETERMINAR LAS FRECUENCIAS RESONANTES INDIVIDUALES (f_{01}) Y EL ANCHO DE BANDA INDIVIDUAL ($B_1 = f_{01}/Q_1$) COMO SE INDICA EN LA FIGURA 3 - 11.



GRUPO DE POLOS ALREDEDOR DE f_0 PARA MÁXIMA GANANCIA

.../...

LOS RESULTADOS PUEDEN SER TABULADOS COMO SE INDICA EN LA TABLA 3 - 1
SIN TENER QUE REALIZAR LA CONSTRUCCIÓN GEOMÉTRICA PARA CADA CASO.

T A B L A 3 - 1

SINTONIA ESCALONADA PARA BANDA ESTRECHA

1.- PARA ESCALONADO (N = 2)

DOS ETAPAS SINTONIZADAS A $f_0 \pm 0.35B$, TENIENDO CADA UNA UN ANCHO
DE BANDA DE $0.707 B$.

2.- ESCALONAMIENTO TRIPLE (N = 3)

UNA ETAPA SINTONIZADA A f_0 , CON ANCHO DE BANDA B .

DOS ETAPAS SINTONIZADAS A $f_0 \pm 0.43B$ CON ANCHO DE BANDA $0.5 B$.

3.- ESCALONAMIENTO CUÁDRUPLE (N = 4)

DOS ETAPAS SINTONIZADAS A $f_0 \pm 0.46 B$ CON ANCHO DE BANDA $0.38B$

.../....

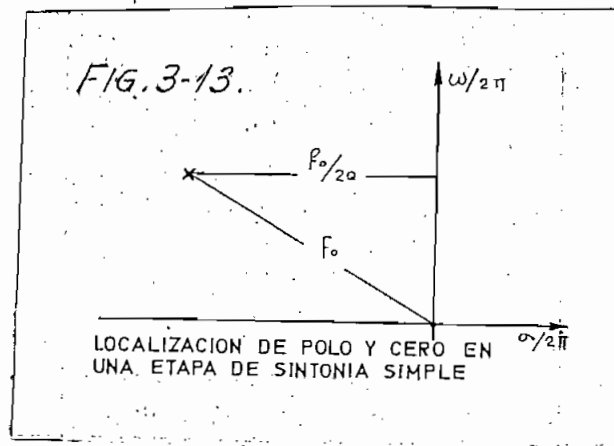
DOS ETAPAS SINTONIZADAS A $f_0 \pm 0.19B$ CON ANCHO DE BANDA $0.92B$.

NOTA: f_0 ES LA FRECUENCIA CENTRAL DEL ANCHO DE BANDA TOTAL.

3 - 3 - 2 - .- SINTONIA ESCALONADA PARA BANDA ANCHA

EL CASO DE BANDA ANCHA, REQUIERE EL USO DE LA TRANSFORMACIÓN DE BANDA ANCHA DESARROLLADA EN LA SECCIÓN ANTERIOR. (REFERENCIA Nº 23).

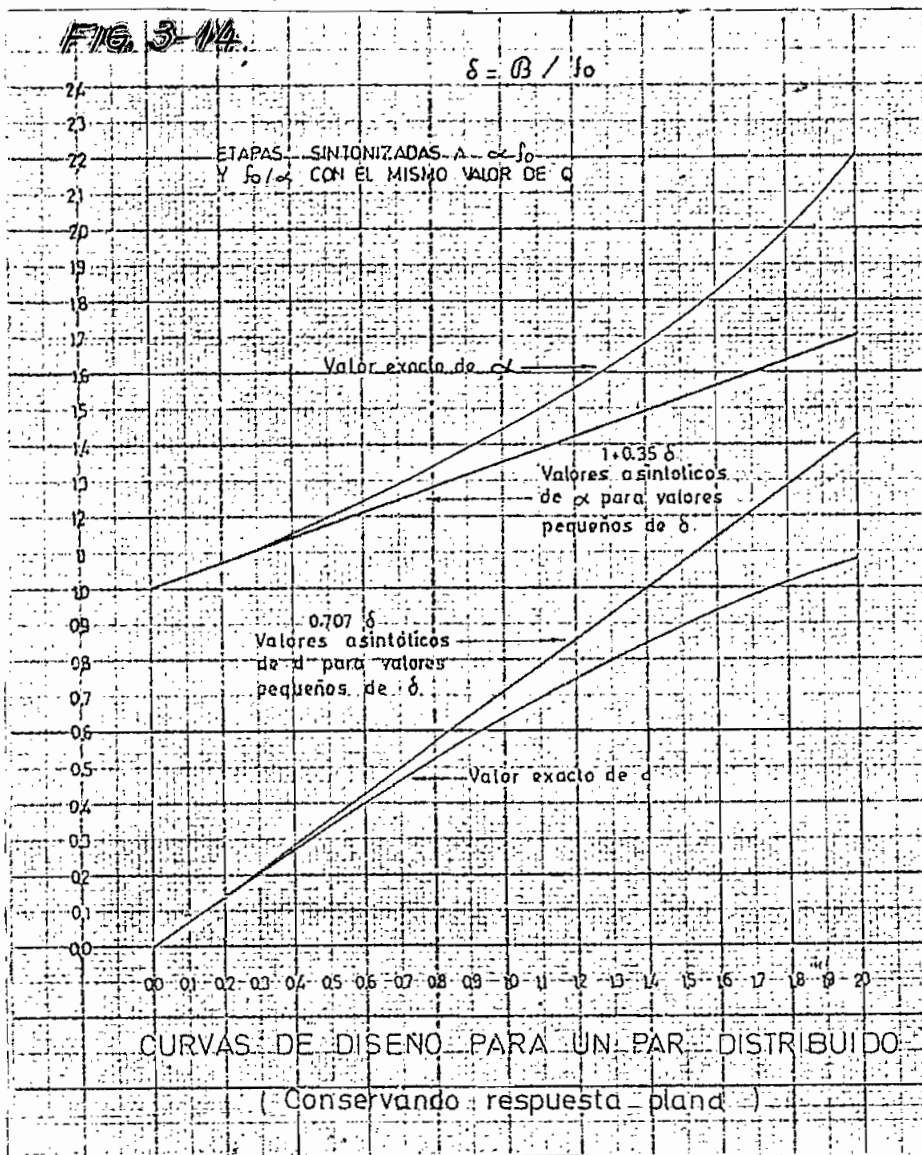
CADA NUEVO PROBLEMA DE DISEÑO, PODRÍA SER ANALIZADO, DIBUJANDO LOS POLOS EN EL PLANO "P", Y TRANSFORMANDO SUS COORDENADAS AL PLANO "S", E IGUALMENTE, DETERMINAR LA FRECUENCIA DE RESONANCIA DE LAS ETAPAS Y LOS ANCHOS DE BANDA COMO SE INDICA EN LA FIGURA 3 - 13.

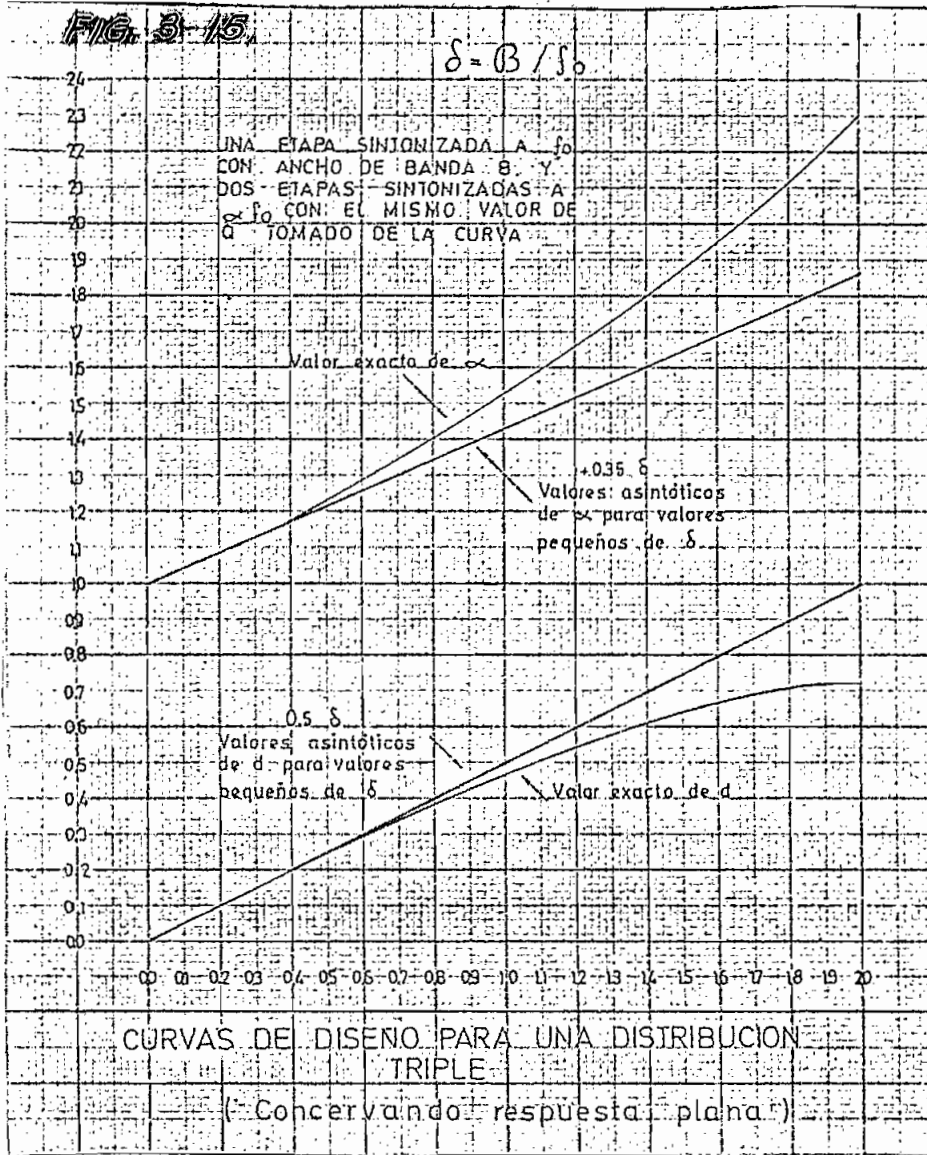


PERO DEBIENDO REALIZAR POR REPETIDAS OCASIONES ESTE TRABAJO ES CON-
...../.....

VENIENTE LLEVAR LOS RESULTADOS DEL PROCESO A FÓRMULAS Y GRÁFICOS.

ESTOS GRÁFICOS VIENEN REPRESENTADOS EN EL TEXTO DE VALLEY Y WALLMAN, PARA ESCALONAMIENTOS PARES Y TRIPLES. LAS FÓRMULAS CORRESPONDIENTES ESTÁN DADAS EN LA TABLA Nº 3 - 2 Y LAS CURVAS EN LAS FIGURAS 3 - 14 Y 3 - 15.





T A B L A 3 - 2

SINTONIA. ESCALONADA PARA BANDA ANCHA

1.- PAR ESCALONADO (N = 2)

DOS ETAPAS SINTONIZADAS A F_{0D} Y $F_{0/D}$ CON IGUAL FACTOR DE DISIPACIÓN D.

$$D^2 = \frac{4 + \delta^2 - \sqrt{16 + \delta^4}}{2}$$
$$\delta^2 = \left(\alpha - \frac{1}{\alpha} \right)^2 + D^2$$

2.- ESCALONAMIENTO TRIPLE (N = 3)

UNA ETAPA SINTONIZADA A F_0 CON ANCHO DE BANDA B

DOS ETAPAS SINTONIZADAS A F_0 Y $F_{0/}$ CON IGUAL FACTOR DE DISIPACIÓN D.

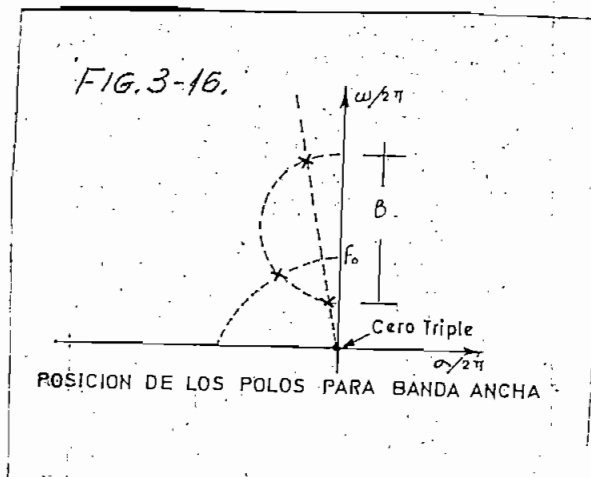
$$D^2 = \frac{4 + \delta^2 - \sqrt{16 + 4\delta^2 + \delta^4}}{2}$$
$$\delta^2 = \left(\alpha - \frac{1}{\alpha} \right)^2 + D^2$$

.../...

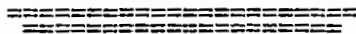
NOTA : f_0 ES LA FRECUENCIA CENTRAL (CENTRO GEOMÉTRICO) DEL ANCHO DE BANDA TOTAL. B ES EL ANCHO DE BANDA TOTAL Y $S = B/f_0$.

ES INTERESANTE ANOTAR LA UBICACIÓN DE LOS POLOS EN EL CASO DE BANDA ANCHA; POR EJEMPLO EN EL CASO DE ESCALONAMIENTO TRIPLE, LA ETAPA CENTRAL TIENE EL MISMO f_0 , COMO PARA EL CASO DE UNA SOLA ETAPA, POR LO TANTO LOS POLOS - CORRERÁN SIEMPRE SOBRE UN CÍRCULO TRAZADO ALREDEDOR DEL PUNTO $j\omega_0$, Y SE ALEJAN DEL EJE $j\omega$ PARA MAYORES ANCHOS DE BANDA. LAS OTRAS DOS ETAPAS TIENEN IGUAL VALOR DE Q , Y SUS FRECUENCIAS CENTRALES ESTÁN RELACIONADAS POR EL FACTOR (VARIABLE QUE SE TOMA DE LAS CURVAS DE LAS FIGURAS 3 - 14 Y 3 - 15), OBTENIENDO ASÍ LOS POLOS PARA ESTAS DOS ETAPAS, DESPLAZÁNDOSE EN LA MISMA LÍNEA RADIAL DESDE EL ORIGEN.

EL GRÁFICO COMPLETO OMITIENDO EL SEMIPLANO INFERIOR, SE INDICA EN LA FIGURA 3 - 16.



CAPITULO IV



4 - 1 .- DISEÑO DEL AMPLIFICADOR DE BANDA ANCHA PARA EXPERIMENTACION

4.- 1 - 1 .- ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL AMPLIFICADOR

TENIENDO QUE REALIZAR EL DISEÑO DE UN AMPLIFICADOR DE BANDA ANCHA, - SE VERÁ QUE CUMPLA CON LAS CONDICIONES INDICADAS EN EL CAPÍTULO III, O SEA QUE EL ANCHO DE BANDA DEBERÁ SER EL 30% O MÁS DEL VALOR DE LA FRECUENCIA CENTRAL f_0 .

PARA EL TRABAJO DEL TUBO A UTILIZARSE, SE TENDRÁ EN CUENTA LAS CARACTERÍSTICAS TÍPICAS DE TRABAJO, RECOMENDADAS POR LOS FABRICANTES.

