

89  
24



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERIA

**CONTROL DE PLANTAS GENERADORAS  
POR FIBRA OPTICA**

**FALLA DE ORIGEN**

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A :  
SERGIO MONTAÑO FRIAS

1989



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE

TEMA	PAGINA
DEDICATORIA	
INTRODUCCION .....	1
CAPITULO I	
COMUNICACION Y TEORIA DE LA COMUNICACION GENERALIDADES .....	2
COMPONENTES BASICOS DEL SISTEMA DE TRANSMISION.....	3
DIAGRAMA A BLOQUES DE UN SISTEMA DE COMUNICACION.....	6
FUENTES DE RUIDO.....	8
CAMPOS DE APLICACION.....	10
CAPITULO II	
APARATOS DE MEDICION EN LA COMUNICACION ELECTRICA Y ELECTRONICA INTRODUCCION.....	12
APARATOS DE MEDICION (ELECTRICOS)....	12
APARATOS DE MEDICION (ELECTRONICOS)..	18
MEDICION DE LOS PARAMETROS DE TRANSMISION EN FIBRAS OPTICAS.....	23
CAPITULO III	
PLANTAS GENERADORAS INTRODUCCION.....	26
CLASIFICACION DE LA PLANTA ELECTRICA	27

## CAPITULO IV

### SISTEMAS DE TELECONTROL

INTRODUCCION.....	32
DISTINTOS TIPOS DE PROBLEMAS PLANTEADOS EN UN SISTEMA DE TELECONTROL.....	33
GRADOS DE AUTOMATIZACION E INTERVENCION HUMANA.....	35
TELEMANDOS Y TELEMEDIDAS PROXIMOS...	39
VIAS DE TRANSMISION EN TELECONTROL..	51
TELECONTROL A TRAVEZ DE LA INFRAES- TRUCTURA DE UNA INSTALACION.....	56
METODOS DE TRANSMISION DE SEÑALES DE TELECONTROL.....	61
TIPOS DE PLANTAS.....	65
PUESTA EN PARALELO Y SINCRONIZACION DE LOS ALTERNADORES.....	70
MECANISMOS DE CONTROL POR COMPUTADORA PARA PLANTAS GENERADORAS DE BAJA POTENCIA (B.P.)..	75

### APENDICE

TIPOS DE FIBRAS OPTICAS.....	87
EJEMPLO DE LAS SUBESTACIONES ELECTRICAS.....	91
CONTROL DE LA SUBESTACION.....	92
SISTEMAS DE ADQUISICION Y TRANSMISION DE DATOS.....	93

<b>EXPERIENCIAS REALIZADAS CON</b>	
<b>REDES LOCALES.....</b>	<b>96</b>
<b>INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE</b>	
<b>FIBRAS OPTICAS.....</b>	<b>100</b>
<b>PRECAUCIONES PARA EVITAR DAÑOS</b>	
<b>FISICOS POR RADIACIONES PROCEDENTES</b>	
<b>DE LASERES O DE FIBRAS OPTICAS.....</b>	<b>101</b>
<b>VENTAJAS Y DESVENTAJAS</b>	
<b>DE LA FIBRA OPTICA.....</b>	<b>103</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>107</b>

## I N T R O D U C C I O N

La creciente automatización de los centros eléctricos de muy alta tensión requiere un abundante tráfico de información entre diferentes puntos de la planta. Debido a los fuertes campos eléctricos, a las grandes diferencias de potencial de tierra entre terminales y a los parásitos radioeléctricos producidos por efluvios y los arcos, la transmisión de información en estos centros plantea problemas especiales de difícil solución con los medios convencionales.

Las transmisiones por fibras ópticas son la solución ideal para este tipo de instalaciones. En este trabajo se describen las instalaciones realizadas con fibras ópticas en una subestación y las experiencias obtenidas durante dos años de funcionamiento. Las especificaciones técnicas, así como los equipos utilizados en esta experiencia han sido desarrollados completamente por el Centro de Investigación de Standard Eléctrica, tanto en el aspecto de concepción del sistema, como en la utilización de innovaciones tecnológicas específicas de comunicaciones ópticas. Los trabajos de experimentación de campo se han desarrollado conjuntamente dentro de un programa de investigación por las empresas Standard Eléctrica, S.A. e Hidroeléctrica Española, S.A.

Los Sistemas automáticos, mecánicos, hidráulicos, eléctricos, presentan diversas - desventajas congénitas con relación a los sistemas Electrónicos: La superioridad de éstos últimos sobre las otras formas mecanizadas de la información son consecuencia del pequeño tiempo de respuesta de los circuitos electrónicos que superan a todos los demás sistemas cuyas limitaciones físicas son rigurosas.

Un buen relé eléctrico es sensible a un tiempo de respuesta de orden de milisegundos de segundo; una buena red hidráulica puede responder en algunas centésimas de segundo. Sin embargo, la Electrónica es cien mil veces más rápida que el más rápido de los sistemas anteriores.

A este campo de información es al que se acude para generar las señales de Telecontrol que, inyectadas en la forma adecuada al circuito electrónico de potencia impondrán los tiempos de conducción o de bloqueo del semiconductor y realimentación, de esta forma el conjunto de Sistema funcionará adecuadamente.

## CAPITULO I

### COMUNICACION Y TEORIA DE LA COMUNICACION.

#### "GENERALIDADES"

La descentralización era la tendencia de muchas empresas comerciales e industriales durante las décadas anteriores. Aunque parecía resolver gran número de dificultades operativas, ello reveló e intensificó los problemas relacionados con las comunicaciones. Hubo que elaborar más copias de documentos, informes y datos originales. Fué menester instalar en puntos distantes máquinas que eran réplicas exactas de las ya existentes. El transporte de gran cantidad de información se hizo demasiado lento y costoso. Las operaciones y decisiones se demoraban, mientras la información se amontonaba en las congestionadas vías de comunicación.

Como consecuencia de esta presión ejercida por las empresas y la industria, los imaginativos fabricantes de máquinas comerciales comenzaron a buscar métodos económicos para movilizar y manejar la marea de papeles y mensajes que se movía de los lugares de origen a los de destino. Los requisitos del sistema de transmisión propuestos eran los mismos de hoy: exactitud, simplicidad, velocidad, flexibilidad y economía. El sistema debe tener la sencillez necesaria para que pueda ser utilizado casi sin ninguna capacitación previa y sin que sea preciso efectuar cambios de importancia en el equipo y los medios de transmisión de las terminales. Tiene que ser tan rápido que satisfaga las necesidades de quienes utilizan la información, y ofrecer mayores ventajas, de modo que resulte preferible a otros métodos de transporte. No puede ser tan rígido por su configuración o ubicación o en ambos aspectos, que impida cambios en la aplicación o en la localización de las terminales. Tiene que competir favorablemente, desde el punto de vista económico con otros métodos y conservar cierto grado de exactitud.

Los estudios efectuados por los Laboratorios Bell y otros revelaron que si los impulsos eléctricos generados por las máquinas comerciales eran convertidos en tonos audibles de una gama semejante a la de la voz humana, dichos tonos podían ser transportados por la misma red y equipos que se utilizaban para las conversaciones telefónicas ordinarias. Con el objeto de ejecutar la función de conversión se crearon y construyeron dispositivos denominados "conversores de datos" (data sets) y las máquinas comenzaron a "conversar" entre sí a través de la red telefónica. De esta manera evolucionó el concepto de la transmisión de datos hasta concentrarse así: datos (información en el lenguaje de máquina) transmitidos por las líneas telefónicas existentes, pero con la alternativa de poder establecer comunicaciones orales utilizando el mismo equipo, en caso necesario.

#### **Definición:**

La comunicación puede definirse como el traslado de información de una fuente a un destino. El término connota, generalmente, un sistema de comunicaciones, en el cual, las máquinas comerciales intercambian información mediante un enlace eléctrico de interconexión. La máquina comercial podría ser una teleimpresora, una perforadora o lectora de tarjetas, una terminal de cinta magnética o cinta de papel, una computadora o gran variedad de dispositivos. En las clases de datos que se mueven podríamos incluir la información de documentos originales, programas de computadora, archivos de antecedentes comerciales, pulsado de teclas de un dispositivo de consulta directa, textos manuscritos y casi cualquier tipo de información.

#### **Componentes básicos del sistema de transmisión:**

Un sistema es una combinación de circuitos y dispositivos para llevar a cabo el resultado que se desea, como transmitir la información de un punto a otro. Una característica de los sistemas de comunicación es la presencia de incertidumbre. Esta incertidumbre se debe, en parte, a la presencia inevitable de perturbaciones indeseables de la señal, a las que se les llama generalmente ruido; también se debe, en parte, a la naturaleza impredecible de la propia información.