SE HA RESUMIDO LAS CARACTERÍSTICAS QUE DEBERÁ TENER EL AMPLIFICADOR EN LA SIGUIENTE LISTA :

- A) DEBERÁ TENER UN ANCHO DE BANDA DE 6 Mc (DESDE 8 HASTA 14 Mc).
- B) PARA EL AMPLIFICADOR DE SINTONÍA SIMPLE, LA GANANCIA SERÁ DE 10 DB (O SEA UNA RELACIÓN DE VOLTAJE IGUAL A 3.15).
- C) PARA EL AMPLIFICADOR DE SINTONÍA ESCALONADA, LA GANANCIA SERÁ DE 35 DB (O SEA UNA RELACIÓN DE VOLTAJE IGUAL A 56)
- D) PARA LAS IMPEDANCIAS DE ENTRADA Y DE SALIDA SE TENDRÁ EN CUENTA

.../.....

LAS IMPEDANCIAS DEL GENERADOR DE SEÑALES Y DEL OSCILOSCOPIO, QUE PROPORCIONARÁ LA SEÑAL DE ENTRADA Y EN EL CUAL SE MEDIRÁ SU RESPUESTA DE FRECUENCIA RESPECTIVAMENTE.

E) LAS DIFERENTES POLARIZACIONES A UTILIZARSE EN EL CIRCUITO, SERÁN TOMADAS DE FUENTES DE ALIMENTACIÓN ADICIONALES.

CON LAS CARACTERÍSTICAS MENCIONADAS SE PROCEDERÁ AL DISEÑO DE LOS AMPLIFICADORES.

4 - 1 - 2 .- DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN AMPLIFICADOR DE SINTONIA SIMPLE

PARA ESTE DISEÑO SE HA ESCOGIDO EL TUBO 6AK5, EL MISMO QUE TIENE UN ALTO FACTOR DE CALIDAD (PRODUCTO DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA); DE LA ECUACIÓN (1 - 10) SE TIENE :

$$G \times B = \frac{GM}{2 \pi (C_{ENT.} + C_{SAL.})}$$
$$= \frac{5.100 \text{ u MHos}}{2 \pi (4 + 2,1) P F} = 133 \text{ Mc}$$

$$G \times B = 133 \text{ Mc.}$$

DEL MANUAL DE TUBOS SE OBTIENEN LAS CONDICIONES DE TRABAJO PROPUESTAS POR EL FABRICANTE PARA EL TUBO 6AK5, EL MISMO QUE INDICA LOS SIGUIENTES VALORES PARA OPERACIÓN TÍPICA.

PARA AMPLIFICADOR CLASE A1.

| | | |
|---|-------|---------|
| VOLTAJE DE PLACA | 180 | VOLTIOS |
| VOLTAJE DE GRILLA No. 2 | 120 | VOLTIOS |
| RESISTENCIA PARA POLARIZACIÓN DE CÁTODO | 180 | OHMIOS |
| CORRIENTE DE PLACA | 7.7 | MA |
| CORRIENTE DE GRILLA No. 2 | 2.4 | MA |
| TRANSCONDUCTANCIA | 5.100 | UMHOS |
| RESISTENCIA DE PLACA | 0.5 M | OHMIOS |

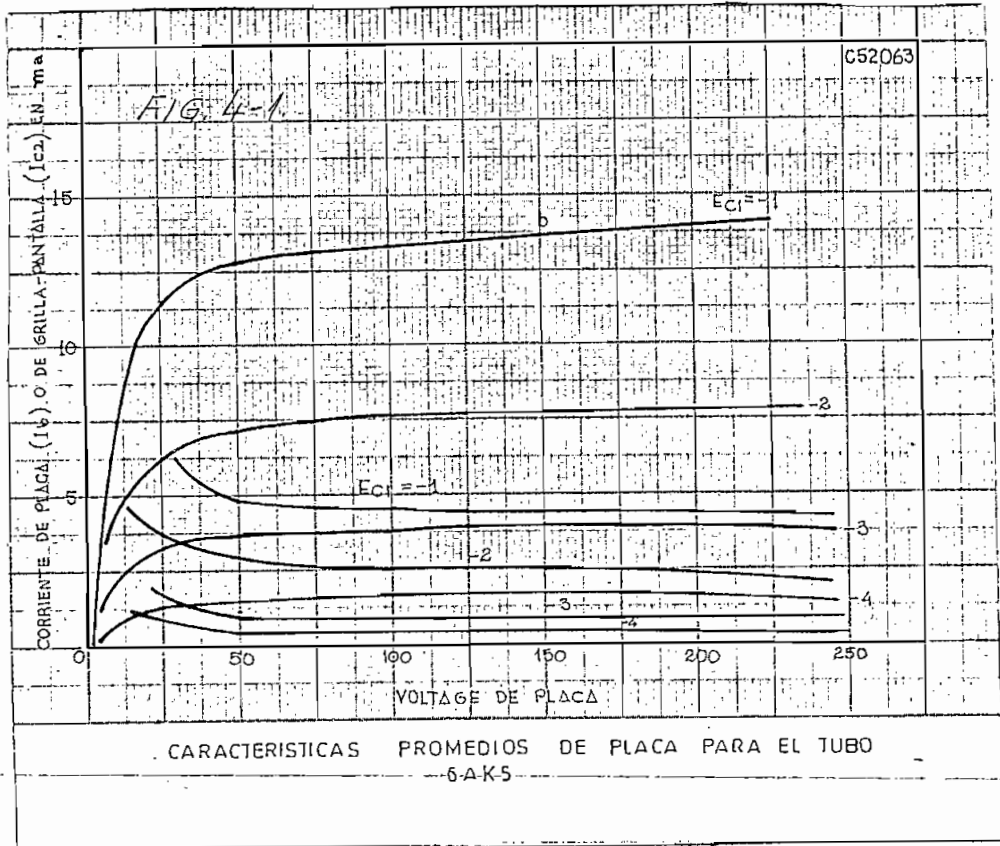
SE INDICA ADEMÁS OTROS VALORES QUE SERVIRÁN PARA EL DISEÑO :

| | | |
|---------------------------------|------|---------|
| VOLTAJE DE FILAMENTO | 6.3 | VOLTIOS |
| CORRIENTE DE CÁTODO | 175 | MA |
| CAPACIDAD GRILLA - PLACA | 0.03 | UUF |
| CAPACIDAD GRILLA - TIERRA | 4 | UUF |
| CAPACIDAD PLACA - TIERRA | 2.1 | UUF |

SE TIENE ADEMÁS LAS CARACTERÍSTICAS DE PLACA DEL TUBO 6AK5 REPRESENTEN

.../.....

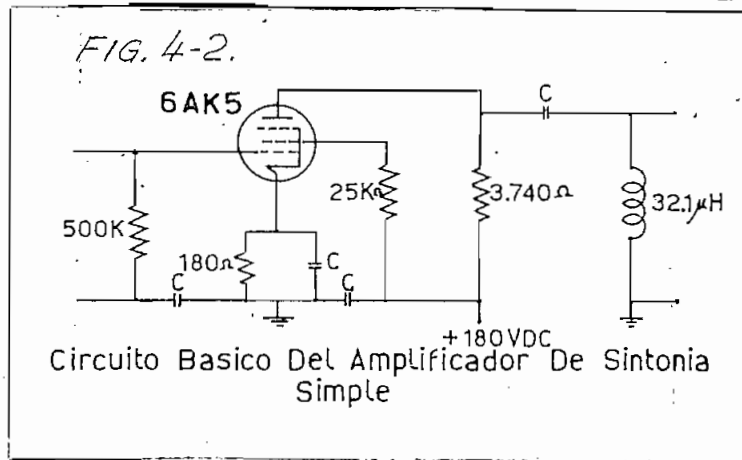
TABLAS EN LA FIGURA (4 - 1).



EL CIRCUITO BÁSICO A DISEÑARSE ES COMO EL INDICADO EN LA FIGURA

(4 - 2) PARA EL CUAL SE IRÁN OBTENIENDO LOS DIFERENTES PARÁMETROS CON LOS VOLTAJES DE POLARIZACIÓN RESPECTIVOS. A SU DEBIDO TIEMPO SE VERÁ SI ES NECESARIO ALGUNA COMPENSACIÓN DE ESTE CIRCUITO PARA OBTENER EL ANCHO DE BANDA DESEADO.

.../....



AÚN CUANDO EL VALOR DE R. PARA OBTENER MÁXIMA SALIDA DE POTENCIA ES DE $R = 2 R_p$ (REFERENCIA Nº 24), PARA EL CASO QUE NOS OCUPA $R_p = 0.5 \text{ M OHMIOS}$ POR TANTO R DEBERÁ TENER 1 M OHMIOS; PERO DEBIENDO TENER UN ANCHO DE BANDA CONSIDERABLE, SE CALCULARÁ EL VALOR DE R. PARTIENDO DE LA ECUACIÓN No. (1 - 9).

$$R = \frac{1}{2 \pi B C}$$

PARA ESTE CASO $B = 6 \text{ Mc}$, Y EL VALOR DE C_{TOT} ESTÁ DADO POR $C_{SAL} = 2,1 \text{ PF}$ MÁS CAPACIDAD C_W DE LAS LÍNEAS DEL CIRCUITO QUE SE ESTIMA EN 5 PF. , POR TANTO $C_{TOT} = 7.1 \text{ PF}$, LUEGO :

..../...

$$R = \frac{1}{2 \pi \times 6 \times 10^6 \times 7.1 \times 10^{-12}}$$

$$R = 3.740 \text{ OHMIOS}$$

SE ESCOJE LOS SIGUIENTES VALORES DE POLARIZACIÓN :

$$E_{BB} = 180 \text{ VOLTIOS}$$

$$E_{c_1} = - 2 \text{ VOLTIOS}$$

VALORES QUE REPRESENTADOS EN LAS CURVAS CARACTERÍSTICAS DE PLACA DAN EL PUNTO DE OPERACIÓN PARA CONDICIONES ESTÁTICAS.

LA R DE POLARIZACIÓN DE GRILLA PANTALLA DEBE TENER UNA CAÍDA DE 60 - VOLTIOS PARA QUE SU VOLTAJE DE POLARIZACIÓN SEA DE 120 VOLTIOS.

POR TANTO, SIENDO SU CORRIENTE DE TRABAJO = 2.4 MA.

$$\begin{aligned} R_{SG} &= \frac{E_{BB} - E_{RP2}}{I_{c2}} \\ &= \frac{180 - 60}{2.4} \frac{\text{VOLT.}}{\text{MA}} = 25 \text{ K OHMIOS} \end{aligned}$$

$$R_{SG} = 25 \text{ K OHMIOS}$$

LA RESISTENCIA DE POLARIZACIÓN DE CÁTODO SERÁ :

.../....

$$\begin{aligned} R_k &= \frac{E_{c1}}{I_B + I_{c2}} \\ &= \frac{2}{(7.7 + 2.4)} \frac{\text{VOLT}}{\text{MA}} = 182 \text{ OHMIOS} \\ R_k &= 182 \text{ OHMIOS.} \end{aligned}$$

PARA LOS CONDENSADORES INDICADOS EN LA FIGURA 4 - 2 CON LA LETRA C, - SE HA TOMADO EL VALOR DE 1.200 pF EN VISTA DE QUE ES EL VALOR QUE EXPERIMENTALMENTE DA BUEN RESULTADO.

EN CUANTO SE REFIERE AL TANQUE DE SALIDA, DEBE CALCULARSE PARA QUE RESUENE A LA FRECUENCIA CENTRAL f_0 , DEL ANCHO DE BANDA CONSIDERADO.

CONSIDERANDO QUE UN AMPLIFICADOR DE BANDA ANCHA, TIENE SIMETRÍA GEOMÉTRICA DE LAS FRECUENCIAS EXTREMAS CON RELACIÓN A LA FRECUENCIA CENTRAL f_0 . (REFERENCIA Nº 25)

POR LO TANTO :

$$\frac{f_1}{f_0} = \frac{f_0}{f_2}$$

EN DONDE :

$$f_0 = \sqrt{f_1 \times f_2}$$

REEMPLAZANDO LOS VALORES RESPECTIVOS:

$$F_0 = \sqrt{14 \times 8} \text{ Mc} = 10.6 \text{ Mc.}$$

$$F_0 = 10.6 \text{ Mc}$$

COMO SE HABÍA INDICADO LA CAPACIDAD TOTAL ES DE 7.1 pF, POR TANTO SE PROCEDERÁ AHORA A ENCONTRAR EL VALOR DE LA INDUCTANCIA, PARA QUE LA SALIDA DEL AMPLIFICADOR RESUENE A LA FRECUENCIA CENTRAL DE 10.7 Mc. PARA ESTO SE PARTE DE LA CONDICIÓN DE RESONANCIA :

$$\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C}$$

DE DONDE :

$$L = \frac{1}{\omega_0^2 \cdot C}$$

REEMPLAZANDO LOS VALORES :

$$L = \frac{1}{(2 \pi \times 10.6 \times 10^6)^2 \times (7.1 \times 10^{-12})} = 32.1 \times 10^{-6}$$

$$L = 32,1 \text{ uH.}$$

TENIENDO ASÍ DE ESTA MANERA CALCULADOS TODOS LOS PARÁMETROS DEL CIRCUITO, DEL CUAL SE INDICARÁN LOS RESULTADOS EN EL SIGUIENTE CAPÍTULO.

4-1-3.- DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN AMPLIFICADOR DE VARIAS ETAPAS
SINTONIZADAS ESCALONADAMENTE

CON LAS CONDICIONES CITADAS EN LA SECCIÓN 4 - 1 - 1 DE ESTE CAPÍTULO SE ESTUDIARÁ PRIMERO LA COMBINACIÓN DE ETAPAS DE SINTONÍA ESCALONADA, QUE CUMPLE MEJOR CON ESAS CARACTERÍSTICAS.

TENIENDO AHORA QUE APLICAR LA TEORÍA AL DESARROLLO FÍSICO DEL AMPLIFICADOR, SE HARÁ USO DE LAS TABLAS, GRÁFICOS Y MONOGRAMAS, ELABORADOS CON EL FÍN DE FACILITAR EL DISEÑO.

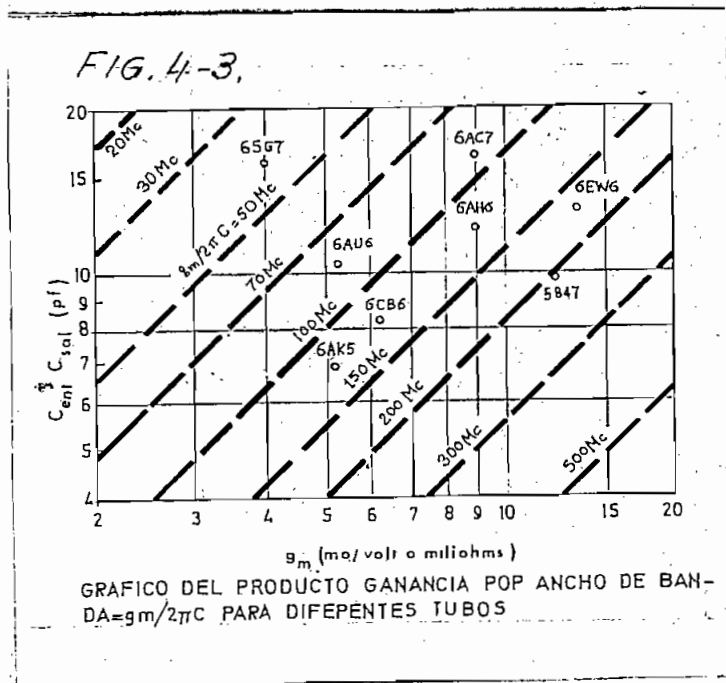
LOS PROBLEMAS QUE SE PLANTEAN SON LOS SIGUIENTES :

- 1.- ESCOGER EL TIPO DE TUBO A SER UTILIZADOS.
- 2.- QUÉ COMBINACIÓN DE ETAPAS DE SINTONÍA SIMPLE REUNIRÁ LOS REQUERIMIENTOS DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA.
- 3.- CUÁL COMBINACIÓN REQUERIRÁ EL MENOR NÚMERO DE TUBOS.
- 4.- CUÁL COMBINACIÓN DARÁ LA MEJOR RELACIÓN DE SELECTIVIDAD.