Los tres componentes básicos comunes a todos los sistemas de comunicación



son la fuente donde se origina la información; el medio por el cual circula élla, y el colector que la recibe (véase la figura 1.1). Un ejemplo podría ser el sistema de teleimpresoras por línea privada. La teleimpresora transmisora (fuente) origina impulsos (señales) de corriente continua (CC) que son enviados por conductores (el medio) a la teleimpresora receptora (colector), la cual vuelve a transformar la --- señal en sus caracteres originales.

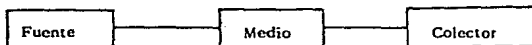


Fig. 1.1 Los tres componentes primarios de un sistema de transmisión de datos.

#### La fuente:

En el ejemplo anterior, la teleimpresora que se desempeñaba como fuente - recibía información de las pulsaciones en el teclado. A medida que iba siendo -- oprimida cada tecla, la máquina codificaba el carácter correspondiente como una - combinación discreta de impulsos de corriente continua para la transmisión. La - función de toda máquina fuente, es codificar y transmitir la información que se le ofrece. En algunos casos la información ya está codificada en cinta de papel o - magnética, tarjetas perforadas, la memoria de una computadora, etc. En tal cir- cunstancia, la máquina fuente debe interpretarse la información codificada y trans- formarla en los respectivos impulsos eléctricos.

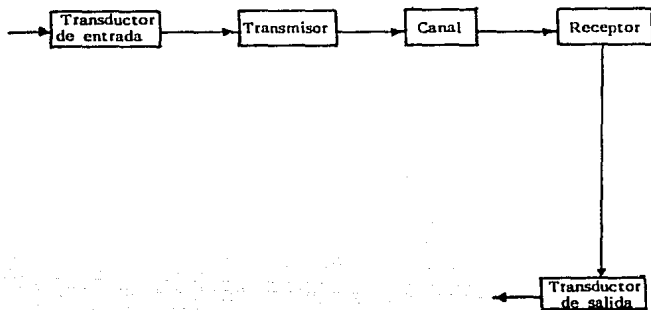
#### El medio:

El medio lleva la información transmitida desde la fuente al colector, ejem- plos de medios de transmisión son los conductores, la radio, el cable coaxial, las - microondas y la fibra óptica. Puesto que las características de estos medios difie- ren en forma muy amplia, la información debe ser preparada para cada uno, de --

una manera especial. A fin de que la voz pueda recorrer los conductores existentes entre los aparatos telefónicos, por ejemplo, debe ser transformada en energía eléctrica. La corriente continua de una máquina comercial tiene que ser convertida en corriente alterna antes de que pueda transmitirse por la red telefónica conmutada. Los medios como la radio y el cable coaxial requieren una preparación más compleja de las señales.

#### El colector:

El colector es el recipiente de la información transmitida. En muchos casos - el colector será del mismo tipo de máquina que existe en la fuente. El sistema de teleimpresoras descrito anteriormente es un ejemplo de ello. En muchos otros casos el colector será muy distinto de la máquina fuente. Por ejemplo, se está generalizando que las teleimpresoras y las terminales de representación visual (que se valen de tubos de rayos catódicos y teclado) conversen directamente con las computadoras. En cualquier caso, el colector es la máquina que recibe la información en determinado momento. En los sistemas de comunicación bidireccionales, una misma terminal puede desempeñar el papel de fuente o colector. En la siguiente figura se muestra un diagrama en bloques de un sistema de comunicación:



## Diagrama a bloques de un sistema de comunicación:

En la figura 1.2 se muestra un modelo de sistema de comunicación, que es el que se usa generalmente. Aunque sugiere un sistema de comunicación entre dos puntos remotos, este diagrama a bloques se puede aplicar también a sistemas sensores remotos, como el radar y el sonar, donde los sistemas de entrada y salida pueden estar localizados en el mismo lugar. Haciendo caso omiso de las aplicaciones y configuraciones particulares, todos los sistemas para transmisión de información contienen, de manera invariable, tres subsistemas principales: el transmisor, el canal y el receptor.

Ahora se pasa a describir, con mayor detalle, cada uno de los elementos funcionales que se muestran en la figura anterior.

**Transductor de entrada.** La amplia variedad de posibles fuentes de información da por resultado diferentes formas de mensajes. Sin embargo, sin importar su forma exacta, los mensajes se pueden clasificar como analógicos o digitales. Para los primeros, pueden servir de modelo las funciones de una variable continua en el tiempo, (por ejemplo, presión, temperatura, voz, música), mientras que un sistema digital se compone de símbolos discretos (por ejemplo, un texto escrito, las perforaciones de la tarjeta de computadora). Casi invariablemente, el mensaje que se produce en la fuente debe convertirse, por medio de un transductor, a una forma apropiada al tipo particular de sistema de comunicación que se emplee. Por ejemplo, en las comunicaciones eléctricas, las ondas de voz se convierten, por medio de un micrófono, en variaciones de voltaje. Este mensaje se conocerá como la señal mensaje. Por lo tanto, una señal se podrá interpretar como la variación de una cantidad con el tiempo: esta cantidad puede ser un voltaje o una corriente.

**Transmisor.** El propósito del transmisor es acoplar el mensaje al canal. Aunque no deja de ser frecuente encontrar el transductor de entrada directamente acoplado al medio de transmisión como sucede, por ejemplo, en algunos sistemas de intercomunicación; sin embargo, es generalmente necesario modular una portadora con la señal del transductor de entrada. La modulación es la variación sistemática de alguna característica de la onda portadora, como la amplitud, la fase o la frecuencia, de acuerdo con la función de la señal mensaje. Existen varias razones para utilizar y modular la onda portadora. Entre las más importantes están: (1) -

para la facilidad de radiación; (2) para la reducción del ruido y la interferencia; (3)- para la asignación de canales; (4) para la transmisión multiplex, o sea la transmisión de varios mensajes por un solo canal; (5) para superar las limitaciones del equipo. - Algunas de estas razones se explican por si mismas.

Entre las otras funciones que realiza el transmisor, además de la modulación, - la amplificación y el acoplamiento de la señal ya modulada al canal, lo que puede - hacerse por medio de una antena u otro dispositivo apropiado.

**Canal.** El canal puede tener diferentes formas, siendo quizá la más conocida el canal que existe entre la antena transmisora de la radioemisora comercial y la antena receptora del equipo de radio. En este canal la señal transmitida se propaga -- a través de la atmósfera o el espacio libre, hasta llegar a la antena receptora. Sin - embargo, no es infrecuente encontrar al transmisor conectado de una manera fija al receptor, como sucede en la mayoría de los sistemas telefónicos locales. Este canal es muy diferente del ejemplo ya citado del radio, pero todos tienen algo en común. - Aunque esta degradación puede presentarse en cualquier punto del diagrama a bloques se acostumbra asociarla solamente con el canal. Con frecuencia esta degradación es el resultado del ruido de otras señales indeseables o de interferencias, pero, puede - también incluir otros efectos de distorsión, como en el desvanecimiento del nivel de - la señal, las rutas múltiples de transmisión y la filtración. Se dirá muy pronto algo más acerca de esas perturbaciones indeseables.

**Receptor.** La función del receptor es extraer la señal deseada del conjunto de señales recibidas a la salida del canal y convertirlas a una forma apropiada para el - transductor de salida. Aunque la amplificación puede ser una de las primeras operaciones realizadas por el receptor, especialmente en las comunicaciones radiales, donde la señal puede ser extremadamente débil, la función principal del receptor es demodular la señal recibida. Se desea a menudo que la salida del receptor presente una ver sión a escala, posiblemente retardada de la señal a la entrada del modulador, aunque en algunos casos se desee tener una función más generalizada del mensaje que entró. Sin embargo, debido a la presencia del ruido y la distorsión esta operación dista --- bastante de ser ideal. Conforme se avanza se describirán diversas maneras de acer-- carse al caso ideal de la perfecta recuperación.

**Transductor de salida.** El transductor de salida completa el sistema. Este -

dispositivo convierte la señal eléctrica de la entrada, a la forma que deseé el usuario del sistema. La bocina es quizá el transductor de salida más corriente. Existen, sin embargo, otras muchas posibilidades como son las grabadoras de cinta, los teletipos, los osciladores, medidores y tubos de rayos catódicos, para citar solamente unos pocos ejemplos.

#### Fuentes de ruido:

El ruido presente en un sistema de comunicación se puede clasificar en dos categorías, dependiendo de su origen. El ruido generado por los componentes dentro del sistema de comunicación, como son las resistencias, bulbos electrónicos y accesorios activos de estado sólido se conocen como ruido interno. La segunda categoría de ruido proviene de fuentes externas al sistema de comunicación, las que incluyen fuentes atmosféricas, fuentes producidas por el hombre y fuentes de origen extraterrestre.