EN EL GRÁFICO 4 - 3 SE TIENE LA REPRESENTACIÓN DEL PRODUCTO DE "GANANCIA POR ANCHO DE BANDA" $= gm/2\pi C$, PARA UN DETERMINADO TIPO DE TUBOS EXISTENTES EN EL MERCADO. LOS PUNTOS DEL GRÁFICO NO INCLUYEN LAS CAPACIDADES DEL CIRCUITO C_w , LAS MISMAS QUE TIENEN UN VALOR PROMEDIO DE 5 pF.

DEBE ANOTARSE QUE EN LOS PASOS PRELIMINARES NO SE TOMA EN CUENTA LA FRECUENCIA CENTRAL f_0 , INTERVIENE ÉSTA, CUANDO SE VAN A CALCULAR LAS INDUCTANCIAS DE LAS DIFERENTES ETAPAS.

IGUAL QUE EN LA PARTE 4 - 1 - 2, SE USARÁ EL TUBO 6AK5, EL MISMO QUE CUMPLE A CABALIDAD CON LOS REQUISITOS DEL PRODUCTO DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA, AUMENTANDO AÚN LOS 5PF OCASIONADOS POR LAS LÍNEAS DEL CIRCUITO.



DEL GRÁFICO TENEMOS :

$$C \text{ ENT.} + C \text{ SALIDA} = 6,7 \text{ pF}$$

$$GM = 5.100 \text{ UMHOS.}$$

SE DEBE ANOTAR QUE PARA TODOS LOS FINES PRÁCTICOS EL VALOR DE C SALIDA PERMANECE CONSTANTE, EN TANTO QUE C ENTRADA VARÍA MIDIENDO SU VALOR EN FRÍO, Y LUEGO MIDIENDO CON EL VALOR NORMAL DE CORRIENTE DE PLACA (REFERENCIA Nº 26) POR EJEMPLO PARA EL TUBO 6AK5 SU VALOR EN FRÍO ES 4.1 UUF EN TANTO QUE EN CONDUCCIÓN ES 5,3 UUF, SE TENDRÁ POR TANTO :

$$\begin{aligned} C \text{ TOTAL} &= C \text{ ENT.} + C \text{ SALIDA} + C_w \\ &= (5,3 + 2,1 + 5) \text{ pF} = 12,4 \text{ pF.} \end{aligned}$$

$$C \text{ TOTAL} = 12,4 \text{ pF.}$$

CON ESTE VALOR Y APLICANDO LA ECUACIÓN 1 -10 SE TIENE :

$$G \times B^{\circ} = \frac{GM}{2\pi C_{\text{TOT.}}} = \frac{5.100 \text{ UMHOS}}{2\pi \times 12,4 \times 10^{-12}} = 77,9 \text{ Mc}$$

$$G \times B = 77,9 \text{ Mc.}$$

4 - 1 - 3-1 .- ELECCION DE LA COMBINACION DE ETAPAS

=====

PARA EFECTUAR ESTA ELECCIÓN SE HA ELABORADO EL GRÁFICO DE WIGHTMAN -

(FIG. 4 - 4), EN QUE CONSTAN LAS DIFERENTES COMBINACIONES DE ETAPAS Y SU VARIACIÓN DE GANANCIA EN DB CON RELACIÓN AL ANCHO DE BANDA.

PARA REALIZAR ESTA ELECCIÓN SE PARTE DEL CONCEPTO DE FACTOR DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA (FGB), EL MISMO QUE RELACIONA EL VALOR DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA DE CUALQUIER ARREGLO DE ETAPAS, CON RESPECTO AL MISMO PRODUCTO DE UNA ETAPA DE SINTONÍA SIMPLE; VIENE ESTO DE LA SIGUIENTE FÓRMULA (REFERENCIA Nº 25):

$$FGB = \frac{(A_{TOT})^{1/N}}{GM / 2\pi C} \times B_{TOT}. \quad (4-1)$$

DE DONDE :

$$A_{TOT} = \left[\frac{FGB}{B_{TOT}} (GM / 2\pi C) \right]^n$$

POR TANTO :

$$\text{GANANCIA DE } A_{TOT} \text{ EN DB} = 20 \log \left(\frac{FGB}{B_{TOT}} (GM / 2\pi C) \right)^n$$

GANANCIA EN DB:

$$= 20n \log FGB - 20n \log \left(\frac{B_{TOT}}{GM / 2\pi C} \right) \quad (4-2)$$

EN DONDE :

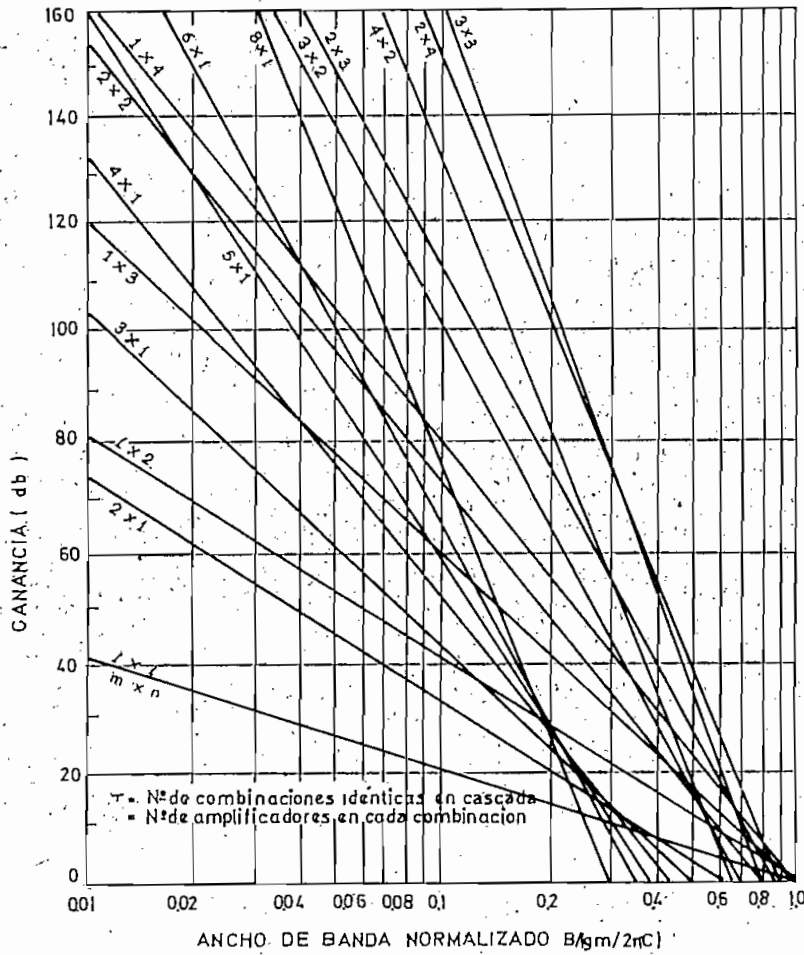
A_{TOT} = LA RELACIÓN DE GANANCIA DE CUALQUIER COMBINACIÓN DE ETAPAS.

B_{TOT} = EL ANCHO DE BANDA TOTAL

$Gm/2\pi C$ = EL PRODUCTO DE GANANCIAS POR ANCHO DE BANDA DE UNA ETAPA DE SINTONIA SIMPLE.

EL ANCHO DE BANDA NORMALIZADO QUE SE REQUIERE PARA EMPLEAR EN EL GRÁFICO, SE OBTIENE PARTIENDO DEL ANCHO DE BANDA REQUERIDO EN EL AMPLIFICADOR, EN NUESTRO CASO ES DE 6 Mc, Y DIVIDIENDO ÉSTE PARA EL VALOR DE $Gm / 2\pi C$ DEL TUBO, INCLUYENDO LA CAPACIDAD C_w ; EL VALOR DE $Gm / 2\pi C$ PARA EL TUBO 6AK5 A UTILIZARSE ES DE 77.9 Mc.

FIG. 4-4.



PRODUCTO DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA PARA DIFERENTES COMBINACIONES DE ETAPAS

TODAS LAS CURVAS DE LA FIGURA 4 - 4 QUE CRUZAN LA VERTICAL DE 0.077 SOBRE EL VALOR DE 35 SE CUMPLIRÁN CON LOS REQUERIMIENTOS.

LAS CURVAS MÁS CERCANAS SON :

| | | | | | |
|---|---|------|--------------------------------------|---|--------|
| 4 | x | 1; 4 | ETAPAS IDÉNTICAS | 4 | TUBOS |
| 5 | x | 1; 5 | ETAPAS IDÉNTICAS | 5 | TUBOS |
| 6 | x | 1; 6 | ETAPAS IDÉNTICAS | 6 | TUBOS |
| 1 | x | 3; 1 | ETAPA DE TRIPLE ESCALONADO | 3 | TUBOS |
| 8 | x | 1; 8 | ETAPAS IDÉNTICAS | 8 | TUBOS |
| 2 | x | 2; 2 | ETAPAS DE ESCALONAMIENTO DOBLE | 4 | TUBOS. |

4 - 1 - 3 - 2 . - LAMENOR CANTIDAD DE TUBOS

SE OBSERVA QUE EL TRIPLE ESCALONADO ES EL QUE REQUIERE LA MENOR CANTIDAD DE TUBOS PARA EL CASO QUE NOS OCUPA, SIN EMBARGO PUEDE QUE ESTA NO SEA LA MEJOR ELECCIÓN A REQUERIMIENTOS DE MEJOR RELACIÓN DE SELECTIVIDAD (VER CAPÍTULO II, SECCIÓN 2 - 2 - 1), ADEMÁS EN LA PRÁCTICA CONVIENE DEJAR UN MÁRGEN DE SEGURIDAD DEBIDO A LA VARIABILIDAD DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL TUBO, RAZÓN POR QUE RESULTA CONVENIENTE LA COMBINACIÓN DE 2 X 2 ETAPAS.

4 - 1 - 3 - 3 .- RELACION DE SELECTIVIDAD

LA RELACIÓN DE SELECTIVIDAD PARA M ETAPAS IDÉNTICAS EN CASCADA VIENE DADA POR LA SIGUIENTE RELACIÓN : (REFERENCIA Nº 26).

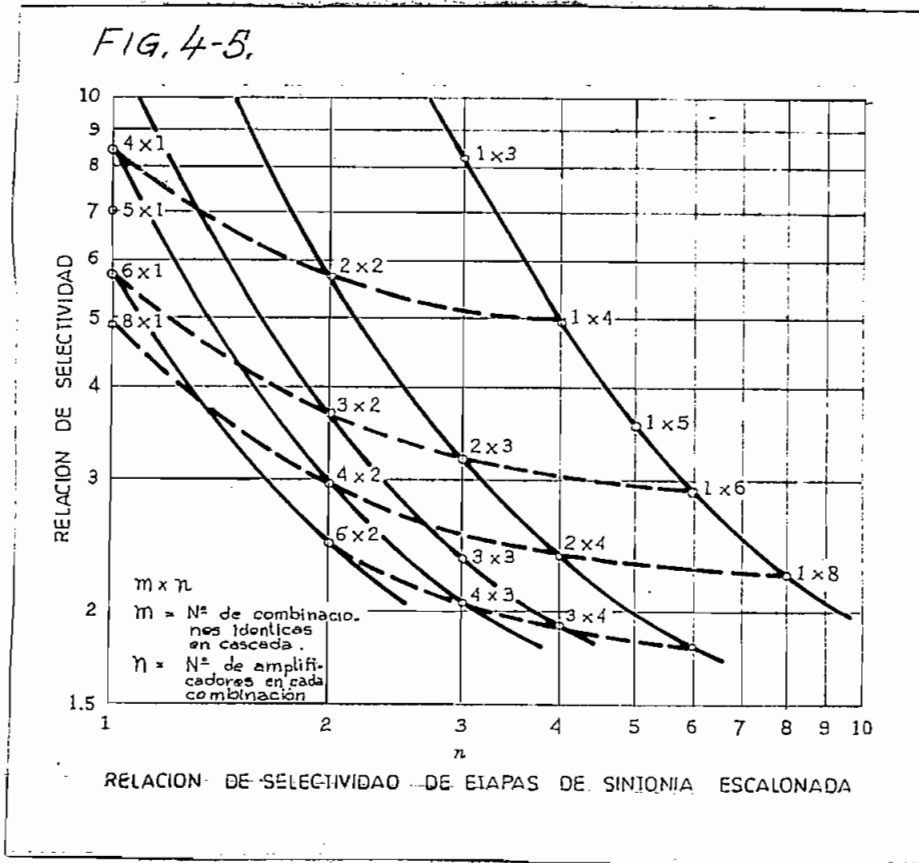
$$\frac{X_A}{X_B} = \sqrt{\frac{M \sqrt{10 - 1}}{M \sqrt{4 - 1}}}$$

(4 - 3)

EN DONDE :

X_A = ANCHO DE BANDA PARA 6-DB.

X_B = ANCHO DE BANDA PARA 60-DB.



TENIENDO M IDÉNTICAS ETAPAS DE N ESCALONAMIENTOS CADA UNA, COLOCADAS EN CASCADA (PARA EL CASO DE SINTONÍA ESCALONADA), SE TIENE LA SIGUIENTE RELACIÓN :

$$\frac{X_A}{X_B} = \sqrt{\frac{2N \sqrt{\frac{M}{10^6} - 1}}{\frac{M}{\sqrt{4}} - 1}} \quad (4 - 4)$$

TENIENDO LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE ESTAS ECUACIONES EN LA FIGURA Nº 4 - 5 , SE PUEDE APRECIAR LA VENTAJA QUE PRESENTA LAS DIFERENTES COMBINACIONES.

HABIENDO REALIZADO LA ELECCIÓN DE LA COMBINACIÓN DE ETAPAS QUE CUMPLE CON LA CONDICIÓN DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA, SE VERÁ AHORA LA RELACIÓN DE SELECTIVIDAD DE LAS MISMAS, OBTENIENDO ESTO DE LA FIGURA Nº 4 - 5.

| M x N | RELACIÓN DE SELECTIVIDAD |
|-------|--------------------------|
| 4 x 1 | 8, 3 |
| 5 x 1 | 7 |
| 6 x 1 | 5, 7 |
| 1 x 3 | 8, 2 |
| 8 x 1 | 4, 9 |
| 2 x 2 | 5, 7 |

VIENDO LOS REQUERIMIENTOS DEL AMPLIFICADOR A CONSTRUIRSE, SE ELIMINARÁ LA POSIBILIDAD DE LA COMBINACIÓN DE 8 x 1 QUE ES LA QUE TIENE LA MEJOR RE-
/.....

LACIÓN DE Δ SELECTIVIDAD, DEBIDO A LA CANTIDAD DE TUBOS; TENIENDO ADEMÁS QUE LA COMBINACIÓN DE 2 X 2 CUYA RELACIÓN ES 5.7, POSEE COMO VENTAJA ADICIONAL, - EL TENER SOLO DOS ETAPAS IDÉNTICAS PARA CONSTRUIR, SIENDO IGUALMENTE FÁCIL REALIZAR LOS AJUSTES.

4 - 2 .-- CALCULO DEL AMPLIFICADOR DE SINTONIA ESCALONADA

HABIENDO HASTA AHORA ENCONTRADO QUE LA COMBINACIÓN DE 2 ETAPAS EN CADA DE PARES SINTONIZADOS CUMPLE CON LOS REQUISITOS DEL AMPLIFICADOR PROPUESTO, SE PROCEDERÁ AL DISEÑO DEL PAR SINTONIZADO.

TENIENDO EL ANCHO DE BANDA DE 8 A 14 Mc SE VERÁ PRIMERO LA FRECUENCIA CENTRAL F_0 .

SIENDO UNA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE UN AMPLIFICADOR DE BANDA ANCHA, SU SIMETRÍA GEOMÉTRICA (REFERENCIA Nº 25) SE TIENE QUE :

$$\frac{F_1}{F_0} = \frac{F_0}{F_2}$$

POR LO TANTO :

$$F_0 = \sqrt{F_1 \times F_2}$$

$$F_0 = \sqrt{8 \times 14} \text{ Mc} = 10.6 \text{ Mc.}$$

$$F_0 = 10,6 \text{ Mc.}$$

...../.....

CUANDO SE INCREMENTAN LAS ETAPAS EN CASCADA, DISMINUYE EL ANCHO DE BANDA NOMINAL (REFERENCIA N^o 27), POR TANTO DE LA TABLA 4 - 5 DEL TEXTO "AMPLIFICADORES DE TUBOS" DE VALLEY Y WALLMAN SE VE QUE EL VALOR NOMINAL DEL ANCHO DE BANDA B SE DEBE DIVIDIR POR EL FACTOR DE 0.80, POR TANTO :

$$B_{\text{REAL}} = B_{\text{NOMINAL}} / 0.80$$

$$B_{\text{REAL}} = 6 \text{ Mc} / 0.80 = 7.5 \text{ Mc.}$$

$$B_{\text{REAL}} = 7.5 \text{ Mc}$$

UTILIZANDO LOS DATOS DE LA TABLA N^o 3 - 2 Y EL GRÁFICO N^o 3 - 14 SE PROCEDERÁ AHORA A ENCONTRAR LOS VALORES DE LAS FRECUENCIAS CENTRALES f_{01} Y f_{02} DEL PAR ESCALONADO.

SE ENCONTRARÁ PRIMERO EL VALOR DE $\delta = B/f_0$

$$\delta = 7.5 / 10.6 = 0.704$$

CON ESTE VALOR SE OBTIENE DEL GRÁFICO N^o 3 - 14, LOS VALORES DE α Y

D :

$$\alpha = 1.29$$

$$D = 0.48$$

EL VALOR DE α DETERMINA f_{01} Y f_{02} QUE SON LAS DOS FRECUENCIAS DE

...../.....

SINTONÍA DEL PAR ESCALONADO, DE LA SIGUIENTE MANERA :

$$F_{0_1} = F_0/d = 10.6 \text{ Mc} / 1.29 = 8.21 \text{ Mc.}$$

$$F_{0_1} = 8.21 \text{ Mc.}$$

$$F_{0_2} = F_0 \cdot d = 10.6 \times 1.29 = 13.65 \text{ Mc.}$$

$$F_{0_2} = 13.65 \text{ Mc.}$$

Y EL VALOR DE "D" LLAMADO "FACTOR DE DISIPACIÓN", DETERMINA EL ANCHO DE BANDA DE CADA ESCALONAMIENTO, DE LA SIGUIENTE MANERA :

$$B_1 = F_{0_1} \times D = 8.21 \text{ Mc} \times 0.48 = 3.94 \text{ Mc}$$

$$B_1 = 3.94 \text{ Mc}$$

$$B_2 = F_{0_2} \times D = 13.65 \times 0.48 = 6.55 \text{ Mc}$$

$$B_2 = 6.55 \text{ Mc.}$$

SE PUEDE AHORA ENCONTRAR EL VALOR DE LAS RESISTENCIAS DE CARGA DE CADA ETAPA, PARTIENDO DE LA RELACIÓN (1 - 9), $B = 1/2 \pi RC$, EN LA CUAL SE TOMA EN CONSIDERACIÓN LOS ANCHOS DE BANDA PARCIALES Y SIENDO C EL VALOR DE LA CAPACIDAD DEL TUBO A UTILIZARSE, TENIENDO POR TANTO :

$$R_1 = \frac{1}{2 \pi B_1 C} = \frac{1}{2 \pi \times 3.94 \times 10^6 \times 12.4 \times 10^{-12}}$$

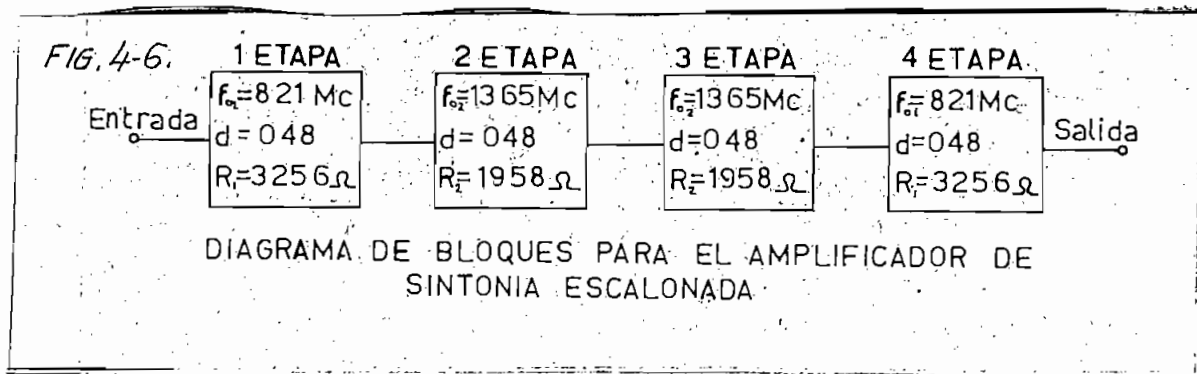
$$R_1 = 3.256 \text{ OHMIOS}$$

.../...

$$R_2 = \frac{1}{2 \pi B_2 C} = \frac{1}{2 \pi \times 6.55 \times 10^6 \times 12.4 \times 10^{-12}}$$

$$R_2 = 1.958 \text{ OHMIOS}$$

EL DIAGRAMA DE BLOQUES DEL AMPLIFICADOR QUE SE ESTÁ CALCULANDO SE INDICA EN LA FIG. 4-6.



EL ORDEN EN EL QUE SE COLOCAN LAS DIFERENTES ETAPAS NO TIENE MAYOR SIGNIFICACIÓN PARA LA RESPUESTA.

SE PROCEDERÁ AHORA A ENCONTRAR EL VALOR DE LAS BOBINAS DE SINTONÍA PARA CADA UNA DE LAS ETAPAS. PARA ESTO SE TOMARÁ EN CUENTA LAS FRECUENCIAS CENTRALES DE CADA ETAPA Y EL VALOR DE LA CAPACIDAD DEL TUBO, DE LA SIGUIENTE MANERA :

$$L_1 = \frac{1}{(2 \pi f_{o1})^2 C_{TOT}} = \frac{1}{(2 \pi)^2 (8.21 \times 10^6)^2 (12.4 \times 10^{-12})}$$

$$L_1 = 30 \text{ uH.}$$

$$L_2 = \frac{1}{(2\pi f_{o_2})^2 C_{TOT}} = \frac{1}{(2\pi)^2 (13.65 \times 10^6)^2 (12.4 \times 10^{-12})}$$

$$L_2 = 10.2 \text{ uH}$$

HABIENDO ASÍ ENCONTRADO LOS DIFERENTES PARÁMETROS QUE ENTRARÁN EN LA CONSTRUCCIÓN DEL AMPLIFICADOR, SE PRESENTA EN 4 - 2 - 1 UN CUADRO DE ESTOS VALORES. SIENDO LA COMBINACIÓN DE 2 X 2 ETAPAS, SE TENDRÁ DOS JUEGOS DE VALORES, UNO PARA LA ETAPA QUE TIENE UNA FRECUENCIA CENTRAL f_{o_1} Y OTRA CON LA FRECUENCIA CENTRAL f_{o_2} .

LOS CONDENSADORES DE PASO COLOCADOS ENTRE LOS DIFERENTES ELEMENTOS, SE HAN COLOCADO PARA EVITAR REALIMENTACIÓN, FENÓMENO ESTE QUE SE ANALIZA EN EL ÚLTIMO CAPÍTULO.

4 - 2 - 1 .-- DATOS DEL AMPLIFICADOR A CONSTRUIRSE

$$G = 35 \text{ DB}$$

$$B = 6 \text{ Mc (DE 8 A 14 Mc)}$$

$$f_o = 10.6 \text{ Mc.}$$

COMBINACIÓN DE 2 X 2 ETAPAS :

$$B \text{ REQUERIDO} = 7.5 \text{ Mc.}$$

B \rightarrow *Capítulo*

MILLER, LA MISMA QUE PUEDE TENER SIGNO POSITIVO O NEGATIVO.

ESTA RESISTENCIA, MEDIDA EN EL TANQUE RESONANTE DEL CIRCUITO DE GRILLA ES POSITIVA PARA UN TUBO CUYO CIRCUITO DE PLACA ESTÁ SINTONIZADO A UNA FRECUENCIA MÁS BAJA QUE EL CIRCUITO DE GRILLA, SIENDO NEGATIVA EN EL CASO OPUESTO.

EN EL RANGO DE LOS 200 Mc, ESTE EFECTO TIENE GRAN INFLUENCIA DEBIDO A LA CAPACIDAD PLACA - GRILLA.

POR LO ANTERIORMENTE EXPUESTO SE VE QUE ESTAS RESISTENCIAS ADICIONALES NO INCIDIRÁN MAYORMENTE EN EL FUNCIONAMIENTO DEL AMPLIFICADOR PROPUESTO.

CON TODOS LOS DATOS OBTENIDOS SE PROCEDERÁ A CONSTRUIR EL AMPLIFICADOR, DE ACUERDO AL CIRCUITO DE LA FIGURA Nº 4 -7, SU EFICIENCIA Y LAS RESPECTIVAS CURVAS DE RESPUESTA SE ANALIZARÁN EN EL SIGUIENTE CAPÍTULO.

4 - 3 .- ARMADO DEL EQUIPO

PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LOS EQUIPOS DISEÑADOS EN EL PRESENTE CAPÍTULO SE HAN SEGUIDO LAS NORMAS RECOMENDADAS PARA EL EFECTO, LAS MISMAS QUE SE PUEDEN ENUMERAR DE LA SIGUIENTE MANERA :

.../...

COMPROBACIONES DE LABORATORIO

5 - 1 .- RESPUESTA DE UNA ETAPA DE SINTONIA SIMPLE

HABIENDO REALIZADO LA CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO AMPLIFICADOR DE SINTONÍA SIMPLE, DE ACUERDO AL CÁLCULO REALIZADO EN EL CAPÍTULO ANTERIOR, FOTOGRAFÍAS DEL EQUIPO SE INDICAN EN LAS FIGURAS NOS. 5 - 1 Y 5 - 2 .

PARA LAS CORRESPONDIENTES MEDICIONES DE RESPUESTA DE FRECUENCIA, SE EMPLEÓ EL SIGUIENTE EQUIPO, EXISTENTE EN EL LABORATORIO DE ELECTRÓNICA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.

| <u>EQUIPO</u> | <u>MARCA</u> | <u>MODELO</u> |
|--|------------------|---------------|
| FUENTE DE PODER PARA PLACA | OLTRONIX | LS - 115 |
| FUENTE DE PODER PARA GRILLA PANTALLA | HEATKIT | IP - 32 |
| FUENTE DE PODER PARA GRILLA DE CONTROL | OLTRONIX | G25 - 5 |
| GENERADOR DE ONDA SENOIDAL | ADVANCE | E - 2 |
| OSCILOSCOPIO | HEWELT - PACKARD | 140 - A |

SE PROCEDIÓ A REALIZAR LOS AJUSTES CORRESPONDIENTES PARA TENER LA CURVA DE RESPUESTA, CENTRADA A LA FRECUENCIA DE RESONANCIA $f_0 = 10.7 \text{ Mc}$.

.../...

$$\delta = 0.704$$

DATOS Y VALORES DE LAS DOS ETAPAS :

| | D | α | B | F ₀ | C | R | L. |
|-------------------|------|----------|--------|----------------|--------|----------------|---------|
| PRIMER ESCALÓN .- | 0.48 | 1.29 | 3.94Mc | 8.21Mc | 12.4pF | 3.256 Ω | 30.3uH |
| SEGUNDO ESCALÓN.- | 0.48 | 1.29 | 6.55Mc | 13.65Mc | 12.0pF | 1.958 Ω | 10.2 uH |

EL CIRCUITO COMPLETO CON TODOS LOS VALORES CALCULADOS SE ENCUENTRA -
REPRESENTADO EN LA FIGURA N^o 4 - 7

4 - 2 - 2 .- DATOS CON RELACION A LOS ELEMENTOS

CONDENSADORES .- ES PREFERIBLE UTILIZAR CONDENSADORES TIPO BOTÓN, -
LOS MISMOS QUE TIENEN UN ALTO VALOR DE Q., O SEA -
QUE RECHAZAN O DEJAN PASAR AQUELLAS FRECUENCIAS PARA LAS CUALES HAN
SIDO CALCULADOS.

BOBINAS .- LAS BOBINAS DE SINTONÍA DE CADA UNA DE LAS ETAPAS ES CON
VENIENTE HACERLAS SINTONIZABLES, PARA ASÍ COMPENSAR LA -
VARIACIÓN QUE PUEDEN TENER LAS CAPACIDADES INTERELECTRÓDICAS EN LOS
TUBOS.

SE PUEDE LOGRAR ESTA VARIACIÓN, CONSTRUYENDO LAS BOBINAS SOBRE TUBOS
DE BAQUELITA, EN CUYO INTERIOR SE PUEDE HACER VARIAR LA PERMEABILIDAD CON UNA

PLAQUITA DE COBRE QUE SE MUEVA PERPENDICULARMENTE AL EJE DE LA BOBINA.

PARA EL CÁLCULO DE LAS BOBINAS, SE HAN SEGUIDO LOS PROCEDIMIENTOS -
INDICADOS EN EL LIBRO "RADIOTRON HAND BOOK" DE LA RCA.

RESISTENCIAS.- SE DEBE INDICAR QUE PARA LAS FRECUENCIAS ELEVADAS -
LAS RESISTENCIAS CALCULADAS, NO SON IGUALES EN VALOR
REAL A LAS RESISTENCIAS DE CARGA, DEBIDO ESTO A QUE A FRECUENCIAS -
TAN ELEVADAS (EN EL RANGO DE 200 Mc O MÁS) APARECEN EN PARALELO -
CON LA RESISTENCIA DE CARGA REAL, OTROS TRES TIPOS DE RESISTENCIAS,
DEBIDO A LOS SIGUIENTES EFECTOS (REFERENCIA Nº 28) :

- 1.- EL EFECTO DE " TIEMPO DE TRÁNSITO "
- 2.- EL EFECTO DE INDUCTANCIA DE ENTRADA DE CÁTODO, Y
- 3.- EL EFECTO "MILLER" DE REALIMENTACIÓN A TRAVÉS DE LA CAPACIDAD
DE GRILLA - PLACA DESDE LOS CIRCUITOS DE PLACA.

LAS DOS PRIMERAS DE ESTAS RESISTENCIAS SON DE SIGNO POSITIVO, EN LOS
AMPLIFICADORES AQUÍ TRATADOS Y VARÍAN INVERSAMENTE CON EL CUADRADO DE LA FRE-
CUENCIA (PARA EL TUBO 6AK5 EL EFECTO DE ESTAS DOS RESISTENCIAS A LOS 30Mc ES
DE 100 K OHMIOS Y SU EFECTO ES DESPRECIABLE A ESA FRECUENCIA. SIN EMBARGO, A
LOS 200 Mc LA RESISTENCIA ES DE 2K OHMIOS, SIENDO AHORA SI NOTORIO SU EFECTO.)