El ruido atmosférico proviene, en primer término, de ondas espúreas de radio generadas por las descargas eléctricas naturales, asociadas con las tormentas de rayos y truenos y que se conoce generalmente como estáticas o "esféricas". Por debajo de 100 MHz el campo de fuerza de dichas ondas es inversamente proporcional a la frecuencia. Se caracterizan en el dominio del tiempo como explosiones de gran amplitud y corta duración; estas ondas son uno de los principales ejemplos de lo que se conoce como ruido de pulsos. Debido a que depende inversamente de la frecuencia, el ruido atmosférico afecta adversamente las transmisiones AM de radio, que ocupan los límites de frecuencia entre 550 KHz y 1.6 MHz, - mucho más que a la televisión y el radio de FM, que operan en las bandas de frecuencia por encima de 50 MHz.

Los ruidos producidos por el hombre incluyen las descargas de efecto corona de las líneas de fuerza de alto voltaje, motores eléctricos, ruido de la ignición de los motores de automóviles y aeroplanos y los ruidos de los conmutadores. Los ruidos de ignición y conmutación, como los atmosféricos, se caracterizan por su origen impulsivo; este es el tipo de ruido predominante en los canales alámbricos, como los teléfonos. Para aquellas aplicaciones, como la transmisión de la voz, el ruido impulsivo es solamente un factor irritante; sin embargo, constituye una seria fuente de error en las aplicaciones que comprenden la transmisión de datos digitales.

Además, hay otra fuente importante de ruido producido por el hombre; se trata de los transmisores de radio frecuencia que operan cerca del que nos interesa. El ruido que se debe a la interferencia de otros transmisores se conoce como interferencia de radiofrecuencia (RFI). La RFI es especialmente molesta en aquellas situaciones donde una antena receptora se encuentra en un ambiente de transmisión muy saturada, como sucede con los equipos móviles de comunicación en una gran ciudad.

Las fuentes extraterrestres de ruido incluyen a nuestro Sol y a otros cuerpos celestiales de alta temperatura. El Sol es una intensa fuente de energía radiante, debido a su alta temperatura ( $6000^{\circ}\text{C}$ ) y a su relativa cercanía a la tierra; esta energía se extiende en un alto espectro de frecuencias, pero por fortuna está localizada. De un modo semejante las estrellas construyen una fuente de energía radiante de banda ancha que, aunque mucho más distante y por lo tanto menos intensa que el Sol es, en forma colectiva, una fuente importante de ruido debido al gran número de estrellas. Las radio estrellas, como las cuasares y las usares, son también intensas fuentes de energía radiante que, aunque, los radio astrónomos las consideran fuente de energía radiantes, son otras fuentes de ruido desde el punto de vista de ingeniería de comunicaciones. El rango de frecuencia de los ruidos solares y cósmicos se extienden desde unos pocos megahertz a unos pocos gigahertz.

Otra fuente de interferencia en los sistemas de comunicación las constituyen las rutas múltiplex de transmisión. Pueden ser el resultado de las reflexiones de los edificios de la tierra, de los aeroplanos y barcos; pueden ser también el resultado de la refracción y estratificación del medio de transmisión. Si el mecanismo dispersor resulta ser de numerosos componentes reflejados, la señal recibida procedente de rutas múltiplex, tiene características de ruido y se le llama difusa. Si el componente de la señal múltiplex se forma solamente, de uno o dos potentes rayos reflejados, se llama especular. Finalmente puede haber degradación de la señal de un sistema de comunicación, debido a los cambios aleatorios en la atenuación dentro del medio de transmisión, a estas perturbaciones de la señal se les llama desvanecimiento, aunque, se debe notar que en las rutas múltiplex especulares, puede también resultar un desvanecimiento debido a la interferencia constructiva y destructiva de las señales múltiplex recibidas.

## Campos de aplicación:

Los campos donde pueden aplicarse ventajosamente la comunicación de datos han aumentado de tal modo y son tantos que es más seguro describirlos en términos generales. Casi todos los tipos de máquinas comerciales pueden adaptarse a la transmisión de datos. Sumadoras, máquinas de escribir, perforadoras, cajas registradoras, surtidores de nafta, computadoras, microcomputadoras, y hasta el modesto lápiz. Algunas han sido acondicionadas para manejar los datos almacenados en cierto medio, tales como la tinta de papel o las tarjetas perforadas, (que ya son un poco obsoletas) que se comportan como una memoria o almacenamiento intermedio hasta que otra máquina trasmite la información; otros dispositivos que están conectados directamente a los medios de transmisión. En un tiempo se pensó que una variedad limitada de conversores de datos ofrecería la diversidad necesaria para satisfacer la mayor parte de los requerimientos de transmisión de las máquinas comerciales, pero la evolución operada en este terreno ha dado sólo en el sistema Bell más de cincuenta tipos diferentes. Los producidos para la Western Union, y la industria privada han aumentado en forma apreciable esta cantidad. Con esta variedad de conversores y las respectivas máquinas comerciales, la tecnología actual puede resolver la mayor parte de problemas planteados por el transporte de la información.

¿Qué problemas pueden resolverse o simplificarse mediante la comunicación de datos?. Por ejemplo, las actividades comerciales que reúnan algunas de las siguientes características podrían beneficiarse con el uso de esos equipos o servicios:

- a) Operaciones descentralizadas.
- b) Gran volumen de correspondencias, recados por estafetas o llamadas telefónicas por varios lugares, verificación manual o transmisión doble para confirmar la exactitud.
- c) Exceso de inversiones en existencias.
- d) Falta de control oportuno y de información actualizada, etc.

## El espectro electromagnético:

La interferencia y el ruido presentes en un sistema de comunicación dependen, en gran parte, de la frecuencia de transmisión. Además, las características de propagación de las ondas radiales hacen que algunas frecuencias de transmisión sean útiles para ciertas aplicaciones e inútiles para otras. La tabla da un registro del espectro electromagnético con las designaciones de las bandas de que consta. Durante la segunda guerra mundial, por razones de seguridad se desligaron por medio de le- tras las bandas de frecuencia para microondas. Estas designaciones que se han ex- tendido a más altas frecuencias y que se usan corrientemente hoy en día, aparecen en la tabla, también se utilizan los usos típicos de esas bandas.

### Bandas de frecuencia y usos típicos:

Bandas de frecuencia y usos típicos.				
Banda de frecuencia	Nombre	Banda de Microondas (GHz)	Letras de Identificación	Usos típicos
3 a 30 EHz	Muy baja frecuencia (VLF)			Navegación de larga distancia; mar
30 a 300 kHz	Baja frecuencia (LF)			Auxiliares de la navegación; radiotelefonos
300 a 3 000 kHz	Frecuencia media (MF)			Radio marítima; transmisor de armadas; bandadas de marinos; comunicaciones de buques guardacostas, radio comercial AM
3 a 30 MHz	Alta frecuencia (HF)			Delegados y navante; comunicaciones de avión a barco, telegrama, teléfonos y televisión; barco a tierra
30 a 300 MHz	Muy alta frecuencia (VHF)			Comunicación de televisión VHF, radio FM, transporte terrestre; estación privada; control de tráfico aéreo, taxis, policía, auxiliares de la navegación
0.3 a 3 GHz	Ultra alta frecuencia (UHF)	0.3 a 1.0	VHF C	Comunicación de televisión
		1.0 a 1.8	L D	UHF; radioonda.
		3.0 a 3.0	S E	auxiliares de radar de navegación;
		3.0 a 4.0	F F	comunicaciones por satélite; radio
3 a 30 GHz	Super alta frecuencia (SHF)	4.0 a 6.0	C G	comunicaciones por satélite; radio
		6.0 a 8.0	C H	comunicaciones por satélite; radio
		8.0 a 12.0	E I	televisión.
		12.0 a 18.0	Ie J	estaciones de microondas, radar aéreo, radar de altímetro; radar
30 a 300 GHz	Extremadamente alta frecuencia (EHF)	18.0 a 26.0	E J	comunicaciones de radar para aviones; en experimentación
		26.0 a 36.0	E K	(servicio) comunicación de portadoras coherentes
		36.0 a 48.0	Ea E	de portadoras coherentes

Abreviatura: kHz = kilohertz =  $\times 10^3$ , MHz = megahertz =  $\times 10^6$ , GHz = gigahertz =  $\times 10^9$ .



## C A P I T U L O   I I

### APARATOS DE MEDICION EN LA COMUNICACION ELECTRICA Y ELECTRONICA.

#### " I N T R O D U C C I O N "

En el presente capítulo agruparemos el instrumental requerido para la medida de la energía generada y consumida.