LA MÁS IMPORTANTE DE LAS TRES, ES LA RESISTENCIA DEBIDO AL EFECTO -

- A) ESTUDIAR LA MEJOR DISTRIBUCIÓN DE LOS ELEMENTOS TRATANDO DE -
QUE FACILITE LA OPERACIÓN DEL EQUIPO Y QUE EL AJUSTE Y MANTE-
NIMIENTO DEL MISMO NO OFRESCA DIFICULTAD.

- B) DISEÑAR EL CHASIS, CON LAS CONSIDERACIONES INDICADAS EN EL PUN
TO A.

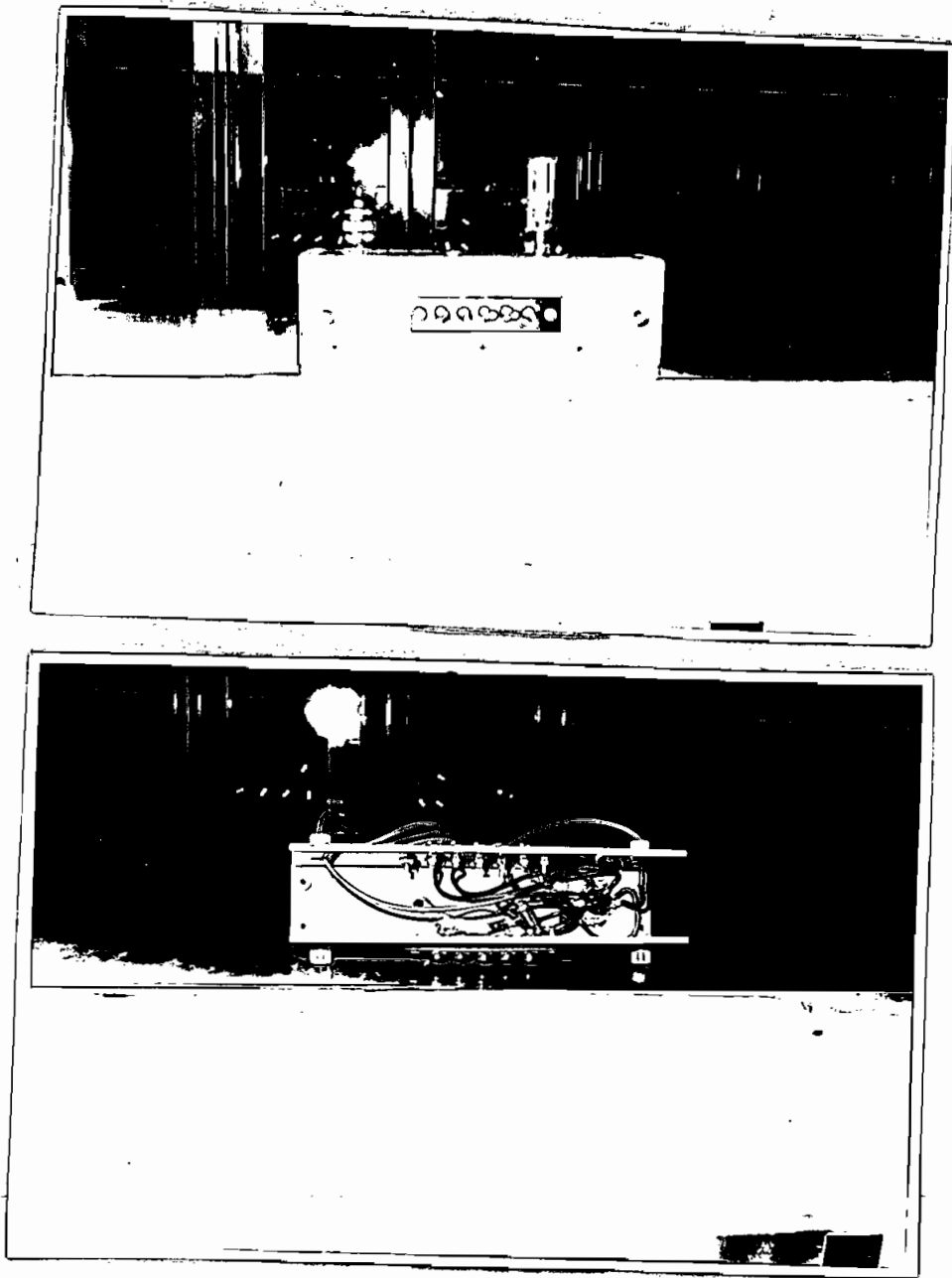
- C) PROCEDER AL MONTAJE DE LOS ELEMENTOS ASEGURANDO UNA BUENA DIS
TRIBUCIÓN DE SOPORTES DE INTERCONECCIÓN Y PUNTOS DE TIERRA PA
RA EL CIRCUITO.

- D) LAS VÁLVULAS SE MONTARÁN EN LA PARTE SUPERIOR DEL CHASIS, ASE
GURANDO UNA FÁCIL COMPROBACIÓN DE LAS MISMAS.

- E) LAS BOBINAS SERÁN COLOCADAS CON LA SUFICIENTE SEPARACIÓN, O -
SUS EJES SE ORIENTARÁN PERPENDICULARMENTE CON EL FÍN DE EVITAR
EFECTOS DE INTERACCIÓN ENTRE LAS DIFERENTES ETAPAS.

- F) LOS CABLES DE INTERCONECCIÓN SERÁN LO MÁS CORTOS POSIBLE, CON
EL AFÁN DE ELIMINAR AL MÁXIMO LAS CAPACIDADES PARÁSITAS DEL CIR
CUITO.

C A P I T U L O V



FIGS. 5 - 1 y 5 - 2 .- FOTOGRAFIA FRONTAL E INFERIOR DEL AMPLIFICADOR DE SINTONIA SIMPLE.

PARA LOGRAR ESTO FUÉ NECESARIO DISMINUIR LA INDUCTANCIA DE SALIDA - AL VALOR DE 5,6 UH YA QUE LA CAPACIDAD TOTAL DE SALIDA DEL CIRCUITO, HABÍA SUBIDO AL VALOR DE $C = 40,2$ PF, CUMPLIENDO DE ESTA MANERA LA SIGUIENTE ECUACIÓN:

$$L = \frac{1}{\omega_0^2 \cdot C}$$

IGUALMENTE SE HACE NECESARIO CALCULAR EL VALOR APROPIADO DE RESISTENCIA DE CARGA, PARA ESTE NUEVO VALOR DE CAPACIDAD, TENIENDO POR TANTO DE LA ECUACIÓN No. (1 - 9)

$$B = \frac{1}{2 \pi R C}$$

$$R = \frac{1}{2 \pi \times 6 \times 10^6 \times 40.2 \times 10^{-12}} = 663 \text{ OHMIOS (5 - 1)}$$
$$= 663 \text{ OHMIOS}$$

EN EL COMERCIO SE ENCONTRÓ EL VALOR MÁS CERCANO DE RESISTENCIA DE 690 OHMIOS.

CON ESTOS VALORES SE OBTUVO LA CURVA DE RESPUESTA DE FRECUENCIA, LA MISMA QUE SE REPRESENTA EN LA FIGURA N^o 5-3. SE OBSERVA QUE TIENE LA CONFIGURACIÓN TÍPICA DE RESPUESTA DE UN TANQUE SINTONIZADO, TENIENDO ADEMÁS UN APRECIABLE VALOR DE GANANCIA PARA LAS FRECUENCIAS MEDIAS.

.../.....

POR OTRO LADO, EL ANCHO DE BANDA OBTENIDO SE APROXIMA AL VALOR PRO-
PUESTO DE 6 Mc (DE 8 A 14 Mc) SIENDO ÉSTE UN VALOR APRECIABLE, TENIENDO EN
CONSIDERACIÓN QUE LA SINTONÍA SIMPLE ES LA FORMA MÁS ELEMENTAL DE OBTENER BAN-
DA ANCHA, RAZÓN POR LA QUE NO ES UTILIZADA PARA FINES PRÁCTICOS.

PARA ESTAS MEDICIONES SE ENCONTRARON LOS MEJORES RESULTADOS CON LOS
SIGUIENTES VALORES DE POLARIZACIÓN :

POLARIZACION

V.O.L.T.A.J.E

PLACA (+ B)

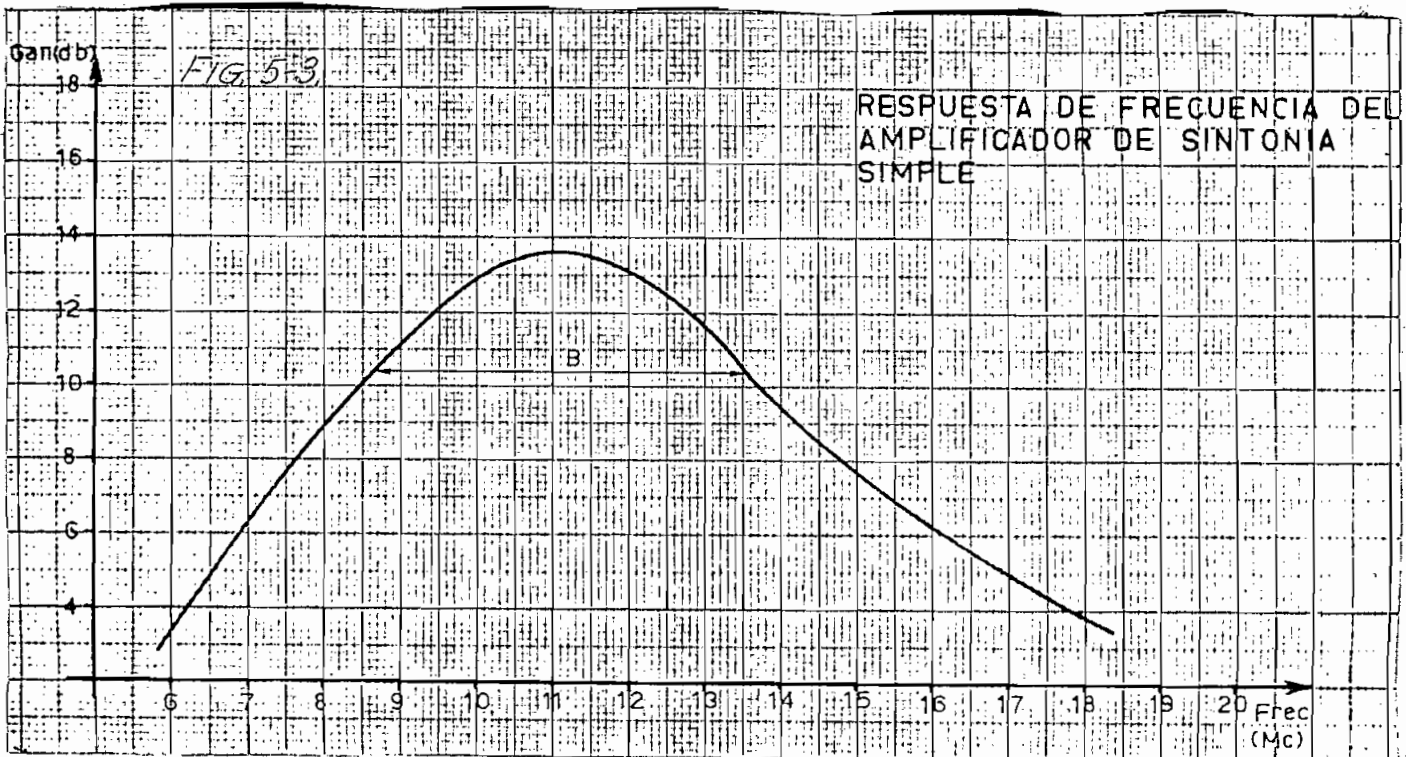
+ 170 VDC

PANTALLA(+ Esg)

+ 120 VDC

V. GRILLA(- Ec)

- 3 VDC



5 - 1 - 1 .- PRODUCTO DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA DEL AMPLIFICADOR DE

SINTONIA SIMPLE

DEL GRÁFICO 5 - 3 QUE REPRESENTA LA CURVA DE RESPUESTA DEL AMPLIFICADOR DE SINTONÍA SIMPLE SE PUEDE OBTENER EL PRODUCTO DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA DEL EQUIPO CONSTRUÍDO.

LOS VALDRES OBTENIDOS DE G Y B SON LOS SIGUIENTES :

$$B = (13.7 - 8.5 \text{ Mc}) = 5.2 \text{ Mc.}$$

$$G = 13.6 \text{ DB, O SEA UNA GANANCIA DE VOLTAJE} = 4.79$$

CONSIDERANDO EL VALOR MÁXIMO DE GANANCIA PARA LAS FRECUENCIAS MEDIAS
POR TANTO :

$$G \times B = 4.79 \text{ DB} \times 5.2 \text{ Mc} = 24.9$$

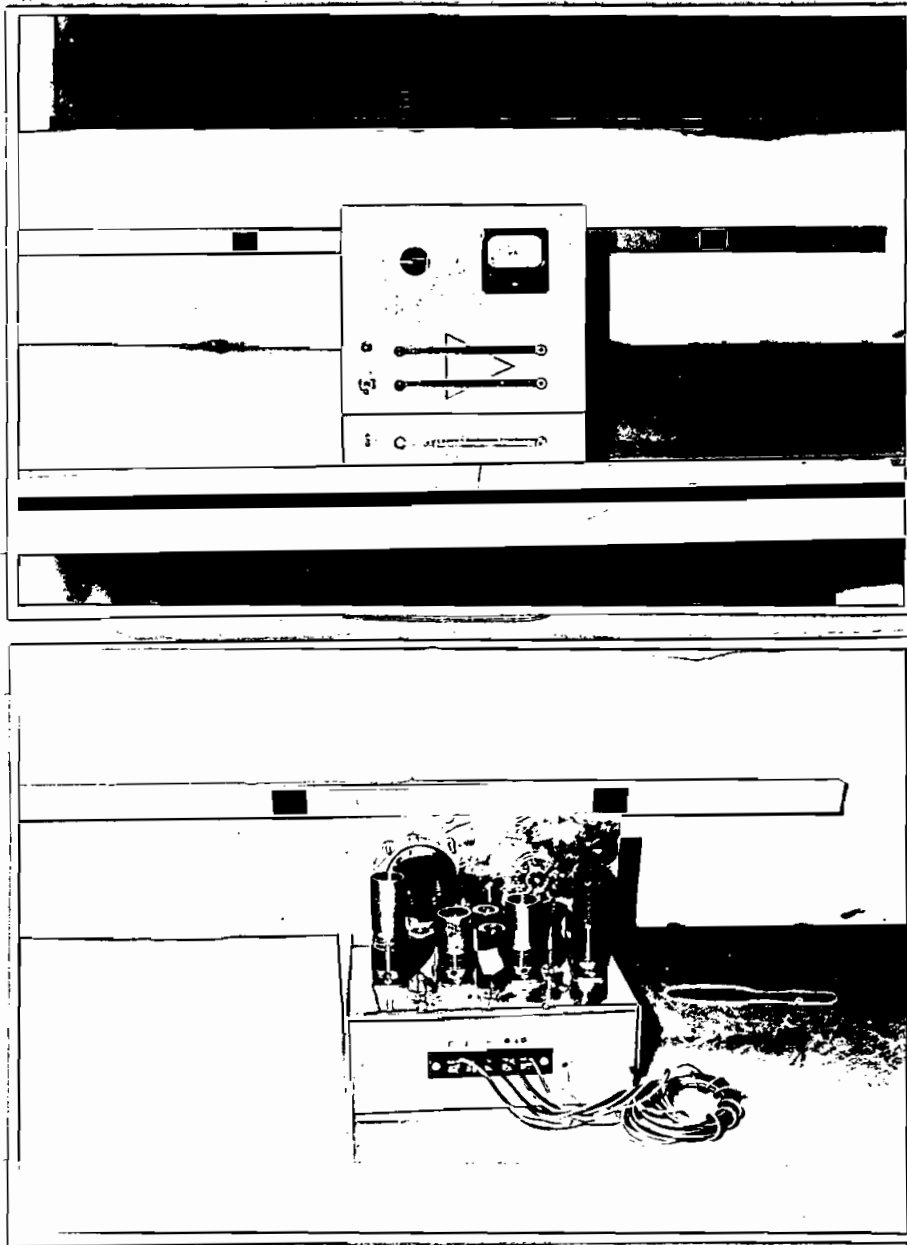
$$(G \times B) \text{ EFECTIVO} = 24.9 \quad (5 - 2)$$

5 - 2 .- RESPUESTA DEL AMPLIFICADOR DE SINTONIA ESCALONADA

IGUALMENTE SE REALIZÓ LA CONSTRUCCIÓN DEL AMPLIFICADOR DE SINTONÍA -
ESCALONADA, EL MISMO QUE SE PRESENTA EN LAS FIGURAS No. 5 - 4 Y 5 - 5.