Al especificar los equipos correspondientes hay que tomar en consideración - que la misma operación puede ser realizada por instrumentos basados en principios de funcionamiento distintos, de diferentes grados de precisión, fortaleza y duración. También que cada clase de instrumentos, con las mismas características de operación, son generalmente elaborados por infinidad de fabricantes con diferente grado de exactitud y seguridad. Por esta razón, al indicar cada clase de instrumento requerido trataremos de considerar su aplicación y funcionamiento desde un punto de vista general, pero detallando en lo posible sus especificaciones conforme a las Normas de la American Standards Association (A.S.A.) o de la American Society for Testing Materials (A.S.T.M).

#### Instrumentos de medición (Eléctricos)

Los instrumentos son clasificados en tres categorías, según que indiquen solamente, que registren o que integren alguna magnitud a lo largo del tiempo.

Los registradores son empleados en ambas clases de operación: En la automática para servir de base al ajuste o reparación de algún órgano que no cumple

su misión en la operación futura. Los integradores sirven principalmente para determinar consumos de energía, demandadas y otras cantidades relacionadas con el tiempo, pero también son muy útiles para fines estadísticos y señalar el momento en que es necesario renovar una pieza o material gastado, antes de que tal necesidad se presente en forma apremiante. Así mismo, son útiles para descubrir a tiempo una falla en el sistema hidráulico o eléctrico y corregirla antes de que haya causado pérdidas considerables de dinero.

En cuanto a la magnitud indicada, registrada o integrada por los instrumentos, existe una gran variedad que a continuación se detalla:

**A) Ampérmetros.** Además de lo que su nombre significa son usados para:

- 1.- Indicar el calentamiento de máquinas, conductores, reactores y equipo de conducción e interrupción de un sistema.
- 2.- Repetir la carga entre máquinas en paralelo, de manera de reducir al máximo el efecto Joule total. En generadores de corriente alterna, la repartición se facilita con ayuda de otros instrumentos.
- 3.- Determinar las características de demanda de circuitos diversos.
- 4.- Revelar algunas fallas de conducción y operación, principalmente. Los tipos más usados son:

D'Arsonval, con shunt, para corriente continua; fierro dulce tipo Thomson, ---- Weston o de succión para corriente alterna de frecuencia constante, electrodinámicos para frecuencia variable.

**B) Voltímetros.** Son usados para:

- 1.- Dar al sistema la tensión correcta.
- 2.- Poner en paralelo una nueva unidad.
- 3.- Comprobar el estado de una batería de acumuladores o condensadores para control.

4.- Revelar algunas fallas.

Los tipos más usados son: D'Arsonval con multiplicador, fierro dulce y electrodinámicos, en los mismo casos que los ampérmetros. En tensiones altas se usa también el tipo electrostático.

C) Wáttmetros. Son usados para:

- 1.- Medir pontencia consumida.
- 2.- Repartir la carga entre alternadores en paralelo, auxiliados con ampérmetros.
- 3.- Determinar las caracterfsticas de demanda.
- 4.- Revelar algunas fallas.
- 5.- Controlar el intercambio de energía entre sistemas en paralelo y la generación en lñeas reversibles.

Los tipos más usados son: Electrodinámicos y ferraris, o de inducción.

D) Frecuencfmetros. Son usados para:

- 1.- Dar al sistema la frecuencia correcta.
- 2.- Poner en paralelo.

Los tipos más usados son: Electrodinámicos, de inducción y resonantes.

E) Factorfmetros. Son usados para:

- 1.- Indicar la existencia de corrientes circulantes entre dos generadores o transformadores en paralelo.
- 2.- Revelar algunas fallas.
- 3.- Controlar el intercambio de energía.

- 4.- Ajustar la excitación de motores síncronos.

Los tipos más usuales son: Electrodinámicos y electrostáticos.

- F) Sincronoscopios. Son usados para:

- 1.- Poner en paralelo una nueva unidad.

Los tipos usuales son: Electroscopios para alta tensión, de lámparas, diferencial electrodinámico.

- G) Reactorímetros o medidores de factor reactivo. Son semejantes a los factorímetros, pero indican el factor de potencia reactiva en lugar del acostumbrado (capacitiva). Su escala tiene cero en el centro en lugar de 100, se usan en convertidores síncronos para ajustar la excitación al valor necesario.

- H) Watthorímetros o medidores de energía. Son instrumentos integradores continuos usados para:

- 1.- Señalar el monto de la generación para el pago del impuesto sobre energía - generada y o consumida.
- 2.- Medir los consumos de circuitos especiales.
- 3.- Calcular demandas en base de cualquier intervalo.
- 4.- Determinar la eficiencia media de la planta.
- 5.- Fines estadísticos diversos.

El tipo usual es de inducción.

- I) Electrotermómetros. Son indicadores o registradores remotos de la temperatura de una máquina o elemento de sistema, fundados en acciones eléctricas. Son de dos clases principal pirómetros de termopar y detectores de cobre.

J) **Medidores de demanda.** Son instrumentos de integración fraccionada durante -- períodos determinados - 5, 15, 30 minutos - del consumo de una carga variable cuyo promedio quede registrado en una tira de papel, movidos por un reloj o motor síncrono en forma intermitente. Sobre el papel se desliza una pluma con -- velocidad proporcional a la potencia del circuito, y al llegar el fin del intervalo regresa a cero, dejando una marca de su recorrido cuya longitud resulta la demanda integrada. En ese momento el papel avanza un pequeño espacio y la pluma inicia un nuevo recorrido.

Otro modelo imprime sobre el papel que avanza uniformemente una marca cada vez que el consumo llega a 1, 10, 100 o más kilo-watt-horas, y un reloj marca la hora del principio y fin de cada intervalo. El número de marcas entre cada dos tiempos es proporcional a la demanda en ese intervalo.

Otro modelo efectúa la integración en forma térmica, almacenando el calor desarrollado por un calentador doble, en serie con la carga y en el cual se mezcla la corriente secundaria de un T.P. conectado a la línea en paralelo, de modo -- que en una sección del calentador se tiene 0.15 - V y en otro 0.5 - V, de --- donde resulta una diferencia de temperatura en las dos secciones, proporcional a la potencia del circuito. Por medio de un termopar conectado a los centros de las dos secciones del calentador y un galvanómetro apropiado, se obtiene el movimiento de la aguja o pluma sobre una escala graduada en kilo-watts. La indicación corresponde en cada instante a la integrada durante los últimos 30 minutos.

K) **Registradores.** Son instrumentos gráficos que señalan en un sistema de coordenadas, el valor de una magnitud a lo largo del tiempo. Los hay de tres clases principalmente.

1.- **Acción directa.** Construidos como los indicadores, pero de mayor tamaño para vencer la fricción de la pluma que se desliza cargada de tinta sobre un papel - movido por un reloj o equivalente.

2.- **De balanza de Lord Kelvin.** Con los contactos de control de motor que mueve la pluma en uno u otro sentido, según esté desnivelada esa balanza, y cuyo --- equilibrio depende de la acción de un resorte estirado más o menos por la propia pluma, y de la acción electrodinámica de la magnitud por registrador, sean volts, amperes, watts, factor de potencia, etc. Un reloj o equivalente, hace - avanzar el papel.

3.- **De potenciómetro.** Cuyo caso está ligado a la pluma y a un galvanómetro conectado en forma de puente, entre el registrador y el transmisor, el galvanómetro desvía y por medios mecánicos externos se hace contacto intermitente sobre un control de marcha, adelante y atrás de un pequeño motor que cambia - la posición de la pluma y el cursor hasta que el galvanómetro quede en equilibrio. El transmisor puede ser otro potenciómetro actuando por un flotador; - flecha de válvula o cualquier mecanismo, o puede ser un termopar, actuando - por temperatura o una tensión rectificadora, o una caída de potencial en un resistor variable. Hay modelos de doble potenciómetro y doble cursor ligados a la misma aguja, y conectados a manera de puente de WHEATSTONE, para registrar la frecuencia. Esta clase es aplicable al registro de cualquier magnitud capaz de manifestarse por un cambio de resistencia.

L) **"Síncros" y "Selsyns".** Son dispositivos semejantes a un motor de inducción, - alimentados de dos en dos por corriente alterna y que mantienen una posición relativa invariable entre el rotor del transmisor y el del receptor. Son usados para señalar y aún cerrar o abrir interruptores, y operar reóstatos pequeños a distancias, bajo la acción de flotadores, compuertas levadizas, válvulas, obsturadores de aire, mecanismos de radio, reguladores de inducción y otros cuya posición debe ser indicada remotamente. El transmisor se monta sobre el árbol - del aparato lejano y el receptor sobre el tablero, detrás de una carátula o a la inversa, el transmisor sobre el tablero y el receptor sobre el reóstato o válvula

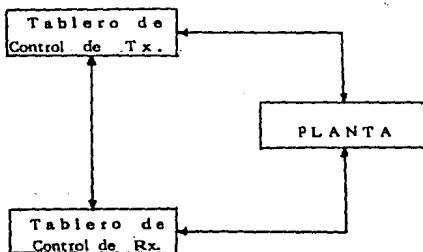
distantes.

#### Aparatos de medición (Electrónicos).

Dentro de la estructura general de un sistema de instrumentación, muchas veces se da el caso de que los puntos de medida variables y el de su presentación en forma de resultados no se encuentran físicamente próximos.

Por otro lado, puede ocurrir que interese en ciertos casos tomar acciones a distancia, sobre un determinado proceso en base a los datos que sobre su dinámica se hayan recogido previamente.

Por problemática que conlleva la solución de estos dos problemas es lo que constituye un conjunto muy disperso de sistemas e instrumentos propios de la técnica denominada telecontrol. El esquema básico que se pretende realizar a grandes rasgos, es el de la figura siguiente:



La transmisión en ambos sentidos se puede realizar de dos formas básicamente distintas, por medios mecánicos y por medios eléctricos.

Los medios mecánicos (Hidráulicos o neumáticos) presentan dos serios inconven-

nientes. En primer lugar sólo valen para transmisores a muy corta distancia (algunos metros), ya que tanto sus características de atenuación de la señal como el costo de la instalación, no lo hacen prácticos para transmisión a larga distancia. Por otra parte, sólo se adaptan a aquellas instalaciones que dispongan y estén constituidas de forma que el aire comprimido (sistemas neumáticos) o líquidos (sistemas hidráulicos), tengan alguna otra función dentro del propio sistema.

La ventaja de los sistemas electrónicos viene avalada por un mayor desarrollo de la electrónica, cuyos costos de instalación para grandes sistemas, menores que los de los mecánicos, y por la prácticamente nula limitación a las distancias a cubrir.

Otra ventaja importante de cara a la industria es la previa existencia de una infraestructura externa de sistemas de comunicación comerciales, que hacen posible la disminución de los costos de instalación.

Como ideas generales en cuanto a la utilización de una vía y otra de transmisión en el caso de la utilización de métodos eléctricos, se puede apuntar que se empleará transmisión por hilos cuando:

- A) El centro de emisión de datos y el de recepción no se encuentran muy alejados.
- B) Cuando se pretende utilizar líneas de comunicaciones comerciales, como las telefónicas o telegráficas, como puede ser el caso de la interconexión de datos biológicos entre centros hospitalarios, etc.
- C) En ciertos casos en los que la instalación a controlar sea extensa e incluya una infraestructura propia para transmisión por hilos, como en el caso de líneas de energía eléctrica, oleoductos, etc.

Por otra parte, las transmisiones se realizarán vía radio, o por lo general, en los siguientes supuestos.

- 1 Cuando los puntos de recepción y presentación de datos se encuentran a muy larga distancia, del orden de centenares de kilómetros, ya que entonces el --



costo de la infraestructura es mucho menor.

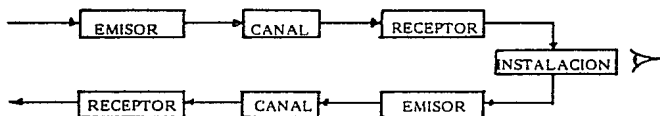
- 2.- Cuando exista inaccesibilidad entre ambos puntos como el caso de los satélites, estaciones repetidoras aisladas, medidas de variables fisiológicas dentro del organismo en vivo, etc.
- D) Cuando el sistema utilice la transmisión radio para su fin primordial, como --- pueden ser las repetidoras de T.V., etc.

El desarrollo histórico para estos métodos se remonta a principios de siglo, --- cuando se comenzaron a realizar sistemas, bien para transmitir las incipientes instalaciones de comunicaciones, o bien dentro de fábricas con muchas máquinas a controlar. Estas técnicas dieron un gran avance a medida que las compañías de distribución de agua, gas y electricidad necesitaron controlar el estado de sus redes, a fin de detectar irregularidades en los servicios. Básicamente se empezaron a utilizar sistemas de impulsos por múltiplex en tiempo, en conmutación y generación mecánicas mediante levas, reles, etc. Por último el desarrollo comercial y de los satélites han dado un gran impulso a los sistemas de telemetría por radio, dando lugar a múltiplex en frecuencia y tiempo, que permiten la transmisión en tiempo real de grandes cantidades de datos, haciéndose necesaria en algunas aplicaciones la utilización de ordenadores para la manipulación, proceso y tomas de decisión sobre los datos transmitidos.

Los aparatos de comunicaciones que utilizaríamos serían los siguientes:

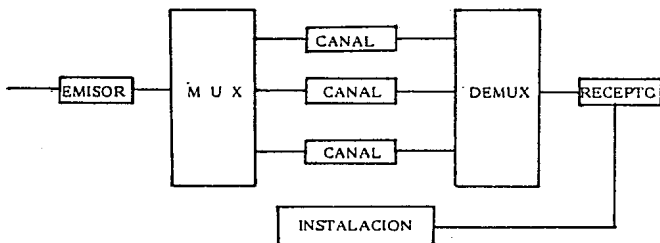
- 1.- Aparatos de generación y acondicionamiento de las señales, son aquellos que generan la información por métodos muy variados y normalizan niveles de tensiones, frecuencias, etc., a aquellos que se adaptan al sistema de telecontrol. Tal puede ser el caso de un transductor que de señales de milivoltios y el equipo asociado, que puede amplificar o normalizar las escalas de salida de diversos transductores, convirtiendo todas las señales, por ejemplo, a una en forma de corriente que varíe entre cuatro y veinte miliamperes.
- 2.- El emisor de telecontrol, es el equipo que toma las señales de transmisores de información de entrada, modificando y agrupando las señales, donde hay señal final que se puede transmitir por un canal determinado. En el caso del siste-

ma de la figura siguiente, el emisor de telecontrol aportará al transmisor de canal la señal en su forma final desde el punto de vista del usuario.



En el caso de la siguiente figura se requiere un paso posterior, para adaptar la señal completa a transmitir al canal.

Un ejemplo de este tipo de equipo podría ser un modulador de impulsos que agrupe a un múltiplex de tiempo, convirtiendo señales de corriente a los transmisores terminales a códigos preestablecidos.



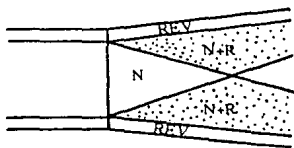
- 3.- El grupo de conversión, permite adaptar la señal emanada en los emisores de telecontrol al transmisor de canal. Podría consistir en algún caso en un oscilador de subportadora por cada información o informaciones a transmitir, que incidiesen una vez sumados todos los canales sobre el emisor de línea.
- 4.- El transmisor de canal toma la señal del usuario en su forma final y la modifica para adaptarla al soporte físico de transmisión. Podría tratarse de un acoplador acústico a un teléfono, de un multiplexor en la alta frecuencia para transmisión vía radio.

- 5.- Los elementos del receptor de línea de conversión y del receptor de telecontrol no hacen más que restituir las informaciones a partir de las sucesivas modificaciones que ha sufrido.
- 6.- Los equipos terminales diferirán mucho de un caso en el que solo se pretendan realizar medidas, a otro en que se pretendan transmitir órdenes.

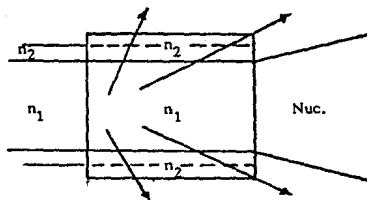
En el primero se utilizarán bulbos, registradores, etc., y en el segunda válvulas, bulbos de aviso, impresoras, etc.

## MEDICION DE LOS PARAMETROS DE TRANSMISION EN FIBRAS OPTICAS.

- 1.- Precauciones de carácter general. La repetibilidad y fiabilidad de las medidas de los parámetros de transmisión --con independencia de la técnica de medida usada en cada caso-- se apoyan en diversas consideraciones que se tratan a continuación.
- A) Alineación de la fibra con el fotodiodo y el fotodetector. La primera conexión gobierna la cantidad de luz que accede a la fibra óptica a caracterizar. La segunda afecta a la energía óptica sobre la que se realiza la medida. Las precauciones básicas a considerar en ambas conexiones son las orientadas a mantener la estabilidad mecánica y el alineamiento de los extremos de la fibra con los dispositivos de inserción y detección de la señal óptica.
- B) Correcta terminación de las caras de la fibra. Esta precaución es totalmente indispensable y para lograrla suele acudir a uno de estos dos métodos: cortar la fibra con una herramienta que garantice el acabado especular o recurrir a una pieza auxiliar (ferrule o virola) previo pulido de las caras. La limpieza de las mismas es de importancia capital.
- C) Supresión de modos propagados por revestimiento. Interesa que la señal óptica que llegue al fotodetector proceda únicamente del núcleo y no del revestimiento de la fibra como se muestra en la figura siguiente.