.... / ...

LAS MEDICIONES FUERON REALIZADAS CON EL MISMO EQUIPO UTILIZADO EN EL
AMPLIFICADOR DE SINTONÍA SIMPLE



FIGS. 5 - 4 y 5 - 5 .- FOTOGRAFÍAS FRONTAL Y POSTERIOR DEL AMPLIFICADOR DE SINTONÍA ESCALONADA

SE PROCEDIÓ IGUALMENTE A REALIZAR LOS AJUSTES CORRESPONDIENTES EN CADA UNA DE LAS ETAPAS, PARA LO CUAL FUE NECESARIO DISMINUIR LOS VALORES DE INDUCTANCIA, EN VISTA DE QUE LAS CAPACIDADES DE CADA UNA DE LAS ETAPAS ES MAYOR QUE EL CÁLCULO EN EL CAPÍTULO ANTERIOR, LO CUAL HACÍA QUE EL PUNTO DE RESONANCIA SEA MENOR QUE EL PREVISTO.

PARA OBTENER UN AJUSTE EXACTO DE LA FRECUENCIA DE RESONANCIA, EN CADA ETAPA SE COLOCÓ UN CONDENSADOR VARIABLE ENTRE PLACA Y TIERRA, TRATANDO DE QUE ÉSTE TENGA EL MENOR VALOR PARA QUE NO OCASIONE DISTORSIÓN EN LA RESPUESTA DE FRECUENCIA.

SE PROCEDIÓ LUEGO A CALCULAR EL VALOR FINAL CON EL QUE QUEDARON LAS BOBINAS E IGUALMENTE DE LAS CAPACIDADES DE CADA UNA DE LAS ETAPAS, OBTENIENDO LOS SIGUIENTES VALORES :

ETAPAS
=====

| | 1A. | 2A. | 3A | 4A |
|---|---------|---------|---------|---------|
| L | 8.8 uH | 3.13 uH | 3.13 uH | 8.8 uH |
| C | 43.2 pF | 43.2 pF | 43.2 pF | 43.2 pF |

DEBIDO AL AUMENTO DE CAPACIDAD TOTAL DE CADA UNA DE LAS ETAPAS SE HIZO NECESARIO CALCULAR NUEVAMENTE LOS VALORES DE RESISTENCIA DE CARGA, APLICANDO LA ECUACIÓN No. (1 - 9)

.../.....

$$R = \frac{1}{2 \pi BC}$$

PARA LAS ETAPAS 1A. Y 4A. CUYO ANCHO DE BANDA ES DE 3.94 Mc., SE TIENE :

$$R = \frac{1}{2 \pi \times 3.94 \times 10^6 \times 43.2 \times 10^{-12}} = 937 \text{ OHMIOS}$$

$$R = 937 \text{ OHMIOS} \quad (5 - 3)$$

PARA LAS ETAPAS 2A. Y 3A. CUYO ANCHO DE BANDA ES DE 6.55 Mc. SE TIENE:

$$R = \frac{1}{2 \pi \times 6.55 \times 10^6 \times 4.32 \times 10^{-12}} = 562 \text{ OHMIOS}$$

$$R = 562 \text{ OHMIOS} \quad (5 - 4)$$

EN EL MERCADO, LOS VALORES MÁS CERCANOS SE ENCONTRÓ 910 Y 560 OHMIOS RESPECTIVAMENTE.

UNA VEZ AJUSTADO EL EQUIPO CON TODOS LOS VALORES INDICADOS, SE PROCEDIÓ A OBTENER LAS CURVAS DE RESPUESTA DE CADA UNA DE LAS ETAPAS, LAS MISMAS QUE SE PRESENTAN EN LAS FIGURAS Nº 5 - 6 Y 5 - 7.

SE OBTUVO LUEGO LAS CURVAS DE RESPUESTA POR PARES DE SINTONÍA ESCALONADA, O SEA DE LA 1A. CON LA 2A. Y DE LA 3A. CON LA 4A. ETAPAS INDEPENDIENTE -

.../....

MENTE, CUYAS CURVAS DE RESPUESTA SE INDICAN EN LAS FIGURAS N^o 5 - 8 Y 5 - 9 RESPECTIVAMENTE.

SE OBTUVO POR FÍN LA CURVA DE RESPUESTA TOTAL DEL AMPLIFICADOR DE SINTONÍA ESCALONADA, LA MISMA QUE SE PRESENTA EN LA FIGURA N^o 5 - 10.

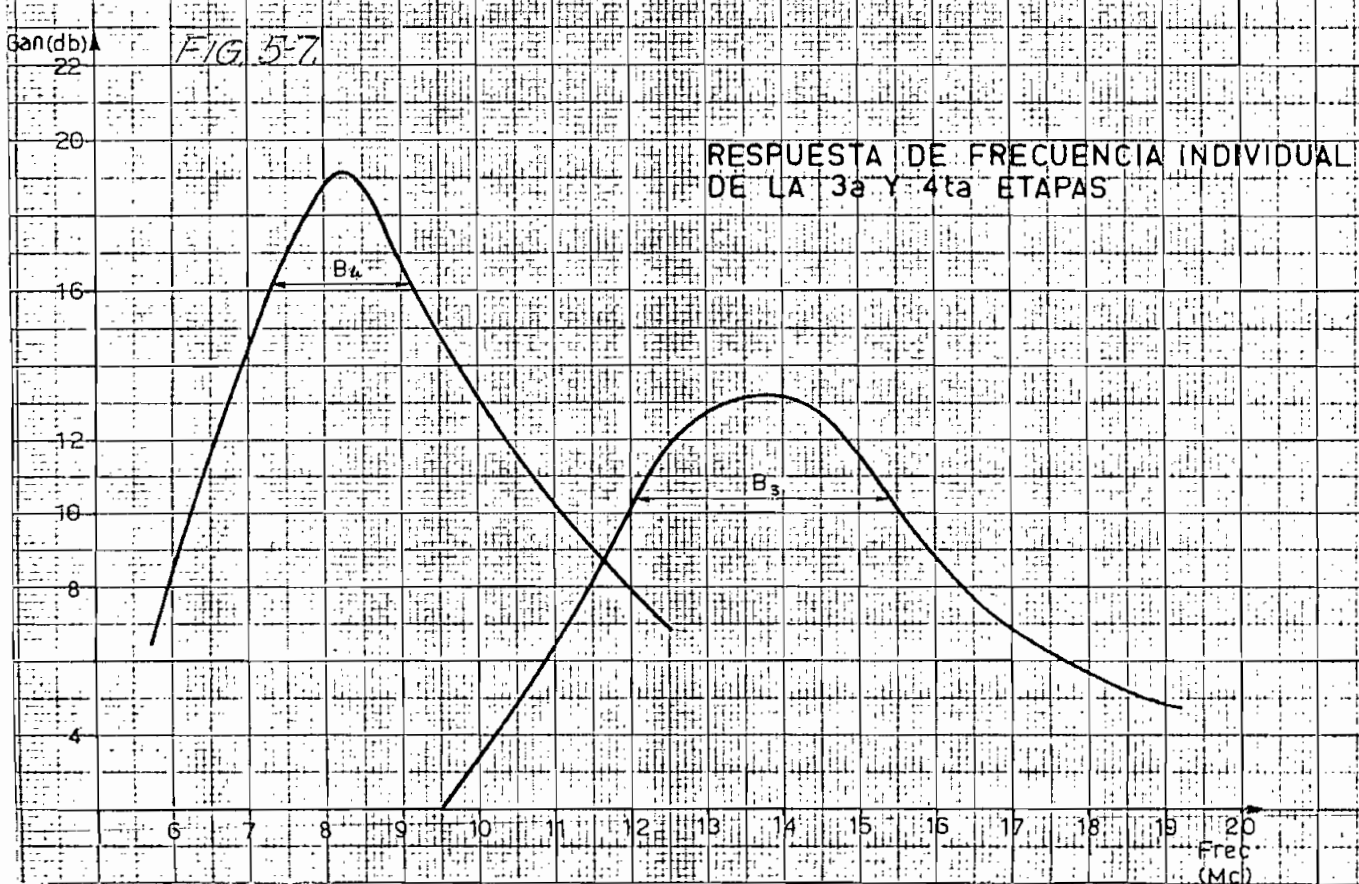
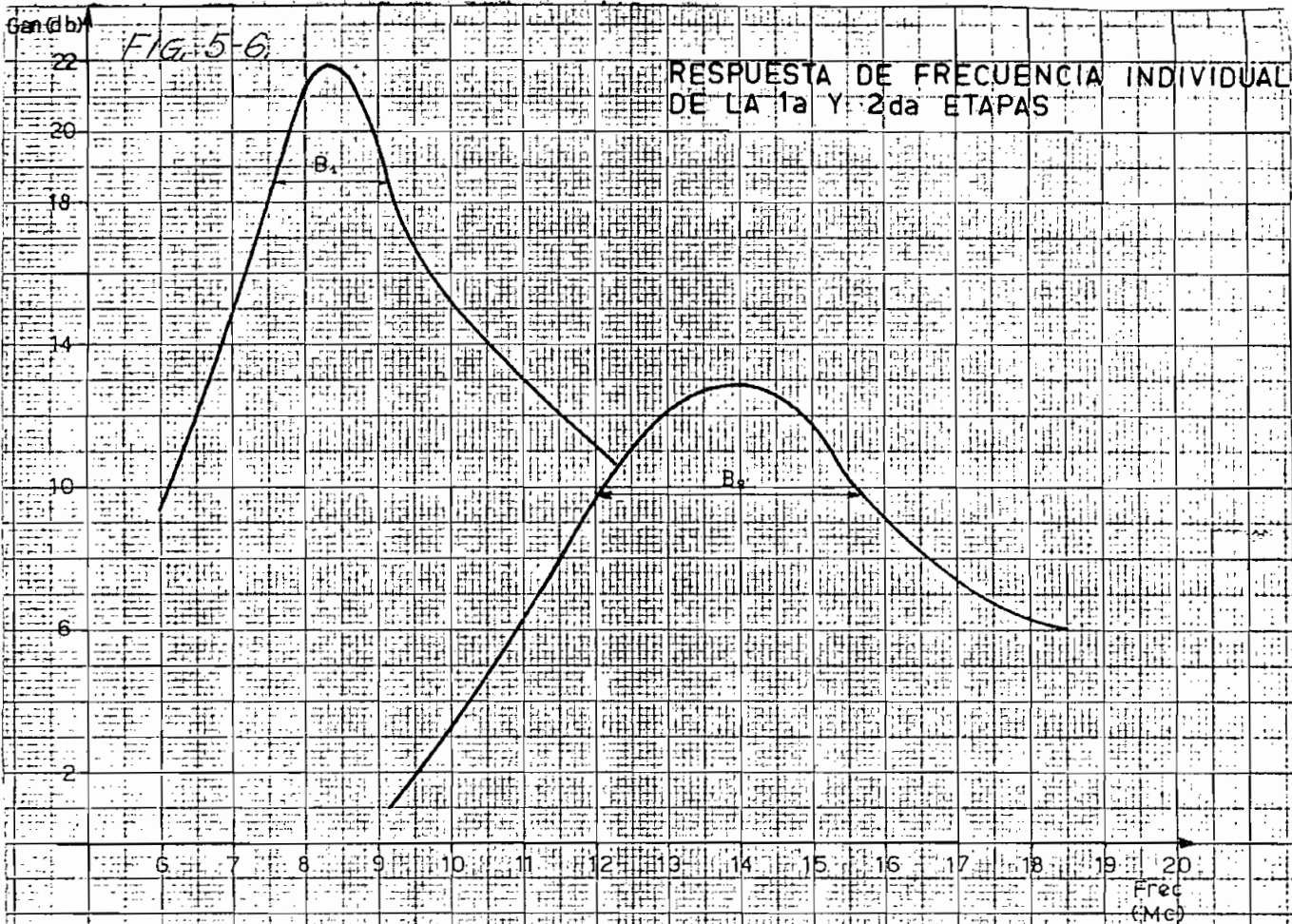
DE ESTA RESPUESTA SE OBSERVA QUE LA GANANCIA OBTENIDA CON SINTONÍA ESCALONADA ES CONSIDERABLE, APLICÁNDOSE EN LA PRÁCTICA PARA CIRCUITOS QUE REQUIERAN DE ALTA GANANCIA. POR OTRO LADO, EL ANCHO DE BANDA PRESENTA MAGNÍFICAS CARACTERÍSTICAS, DEBIDO A QUE CUBRE PERFECTAMENTE EL ANCHO DE BANDA PROPUESTO DE 8 A 14 Mc. TENIENDO UNA BUENA RELACIÓN DE SELECTIVIDAD, O SEA QUE E LIMINA CASI TOTALMENTE LAS FRECUENCIAS ADYACENTES A LA BANDA DESEADA. (VER SEC CIÓN 2 - 1 - 2)

PARA ESTAS MEDICIONES SE ENCONTRÓ QUE LOS MEJORES VALORES DE POLARIZACIÓN PARA EL TRABAJO DEL AMPLIFICADOR SON LOS SIGUIENTES :