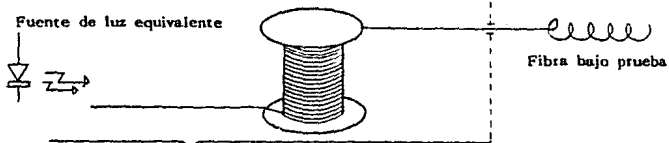
Esta precaución es particularmente necesaria cuando se busca caracterizar la atenuación comparando la potencia óptica al cabo de dos longitudes de fibra ya que cuando más próximo estemos de la fuente, mayor es la proporción de potencia que viaja por el revestimiento. La solución consiste en hacer pasar la fibra por un dispositivo que permita la fuga de los modos del revestimiento al tiempo que respeta la señal que viaja por el núcleo como se ilustra en la figura sig.



- D) Condición de inserción de la luz. Una precisa evaluación de las propiedades de transmisión de una fibra se encuentra con varias dificultades: En primer lugar, cada uno de los modos presenta una constante de propagación distinta; este problema se complica debido al cambio de energía de unos modos a otros (mezcla modal). La mezcla modal está asociada a las perturbaciones en la composición y geometría de las fibras; en las de buena calidad la mezcla modal se origina fundamentalmente por factores externos, tales como microcurvaturas, empalmes, etc.

A continuación indicamos los tres grupos de alternativas usadas para abordar las condiciones de inserción de la señal óptica en la fibra bajo medida.

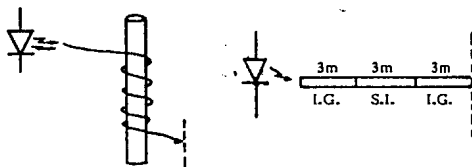
- 1.- Método de la fibra de referencia. El método consiste en intercalar entre la fuente y la fibra a medir un tramo de una longitud superior a la necesaria para alcanzar el equilibrio modal como se ilustra en la siguiente figura:



Esta fibra de inyección debe tener con la mayor aproximación posible las mismas dimensiones y características que la que se encuentra bajo medida, de forma que su distribución modal de equilibrio sea equivalente.

- 2.- Método de mezclador de modos. Los mezcladores de modos son dispositivos que aumentan artificialmente el acoplamiento entre los modos, facilitando que se alcance una situación próxima al equilibrio desde los primeros metros de la fibra bajo prueba. También se les conoce con el nombre de simuladores de equilibrio

modal como el que se ilustra en la figura siguiente:



- 3.- **Métodos de referencia.** Un método de medida denominado de referencia es --- aquel que mide una característica especificada de fibras o cables, estrictamente de acuerdo con la definición de dicha característica y proporcionando resultados exactos, repetitivos y de utilidad.
- 4.- **Métodos alternativos.** Un método de medida denominado alternativo, es aquel - que mida una característica especificada de fibras o cables de una manera coherente con la definición de dicha característica y proporcionando resultados repetitivos relacionados con los de método de referencia y de utilidad práctica.

## CAPITULO III

### PLANTAS GENERADORAS DE BAJA POTENCIA

#### "INTRODUCCION"

La industria para el suministro de energía eléctrica, tiene una característica que influye en forma importante en las posibles estrategias para su expansión y el hecho de que la energía eléctrica no pueda almacenarse en cantidades significativas, obliga a desarrollar un sistema de generación, capaz de adaptarse en cada instante a la demanda de los usuarios; esta demanda está modulada por las actividades humanas, y presenta variaciones muy amplias, siguiendo los ritmos de trabajo - diarios, semanales y anuales la influencia de los cambios estacionales.

En la figura uno se muestran las curvas diarias de demanda horaria de un sistema electrónico, correspondiente a una semana típica, expresadas en porciento de la demanda máxima.

Sin entrar ahora en el problema interesante de las acciones que podrían tomarse para modificar la forma de la curva y reducir la magnitud de la demanda - futura de potencia y energía eléctricas, el hecho es que esa característica exclusiva de los sistemas eléctricos

Se requieren unidades generadoras que suministren la energía para la base de la curva de carga y que en consecuencia, obren a plena carga en forma continua, unidades que suministren la energía para los picos de la demanda y que en consecuencia operarán durante muy pocas horas del día y unidades para cubrir la ener--

gía correspondiente a la parte media del área, bajo la curva de carga que deberá tener características intermedias entre las dos antes mencionadas, este problema complejo de la expansión de los medios de generación de un sistema eléctrico, se planteó inicialmente como un problema exclusivamente de optimización económico.

Se trataba de minimizar la suma de los costos de inversión y operación, mediante una mezcla óptima de los diferentes medios de generación, satisfaciendo la potencia y la energía eléctrica requeridas, con una calidad adecuada del servicio.

#### **Definición:**

Se llama planta de generación a toda estación que transforma una energía primaria dada en otra forma de energía utilizable, eléctrica; en nuestro caso cualquiera que sea la fuente de energía primaria utilizada, la clase de equipo de transformación de energía, llamado comunmente de generación, las características de corriente y voltaje obtenidas en los circuitos de utilización, las distancias de transmisión de energía y el área que cubre el suministro.

#### **Clasificación de plantas eléctricas.**

En el estado actual de avance de la técnica en cuanto a la forma de producción de energía eléctrica y campo de utilización de la misma, las plantas de generación eléctrica se clasifican en:

- A) Según la función que desempeñan dentro del sistema eléctrico, al cual pertenece
  - B) Según la clase de energía que transforman.
  - C) Según la corriente que generan.
- A) Según la función de la planta: De acuerdo con la función que desempeñan en el sistema de electrificación, una planta puede considerarse de servicio general, de base o primaria, secundaria y auxiliar.

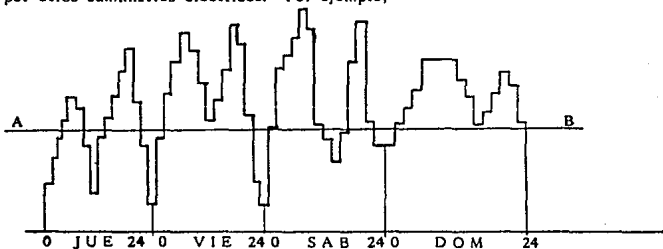


La planta general, es de capacidad y características de generación tales que le permiten cubrir todas las demandas de carga que recibe; máximas y mínimas, diarias y estacionales sin requerir suministros adicionales. Esta es una modalidad que puede existir sólo en las plantas hidráulicas y que únicamente pueden cumplir éstas, cuando el caudal mínimo obtenible de la fuente es mayor o igual al requerido para la generación de la carga máxima de consumo en cualquier momento.

Esquema de consumos de una planta general:



Planta primaria. También llamada de base, es la que puede suministrar una carga constante y continua, o básica durante el año, siendo las variaciones de carga situadas por encima del nivel de generación de esta planta, cubiertas por otros suministros eléctricos. Por ejemplo,



**La planta secundaria o de picos.** Es una de generación esencialmente variable y esta destinada a cubrir los picos de carga de la curva de consumo. En la figura anterior correspondería a la generación requerida para cubrir las demandas de carga sobre la línea AB, durante las horas de mayor demanda. Como se deduce de la figura, esta clase de plantas para ser económicas y de mayor utilidad requieren un ensamble de regulación que les permita aprovechar los caudales no consumidos durante los períodos de menor demanda de carga.

**Planta auxiliar.** Esta planta está destinada a prestar ciertos servicios limitados tales como; energía para el equipo de construcción de una planta principal; el de alumbrado de éstas durante su explotación; el de suministro de corriente continua o directa para excitación de los alternadores; carga de baterías, válvulas, grúas, bombas, etc. Estas pequeñas plantas pueden estar constituidas por unidades hidráulicas servidas por la misma conducción forzada de la planta principal, o por unidades hidráulicas o térmicas independientes, cuyos generadores pueden estar montados dentro o fuera de la casa de fuerza de la planta.

Las plantas primarias y secundarias deben obrar en conjunto, siendo conectadas en paralelo a las mismas barras colectoras para prestar un servicio satisfactorio. Para ello se usa generalmente una planta hidráulica y térmica o al contrario, -- según sean las características del caudal utilizable en la planta hidráulica durante el año y los costos relativos de generación y transmisión de una u otra planta.

**B) Según la energía primaria:** De acuerdo con la energía primaria, las plantas se clasifican en: Termoeléctricas, hidráulicas, de motor de explosión y nucleares.

**Plantas termoeléctricas o térmicas.** Son aquellas en que el grupo turbina-generador o turbogenerador recibe la energía primaria en forma de vapor de agua a altas presiones y temperaturas, para convertirla en energía mecánica de rotación en la turbina y en energía eléctrica, a través de la acción conjunta de los campos eléctricos y magnéticos del generador.

**Plantas de vapor y plantas de gas.** Estas se clasifican según el fluido de acción en las turbinas y la disposición del equipo de generación.

**Plantas nucleares o atómicas.** Estas aprovechan el vapor para cuya generación -

se ha utilizado las altas temperaturas de los reactores nucleares, pero cuyo -- equipo de generación eléctrica, con sus auxiliares de control, protección y formación no difiere del de cualquiera otra planta eléctrica. Lógicamente esta clase de plantas están incluidas en las plantas térmicas, subdivisión de vapor.

**Plantas de explosión.** Estas comprenden las accionadas por motor diesel y las - acopladas a motores de gasolina, de gas pobre o de mezclas adecuadas. Sólo - las plantas diesel de capacidad siempre limitada, ofrecen algún interés, si bien su alto costo de generación circunscribe su uso a plantas auxiliares o de emer-- gencia en otras plantas eléctricas de gran capacidad, para alumbrado o suministro de fuerza en lugares alejados de las áreas provistas de servicio eléctrico.

**Plantas hidráulicas.** Para el suministro de energía eléctrica a un país, ha sido - siempre tentador el aprovechar las fuerzas hidráulicas, la función que realizan - éstas es que la energía hidráulica potencial existente en el salto de agua comprendido entre el nivel en la toma y el de salida del agua en las turbinas sufre una serie de transformaciones a través de las obras de conducción de las máqui-- nas de generación eléctrica, sintetizable así:

- a) Energía cinética de translación en la conducción forzada que lleva el agua a turbinas.
  - b) En energía mecánica por rotación de los organos móviles de las turbinas y de los alternadores.
  - c) Energía eléctrica en los alternadores mediante la acción inductiva del cam-- p g r a t o r i o .
- C) Según la clase de corriente obtenida. Una planta puede ser de corriente continua o directa, de corriente alterna o conversión.

**Plantas de corriente directa (C.D.)** Son en general de poca capacidad y de uso limitado para tranvías y ferrocarriles eléctricos, industrias electrolíticas y servicios de comunicaciones.

Además, como la energía de C.D., no es transportable económicamente a distan

cias grandes, por lo general cuando se requieren suministros de C.D., la solución más económica consiste en transportar la energía en forma de C.A., al área de consumo, en donde para su utilización es convertida en C.D.

Se trata de minimizar la suma de los costos de inversión y operación, mediante una mezcla óptica de los diferentes medios de generación satisfaciendo la potencia y la energía eléctrica requeridas, con una calidad adecuada del servicio.

## C A P I T U L O   I V

### SISTEMAS DE TELECONTROL.

#### I N T R O D U C C I O N

El telecontrol como ya se mencionó, se puede definir como la técnica de gobernar el funcionamiento de procesos a distancia.

La definición incluye dos aspectos perfectamente diferenciados, por un lado, el tema del control de procesos, y por otro la intervención del parámetro distancia en el sistema a desarrollar.

Por lo general, el problema de distancias impone sus soluciones sobre el problema de control, es decir, los medios disponibles para realizar las transmisiones fijan los parámetros que permiten al ingeniero de teoría de control, controlar estabildades estructura del sistema, etc. Por ello los sistemas en lazo abierto, estudiando los aspectos de la forma de transmisión, el soporte físico y los equipos necesarios para cumplir los fines específicos de la instalación. Una vez establecidas las soluciones para estos problemas se procede a diseñar los sistemas de control propiamente dichos, por lo que, en lo que sigue se hará más incapié en los aspectos de transmisión de mensajes y en la instrumentación de los sistemas.

Conviene situar en este punto el tipo de necesidades que requiere el diseño de un sistema de telecontrol, dado que los tipos de información a transmitir difieren notablemente de los tipos de información que normalmente se intercambian por medios eléctricos. En efecto, los datos que se transmitirán normalmente suelen tener un carácter preciso y una prioridad elevada, dado que de ellos pueden derivarse decisiones graves y con poco tiempo de respuesta posible. En ingeniería de comunicaciones se estudia la transmisión de sonidos a través del teléfono o la radio, de imagen, a través de la T.V. o el facsímil de escritos como en el caso de los bancos, agencias -

de viajes, etc., telex. Es obvio que estas informaciones presentan una entropía alta, dado que no se conoce a priori el tipo de mensajes a transmitir.

Por el contrario, en el caso del telecontrol existen muchas situaciones en las que los tipos de mensajes son muy limitados, pudiéndose simplificar y adaptar perfectamente el equipo a su función. Para poder hacer esta adaptación se requiere, en consecuencia conocer las formas de tratamiento de señal, teoría de comunicación, técnicas de medida y en último término teoría de control, de cara a la utilización final del sistema. Todas estas técnicas han de combinarse para tratar de conseguir que el sistema resultante sea lo más fiable y seguro posible, adaptándose eléctrica y funcionalmente a la instalación preexistente que se pretende controlar.

#### DISTINTOS TIPOS DE PROBLEMAS PLANTEADOS EN UN SISTEMA DE TELECONTROL.

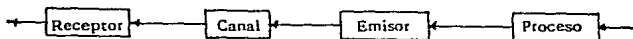
La automatización de los procesos industriales implica, en definitiva, la situación o sustitución del elemento humano en la toma de decisiones en aquellas circunstancias que por las características del sistema se requerirá. Estos supuestos se pueden clasificar en los siguientes apartados.

- a) Cuando la acción del hombre no sea lo suficientemente rápida, como en el caso de cambios de rumbo de un cohete, etc.
- b) Cuando dicha acción no sea suficientemente segura como en el caso del control de un proceso químico en el que sean importantes las temperaturas para evitar explosiones o en el caso de una señalización de ferrocarriles.
- c) Cuando la capacidad de apreciación del hombre no sea suficiente para obtener datos con suficiente precisión.
- d) Cuando la capacidad de proceso de datos de un hombre sea insuficiente, como en el control de una gran instalación.

Tendiendo en cuenta lo anterior, los posibles grados de intervención humana den

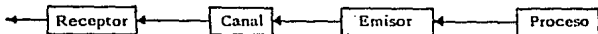
tro de un sistema, que definen problemas perfectamente diferenciados, en los que dividir el estudio de telecontrol, serán los siguientes:

- 1.- **Transmisión de mensajes de significado prefijado.** El esquema funcional de este caso se representa a continuación.



Aquí se observa que tanto la entrada como la evaluación de información es por medios humanos. Las entradas suelen ser órdenes que se pueden enviar con un código, determinando sin más que pulsar un botón o bien datos que se introducen normalmente sobre valores que se han de dar a una determinada variable en el extremo lejano. Obviamente, en el caso de órdenes del tipo si o no, se enviarán mensajes de tipo binario y en el otro caso mensajes de forma analógica más elaborados.

- 2.- **Supervisión de una instalación a distancia.** En este caso la emisión de información es automática, mientras que la recepción y elevación se realiza por medios humanos, según el esquema siguiente:

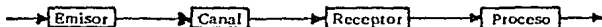


En el caso en que la información transmitida sea de dos estados posibles, como apertura y cierre de una válvula, paso, no paso, etc., se está ante un problema de señalización. En el caso de que se trate de información que pueda tomar valores continuos se entiende que el problema es de telemetría, es decir de medida a distancia, pudiendo ser obviamente estas medidas digitales o analógicas.

- 3.- **Accionamiento a distancia.** Cuando se pretende gobernar un proceso a distancia puede ocurrir que sea factible la fijación manual de las variables de entrada, transmitiéndose éstas como órdenes que se ejecutarán automáticamente.

En el caso de transmitir órdenes con dos estados posibles se tratará de un pro-

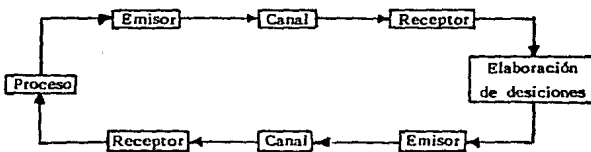
blema de comunicación remota. Si lo que se envían son señales continuas en forma digital o analógica, el problema será de teleguía o telemando, tal como en el caso de gobierno de la dirección de un cohete, etc.