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

V O L T A J E

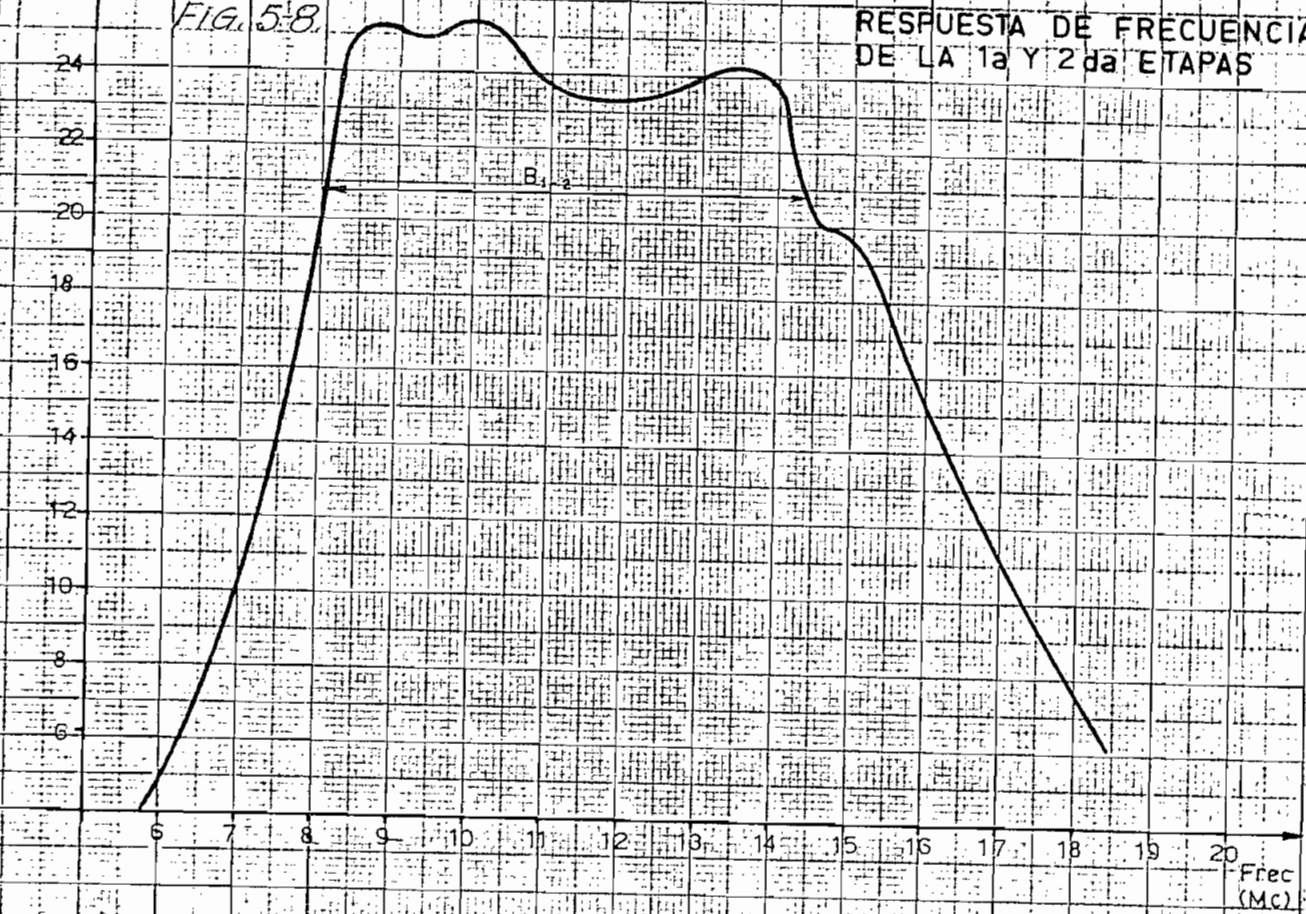
| | |
|--------------------|-----------|
| PLACA (+ B) | + 170 VDC |
| PANTALLA (+ Esg) | + 150 VDC |
| V. GRILLA (- Ec) | - 5 VDC |



Gan(db) ↑

FIG. 5-8.

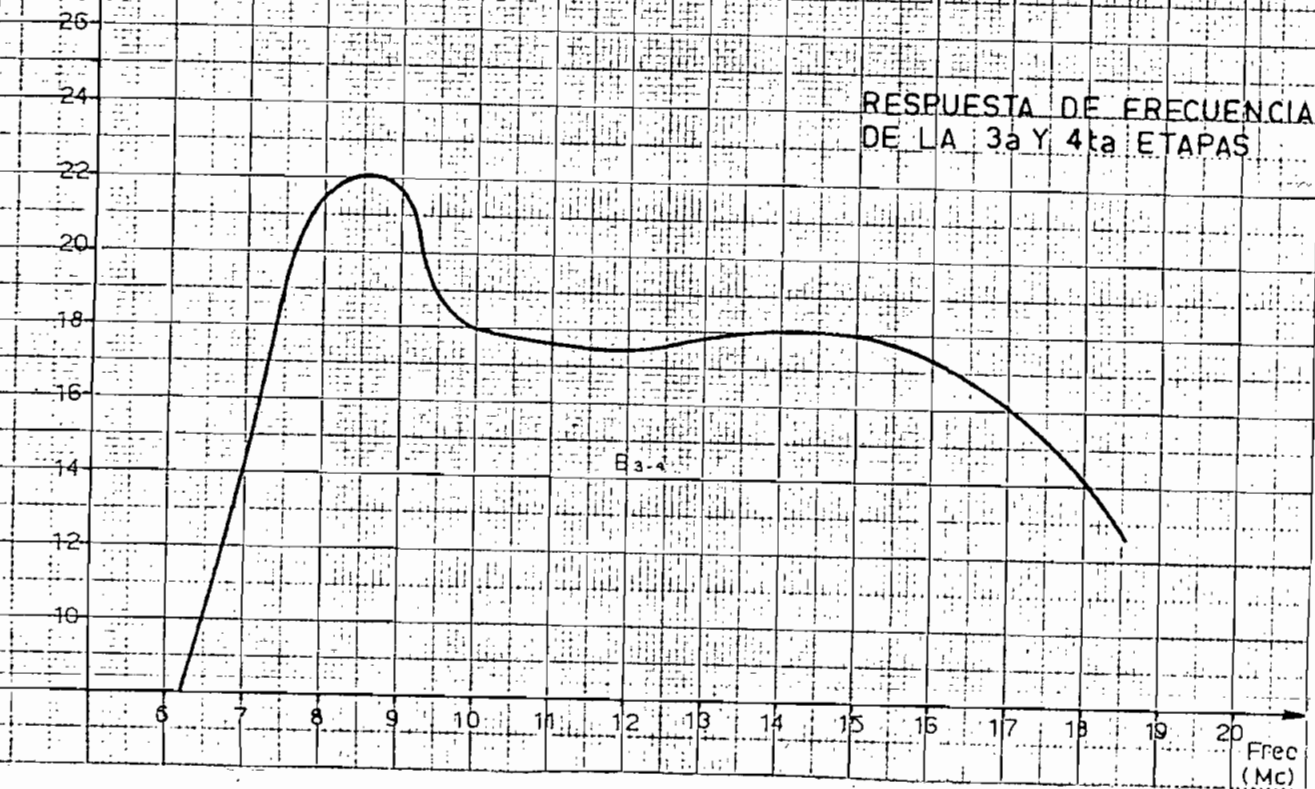
RESPUESTA DE FRECUENCIA DE LA 1ª Y 2ª ETAPAS



Gan(db) ↑

FIG. 5-9.

RESPUESTA DE FRECUENCIA DE LA 3ª Y 4ª ETAPAS



5 - 2 - 1 .- PRODUCTO DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA DEL AMPLIFICADOR DE

SINTONIA ESCALONADA

DEL GRÁFICO 5 - 10 QUE REPRESENTA LA CURVA DE RESPUESTA DEL AMPLIFICADOR DE SINTONÍA ESCALONADA SE PUEDEN OBTENER LOS SIGUIENTES VALORES :

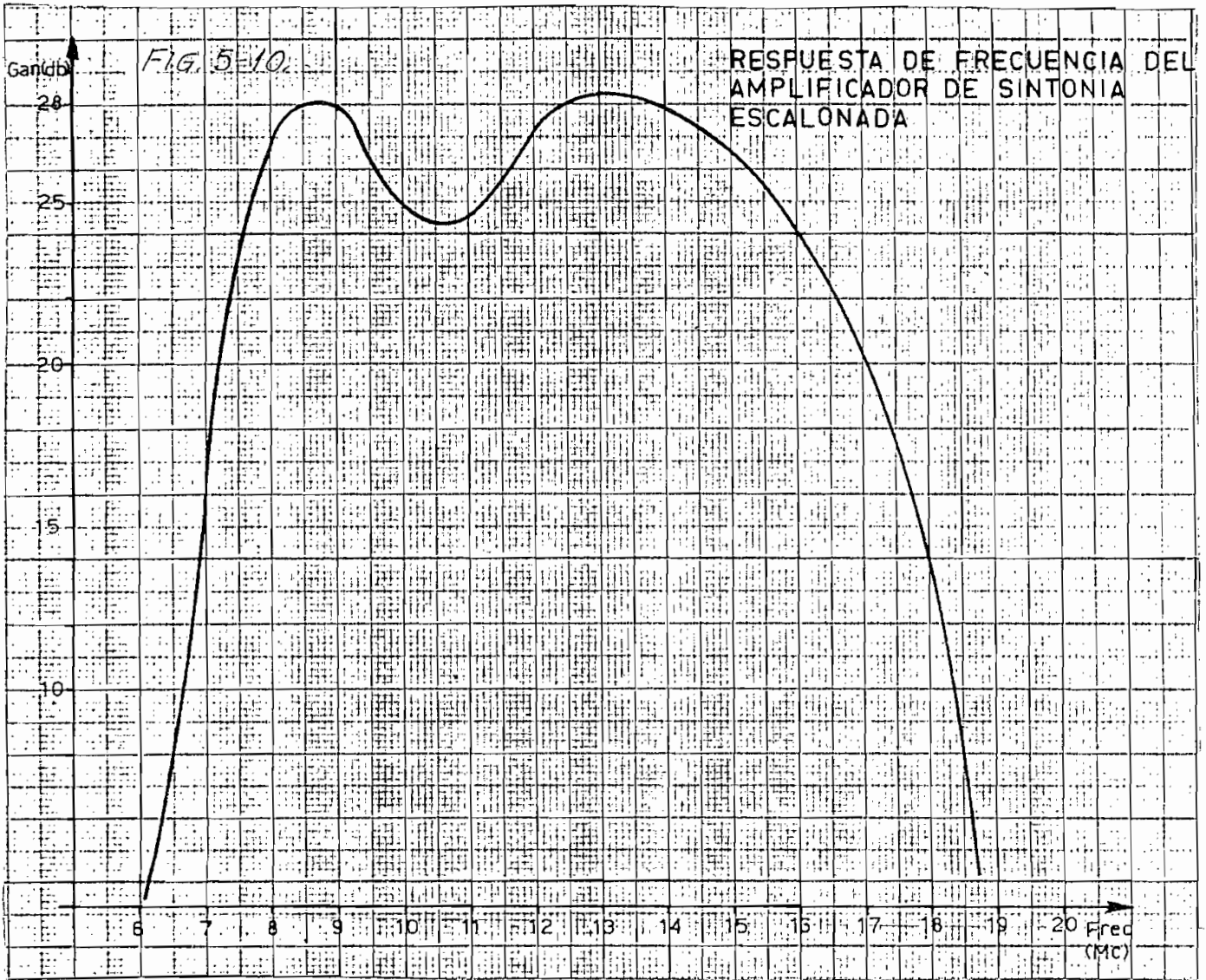
$$G = 26 \text{ DB } \text{ O SEA UNA GANANCIA DE VOLTAJE } = 20$$

$$B = (16.3 - 7.5) \text{ Mc } = 8.8 \text{ Mc.}$$

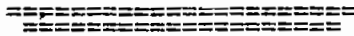
POR LO TANTO EL PRODUCTO DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA DEL CIRCUITO SERÁ :

$$G \times B = 20 \times 8.8 \text{ Mc } = 176 \text{ Mc.}$$

$$(G \times B) \text{ EFECTIVO } = 176 \text{ Mc.}$$



CAPITULO VI



6 - 1 .- CONCLUSIONES GENERALES

=====

SE HA TRATADO EN LOS PRIMEROS CAPÍTULOS DEL PRESENTE TRABAJO, ACERCA DE LAS CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS AMPLIFICADORES, SIGUIENDO LUEGO CON EL DESARROLLO MATEMÁTICO PARA ENCONTRAR LAS CONDICIONES INDISPENSABLES PARA LA OBTENCIÓN DE BANDA ANCHA, UTILIZANDO SINTONÍA ESCALONADA. PROSIGUIENDO EN EL CUARTO CAPÍTULO CON EL DISEÑO DEL AMPLIFICADOR CUYAS CARACTERÍSTICAS SE ENUMERAN EN LA SECCIÓN 4 - 1 - 1.

EL PRESENTE CAPÍTULO TIENE POR OBJETO REALIZAR UNA EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES OBTENIDOS EN LABORATORIO Y QUE SE ENCUENTRAN DETALLADOS EN EL CAPÍTULO ANTERIOR, CON RELACIÓN A LAS CARACTERÍSTICAS TEÓRICAS DE RESPUESTA, INDICADAS EN EL TERCER CAPÍTULO.

6 - 2 .- SINTONIA DE LAS DIFERENTES ETAPAS

=====

PARTIENDO DE LOS DATOS PROPORCIONADOS POR EL MANUAL DE TUBOS, SE ENCONTRÓ LA CAPACIDAD TOTAL DE CADA TUBO, MÁS EL VALOR DE C_w INTRODUCIDO POR LAS LÍNEAS DE INTERCONEXIÓN DEL CIRCUITO, OBTENIENDO ASÍ UN VALOR C TOTAL DE 12,4 μ F

MAS EN LA REALIDAD Y DEBIDO A LAS CAPACIDADES ADICIONALES INTRODUCIDAS POR EL CIRCUITO, SE HIZO NECESARIO UN AJUSTE DE SINTONÍA DE LOS TANQUES DE SALIDA DE CADA UNA DE LAS ETAPAS. SI BIEN ES CIERTO, SE OBTIENE DE ESTA -
.../....

MANERA UN VALOR DE f_0 DESEADO EN CADA CASO, EL HECHO DE AUMENTAR ESTAS CAPACIDADES PROVOCA UNA DISTORSIÓN DE RESPUESTAS PARA LAS ALTAS FRECUENCIAS, DEBIDO A QUE LA REACTANCIA CAPACITIVA DISMINUYE EN FORMA INVERSA CON LA FRECUENCIA, LO CUAL HACE QUE CONFORME AUMENTA LA FRECUENCIA, LE PROPORCIONE UN CAMINO MÁS FÁCIL A TIERRA. PERO EN EL PRESENTE CASO, A PESAR DE HABERSE AUMENTADO ESTA CAPACIDAD NO SE LLEGÓ A UN VALOR MAYOR DE X_C POR LO QUE LA CURVA DE RESPUESTA NO SE VIÓ MAYORMENTE AFECTADA, COMO PUEDE APRECIARSE EN LAS CURVAS DE RESPUESTA DEL CAPÍTULO ANTERIOR.

ESTE AJUSTE DE FRECUENCIA CONVIENE HACERLO VARIANDO LA INDUCTANCIA, CALCULANDO ESTA UN TANTO MENOR QUE EL VALOR DESEADO, PUDIENDO LLEGAR AL VALOR EXACTO INTRODUCIENDO UN NÚCLEO DE HIERRO EN EL EJE DE LA BOBINA.

EL AJUSTE DE FRECUENCIA POR MEDIO DE CONDENSADOR, COMO EN EL CASO - DEL EQUIPO CONSTRUÍDO PARA EL PRESENTE ESTUDIO, ES CONVENIENTE QUE LA CAPACIDAD ADICIONAL SEA DEL MENOR VALOR.

6 - 3 .- GANANCIA Y ANCHO DE BANDA

=====

LA UTILIZACIÓN DE SINTONÍA ESCALONADA SE JUSTIFICA PLENAMENTE POR EL ALTO PRODUCTO DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA QUE SE OBTIENE CON ESTE SISTEMA DE AMPLIFICACIÓN.

PARA EL BUEN APROVECHAMIENTO DE ESTE SISTEMA, ES INDISPENSABLE UTILI

ZAR TAMBIÉN TUBOS QUE PRESENTEN UN ALTO PRODUCTO DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA, COMO ES EL CASO DEL TUBO 6AK5, QUE SE UTILIZÓ EN EL DISEÑO DEL EQUIPO AMPLIFICADOR.

POR OTRO LADO, EL FACTOR DE CALIDAD DEL CIRCUITO (Q) DEBE TENER UN VALOR RELATIVAMENTE BAJO, PARA QUE RESPONDA AL ANCHO DE BANDA NECESARIO. CASO DE TENER UN ALTO FACTOR DE CALIDAD, SE PUEDE BAJAR ÉSTE DISMINUYENDO EL VALOR DE LA RESISTENCIA DE CARGA, YA QUE EL VALOR DE Q PARA UN CIRCUITO R, L, C EN PARALELO VIENE DADO POR LA ECUACIÓN No. (1 - 4).

$$Q = \frac{R}{\omega_0 L}$$

EN LOS AJUSTES DE FRECUENCIA ANTES MENCIONADO, FUE NECESARIO DISMINUIR EL VALOR DE LAS BOBINAS, LO CUAL HACÍA QUE AUMENTE EL VALOR DE Q Y POR LO TANTO, DISMINUYA EL VALOR DEL ANCHO DE BANDA B, EL MISMO QUE ESTÁ RELACIONADO POR LA ECUACIÓN No (1 - 4).

$$B = \frac{F_0}{Q}$$

EN LA TABLA No 4 - 1 SE PRESENTA UN CUADRO COMPARATIVO DE LOS SISTEMAS DE SINTONÍA ESCALONADA, DE SINTONÍA SIMPLE Y SINTONÍA DOBLE. SE CONSIDERA PARA ESTO QUE TODAS LAS COMBINACIONES DE ETAPAS TIENEN IGUAL GANANCIA, O SEA QUE LOS VALORES NUMÉRICOS INDICAN RELACIÓN DE ANCHOS DE BANDA (REF. No29)

.../.....

LA COLUMNA CORRESPONDIENTE A SINTONÍA ESCALONADA INDICA COMBINACIONES DE PARES ESCALONADOS (EN EL CASO DEL EQUIPO DISEÑADO, SE TIENE DOS ETAPAS EN SERIE DE PARES ESCALONADOS). SE PUEDE VER DE LOS VALORES INDICADOS, QUE EL RENDIMIENTO ES MUCHO MAYOR QUE EL AMPLIFICADOR DE SINTONÍA SIMPLE, Y CASI TAN BUENO COMO EL DE SINTONÍA DOBLE, CON LA VENTAJA DE SER MÁS SENCILLO Y MÁS BARATO QUE ESTE ÚLTIMO.

ESTA TABLA TAMBIÉN PODRÍA SERVIR PARA COMPARAR RELACIONES DE GANANCIA DE LOS DIFERENTES SISTEMAS, SIEMPRE QUE SE MANTENGA CONSTANTE EL ANCHO DE BANDA PARA LAS DIFERENTES COMBINACIONES.

TABLA. 6-1.

| NUMERO DE ETAPAS | ANCHO DE BANDA DEL SISTEMA CONSIDERANDO IGUAL GANANCIA POR -ETAPA- | | |
|------------------|--|------------------|---------------------|
| | SINTONIA SIMPLE | SINTONIA DOBLE * | SINTONIA ESCALONADA |
| 1 | 1 | 1.414 | |
| 2 | 0.64 | 1.13 | 1 |
| 4 | 0.44 | 0.93 | 0.80 |

* AJUSTADO PARA ACOPLAMIENTO CRITICO $K=K_c$

SE PUEDE APRECIAR EN ESTA TABLA LA GRAN VENTAJA DE SINTONIZAR ESCA-

.../.....

IONADAMENTE LAS DIFERENTES ETAPAS, EN LUGAR DE TENER EL MISMO PUNTO DE RESONANCIA EN TODAS ELLAS.

EL AJUSTE DEL EQUIPO SE REALIZA INTRODUCIENDO LA FRECUENCIA DE RESONANCIA EN CADA UNA DE LAS ETAPAS Y OBTENIENDO LA MÁXIMA GANANCIA A LA SALIDA, DEBIENDO COMPROBAR EN CADA CASO, QUE TENGA EL ANCHO DE BANDA CALCULADO.

6 - 4 .- EVALUACION DE LAS CURVAS OBTENIDAS

=====

OBSERVANDO LAS CURVAS DE RESPUESTA OBTENIDAS CON LAS DIFERENTES COMBINACIONES DE ETAPAS EN EL CAPÍTULO ANTERIOR, SE TIENE PRIMERAMENTE LAS CURVAS DE RESPUESTA INDIVIDUAL, EN LAS QUE SE OBSERVA LA TÍPICA RESPUESTA DE UN CIRCUITO SINTONIZADO. LA GANANCIA A LOS VALORES MEDIOS DE FRECUENCIA E IGUALMENTE EL ANCHO DE BANDA, PRESENTAN DOS CURVAS SEMEJANTES PARA LA 1A. Y 4A. ETAPAS Y OTRA DIFERENTE PARA LA 2A. Y 3A. ETAPAS, TAL COMO SE HABÍA PREVISTO EN LA SECCIÓN 4 - 2, DEL CUARTO CAPÍTULO; ESTA DIFERENCIA QUEDA ESTABLECIDA POR EL VALOR DE LA RESISTENCIA DE CARGA QUE ES DE 937 Y DE 562 OHMIOS EN LOS DOS GRUPOS ANTES MENCIONADOS.

UN VALOR ALTO DE RESISTENCIA PROPORCIONA UNA MAYOR GANANCIA DE VOLTAJE A LAS FRECUENCIAS MEDIAS, DEBIDO AL PRODUCTO DE CORRIENTE DE PLACA POR RESISTENCIA DE CARGA, PERO DISMINUYE EL ANCHO DE BANDA, YA QUE A PARTIR DE DETERMINADA FRECUENCIA, SE TENDRÁ UN CAMINO MÁS FÁCIL A TRAVÉS DE LA REACTANCIA

TOTAL Xc, ENVIANDO LA SEÑAL A TIERRA.

POR OTRO LADO, LAS CURVAS CORRESPONDIENTES A LOS PARES SINTONIZADOS O SEA DE LA 1A. Y 2A. ETAPAS, Y DE LA 3A. Y LA 4A., REPRESENTADAS EN LAS FIGURAS Nos. 5 - 8 Y 5 - 9, PRESENTAN UN ALTO PRODUCTO DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA, CUBRIENDO EN LOS DOS CASOS EL ANCHO DE BANDA PROPUESTO DE 8 A 14 Mc, Y TENIENDO UNA GANANCIA APRECIABLE DE 20.8 Y 14 DB RESPECTIVAMENTE, PARA LAS FRECUENCIAS DE POTENCIA MEDIA.

POR ÚLTIMO, LA CURVA DE RESPUESTA TOTAL DEL CIRCUITO AMPLIFICADOR - DE SINTONÍA ESCALONADA, REPRESENTADO EN LA FIGURA Nº 5 - 10, PROPORCIONA EL ANCHO DE BANDA CALCULADO, CON UNA RELACIÓN DE SELECTIVIDAD APRECIABLE (REVISAR CAPÍTULO II). POR OTRO LADO LA GANANCIA PARA LAS FRECUENCIAS MEDIAS TIENE UN VALOR PROMEDIO DE 23 DB; LA DEFORMACIÓN QUE PRESENTA ESTA CURVA PARA EL RANGO MEDIO DE LA BANDA, Y QUE ES OCASIONADO POR EFECTOS DE REALIMENTACIÓN, SERÁ ANALIZADO A CONTINUACIÓN.

6 - 5 .- RUIDO TERMICO Y DISTORSION

LOS DIFERENTES ELEMENTOS DEL CIRCUITO, ESPECIALMENTE LAS VÁLVULAS E LECTRÓNICAS, DADAS SUS CONDICIONES DE OPERACIÓN Y LA DISTRIBUCIÓN DE SUS ELEMENTOS INTERNOS PRODUCE RUIDO TÉRMICO, EL MISMO QUE SE MANIFIESTA A LA SALIDA DEL EQUIPO. EN EL PRESENTE ESTUDIO NO SE HA REALIZADO MEDIDAS DE ESTE FACTOR, POR NO SER SU OBJETIVO PRINCIPAL.

...../.....

POR OTRO LADO LA DISTORSIÓN TOTAL QUE SE PRESENTA EN UN CIRCUITO ELECTRÓNICO, ES LA RESULTANTE DE LA DISTORSIÓN LINEAL, DE FRECUENCIA Y DE FASE, PRODUCIDA POR LOS DIFERENTES ELEMENTOS DEL CIRCUITO SOBRE TODO DEBIDO A LAS INDUCTANCIAS Y CAPACIDADES DEL CIRCUITO, CUYA RESPUESTA ES FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA. CONSIDERANDO QUE EL MARGEN DE AMPLIFICACIÓN DEL CIRCUITO ES CONSIDERABLE (6 Mc.), LOS MENCIONADOS ELEMENTOS INTRODUCIRÁN LAS DIFERENTES FORMAS DE DISTORSIÓN ARRIBA INDICADOS; EN LA FIGURA Nº 5 - 10 SE REPRESENTA LA VARIACIÓN DE AMPLITUD EN EL RANGO DE FRECUENCIA.

6 - 6 .- REALIMENTACION EN AMPLIFICADORES SINTONIZADOS DE VARIAS ETAPAS

EN AMPLIFICADORES SINTONIZADOS DE VARIAS ETAPAS, SI NO SE TOMAN LAS MEDIDAS ADECUADAS, SE PRESENTA EL FENÓMENO DE REALIMENTACIÓN.

CONSIDERANDO QUE ESTE FENÓMENO SE PRODUCE POR EFECTO DE LAS REACTANCIAS REALES E IMAGINARIAS QUE APARECEN EN EL CIRCUITO, Y QUE ÉSTAS A SU VEZ SON FUNCIÓN DE LA FRECUENCIA, SE PUEDE TENER PARA DETERMINADO RANGO REALIMENTACIÓN NEGATIVA, LA MISMA QUE DISMINUYE LA GANANCIA, Y POR OTRO LADO, TAMBIÉN PUEDE APARECER REALIMENTACIÓN POSITIVA PARA OTRO RANGO DE FRECUENCIAS, PRESENTÁNDOSE ESTA COMO UN INCREMENTO DE GANANCIA PARA ESE MARGEN. SI LA REALIMENTACIÓN POSITIVA PASA DE DETERMINADO GRADO, SE PRODUCE OSCILACIÓN DEL CIRCUITO.

CONVIENE, POR TANTO, DISMINUIR EL EFECTO DE REALIMENTACIÓN, NO SOLO

.../.....

PARA EVITAR LA OSCILACIÓN, SINO PARA MEJORAR EN LO POSIBLE LA RESPUESTA DE FRECUENCIA DEL CIRCUITO AMPLIFICADOR, HACIÉNDOLA LO MÁS PLANA POSIBLE.

CUANDO SE TRABAJA EN FRECUENCIAS ELEVADAS, EVITAR LA REALIMENTACIÓN SE VUELVE MÁS DIFÍCIL, EN VISTA DE QUE LAS CAPACIDADES POR PEQUEÑAS QUE SEAN, Y QUE PUEDEN SER INTRODUCIDAS POR LAS LÍNEAS DE INTERCONEXIÓN, TRANSFIEREN UNA CANTIDAD DE CORRIENTE RELATIVAMENTE ELEVADA ENTRE LAS DIFERENTES ETAPAS. POR OTRO LADO, LOS EFECTOS DE REALIMENTACIÓN INDUCTIVA SON CONSIDERABLES, YA QUE ÉSTOS A SU VEZ SON PROPORCIONALES A LA FRECUENCIA.

6 - 6 - 1 .- CONTROL DE LA REALIMENTACION

PARA EVITAR LA REALIMENTACIÓN SE DEBE ELIMINAR LOS ACOPLAMIENTOS REACTIVOS QUE EXISTAN ENTRE LAS DIFERENTES ETAPAS.

LOS ACOPLAMIENTOS CAPACITIVOS QUE APARECEN POR LOS CABLES DE INTERCONEXIÓN PUEDEN ELIMINARSE TENIENDO ESPECIAL CUIDADO EN LA ELECCIÓN DE LAS TIERRAS DEL CIRCUITO. POR OTRO LADO, SE DEBEN COLOCAR CONDENSADORES DE PASO APRIADOS (REFERENCIA Nº 30).

EN EL CASO DEL EQUIPO DISEÑADO SON INDISPENSABLES LOS CONDENSADORES DE PASO COLOCADOS ENTRE LA PARTE INFERIOR DE LAS BOBINAS Y TIERRA EN LAS TRES PRIMERAS ETAPAS, LA AUSENCIA DE ÉSTOS INTRODUCE OSCILACIONES EN EL CIRCUITO.

.../....

PARA EL DISEÑO DE AMPLIFICADORES SINTONIZADOS, ES DE ESPECIAL IMPORTANCIA LA UBICACIÓN Y ORIENTACIÓN DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS, SOBRE TODO EN EL CASO DE BOBINAS ADYACENTES, EN LAS QUE SUS EJES SE DEBEN ORIENTAR TRANSVERSALMENTE PARA EVITAR ACOPLAMIENTOS INDUCTIVOS, O EN CASO CONTRARIO, SE LES DEBE COLOCAR BLINDAJES APROPIADOS.

OTRA FORMA DE EVITAR ESTOS ACOPLAMIENTOS INDESEABLES ES COLOCANDO LAS DIFERENTES ETAPAS EN LÍNEAS, DE TAL FORMA QUE SU SEPARACIÓN SEA PROPORCIONAL A SUS NIVELES DE POTENCIA.

6 - 7 .- SISTEMAS ESCALONADOS EN ORDEN MAYOR

=====

DEPENDIENDO DEL PRODUCTO DE GANANCIA POR ANCHO DE BANDA QUE SE DESEE OBTENER, EL CONCEPTO DE SINTONÍA ESCALONADA PUEDE SER TRASLADADO A COMBINACIÓN DE ETAPAS EN ORDEN MAYOR, COMO PUEDE APRECIARSE EN LA FIGURA N^o 4 - 4.

PARA CADA CASO ESPECÍFICO, SE ENCUENTRA LAS FRECUENCIAS DE RESONANCIA DE CADA UNA DE LAS ETAPAS, EL ANCHO DE BANDA RESPECTIVO, QUE INCIDE EN UNA CURVA CARACTERÍSTICA DE RESPUESTA Y CON SU VALOR ESPECÍFICO DE GANANCIA PARA LAS FRECUENCIAS MEDIAS.

B I B L I O G R A F I A :

ELECTRONIC AND RADIO ENGINEERING

AUTOR : FREDERICK TERMAN

CUARTA EDICION

EDITORIAL : MC GRAW - HILL

TOKIO.- 1.955

ELECTRONIC AMPLIFIER CIRCUITS

AUTOR : PETIT AND MC. WHORTER

EDITORIAL : MC GRAW - HILL

U S A .- 1.961

VACUN TUBES AMPLIFIERS

AUTOR : VALLEY Y WALLMAN

EDITORIAL : MC GRAW - HILL

MASSACHUSETTS .- 1.948

ELECTRONICA APLICADA

AUTOR : TRUMAN S. GRAY

EDITORIAL : REVERTE S. A.

ESPAÑA .- 1.955

LISTA DE REFERENCIAS

| <u>REF. N°</u> | <u>TEXTO</u> | <u>CAP. SECCON</u> |
|----------------|--------------|--------------------|
| 1 | TERMAN | 9 - 1 |
| 2 | TERMAN | 9- 2 -3 |
| 3 | TERMAN | 9 - 1 |
| 4 | PETIT | 7o |
| 5 | PETIT | 7 - 1 |
| 6 | TERMAN | 3 - 2 |
| 7 | TERMAN | 12 - 6 |
| 8 | TERMAN | 12 - 2 |
| 9 | TERMAN | 12 - 4 |
| 10 | TERMAN | 12 - 5 |
| 11 | TERMAN | 3 - 5 |
| 12 | TERMAN | 12 - 3 |
| 13 | TERMAN | 12 - 3 |
| 14 | TERMAN | 12 - 6 |
| 15 | TERMAN | 12 - 7 |
| 16 | PETIT | 8. |
| 17 | PETIT | 3 - 2 |
| 18 | PETIT | 9 - 1 |
| | |/..... |