- 4.- **Teleautomatización.** En el grado más completo de automatización de un proceso a distancia se elimina por completo la actuación humana, relegándose a labores de supervisión sin posibilidad o con muy pocas posibilidades de intervenir en el proceso, salvo en casos extremos.

En este caso darán dos caminos simultáneos de información que fluirán en sentidos contrarios. Si la regulación del proceso incluye la actuación de elementos binarios.

En otro caso se podrían regular variables continuas como en cualquier sistema de control en el que no intervenga el factor distancia.



#### "GRADOS DE AUTOMATIZACION E INTERVENCION HUMANA"

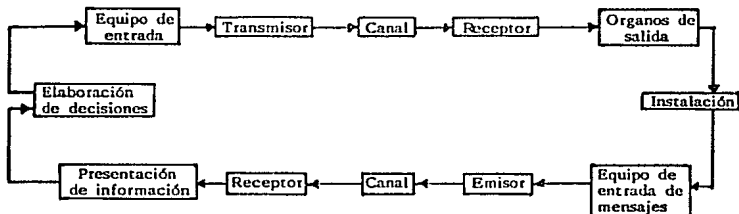
La posibilidad de intervención humana dentro de un sistema industrial automatizado modifica profundamente su estructura, tanto desde el punto de vista funcional como de tipo concreto de equipos y su complejidad se hacen necesarios para establecer el sistema. Por otra parte, suele ser normal, histórica y económicamente -



que al plantearse la necesidad de automatizar un proceso, se procede por pasos, en los que progresivamente se va eliminando la intervención humana en el conjunto, --- hasta llegar a los sistemas más avanzados y costosos en los que esta presencia desaparece por completo o asumen únicamente un papel de supervisión y de acción en - casos extremos de emergencia.

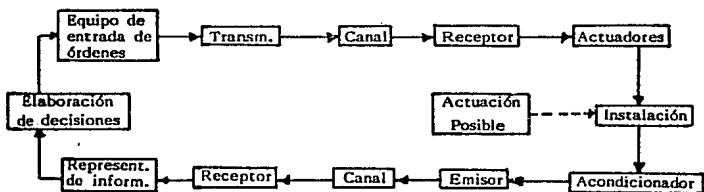
El caso más simple de automatización parcial es el que incluiría un canal de - medidas y otro de órdenes, pero de donde tanto las entradas como las salidas del - sistema se realizan después de pasar el control de un operario. El esquema básico del sistema se muestra en la siguiente figura:

#### CANAL DE ORDENES



Las órdenes son emitidas normalmente en el extremo lejano al proceso y transmitidas hasta el extremo próximo, donde son interpretadas y ejecutadas también manualmente.

El estado del proceso es transmitido a la estación central o lejana por otro -- operario, enviando así elementos de juicio al de la central, para elaborar decisiones.

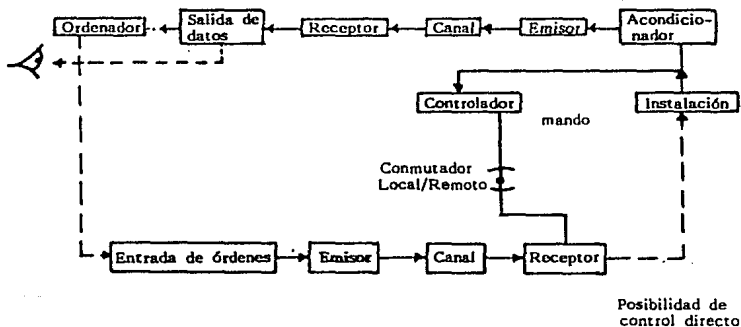


Es decir, el canal de órdenes y medidas funciona automáticamente, sin embargo, - cabe la posibilidad de que en un momento determinado que puede ser de emergencia el control del proceso se lleva a cabo directamente sobre la planta sin intervención de las ordenes del telemando. Ello también evita posibles fallos en este sistema. -- Desde un punto de vista económico el ahorro estriba en el personal que ha de prestar atención constante en los equipos de ordenes y mensajes del caso anterior, que en -- este caso es substituido por personal de supervisión que puede realizar otro tipo de -- funciones simultaneamente.

En los casos en que la automatización del telecontrol es total, se pueden dar - dos posibilidades, dependiendo de la extensión física del tipo de instalación a contro- lar.

En definitiva, las posibilidades son que el sistema de telecontrol forme parte del lazo de control del sistema o que sea exterior a él.

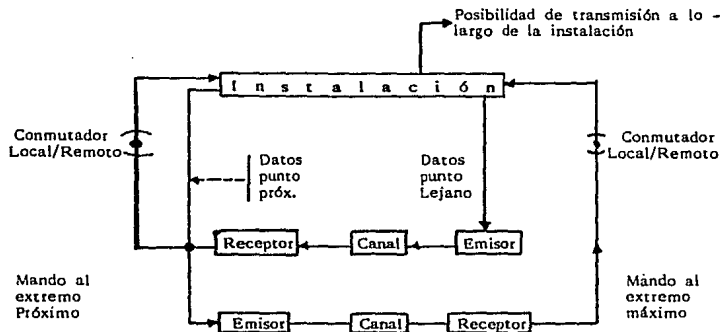
Comenzando por el segundo caso, el esquema de bloques del sistema se presenta en la figura siguiente:



En la instalación o proceso a controlar puede existir un sistema de control local cuyas consignas son alteradas desde un extremo lejano, donde se han elaborado decisio nes, normalmente por medios automáticos (ordenador), a partir de las telemidas rea

lizadas en el proceso, es evidente que aquí el equipo de telecontrol no se encuentra dentro del lazo, pudiendo funcionar la instalación de forma autónoma.

Segundo caso, es aquel en el que el telecontrol forma parte del lazo de control del sistema debiendo por tanto conocer su dinámica a la hora de iniciar el conjunto del sistema. Este caso se suele dar cuando las instalaciones a controlar son extensas dependiendo las consignas a introducir en un punto del estado, de otro físicamente alejado. El esquema de bloques del sistema más completo posible se muestra en la figura siguiente:



Aquí el controlador automático actúa sobre un punto determinado del sistema, recibiendo datos de este punto y de los puntos lejanos, y dando ordenes al mismo -- tiempo a la zona local y a los alejados, naturalmente la banda del control realizado, depende tanto de las informaciones recibidas, como de la seguridad en la ejecución -- de las ondas emanadas del controlador, por lo que se ha de cuidar extremadamente la minimización de los errores de transmisión e interpretación. Por otra parte, cuando más automatizado y complejo sea un sistema, más debe cuidarse la posibilidad -- que éste se pueda gobernar de forma manual, a fin de evitar catástrofes y fallos -- de equipo, para ello ha de preverse la posibilidad de que el control se pueda efectuar desconectando los equipos de telecontrol, sin que la instalación o proceso deje de funcionar satisfactoriamente.

El esquema de la figura se podría simplificar en algunos casos disponiendo ---

tan solo de canales de orden o de información desde o hasta el controlador, partiendo del extremo lejano de la instalación como puede ser el caso de redes eléctricas, oleoductos, gaseoductos. Ello vendrá fijando en definitiva, por la posibilidad de medir o actuar en extremo próximo o lejano.

### TELEMANDOS Y TELEMEDIDAS PROXIMOS

En este apartado se intenta presentar las medidas de telemandos y telemetría para distancias pequeñas a cubrir, entendiéndose éstas, del orden de decenas o centenares de metros; este tipo de aplicaciones surge cuando interesa tener las medidas, por ejemplo, de un extremo a otro de una instalación, o desde una posición de accionamiento o medidas inaccesibles, hasta otro punto o que el sistema pueda ser fácilmente controlado por un operario. Tradicionalmente este tipo de telemedidas se clasifican en los siguientes apartados:

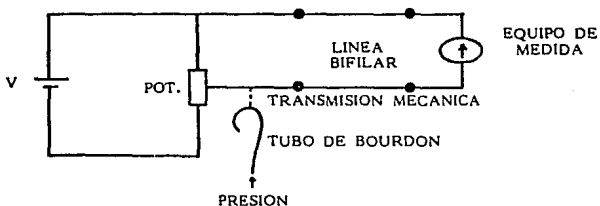
- |                 |               |          |
|-----------------|---------------|----------|
| • De tensión    | • De impulsos |          |
| • De corriente  | • De posición | Continua |
| • De frecuencia |               | Alternas |

A continuación se tratan brevemente estos sistemas, que no por ser simples y en consecuencia, menos costosos que los grandes sistemas, dejan de ser importantes dada su naturaleza y extensión en la práctica.

- Los sistemas de telemedidas por tensión. Se basan en convertir la señal de salida del transductor en una tensión proporcional a la magnitud medida, en valor normalizado a fondo de escala (por ejemplo de 0 a 1 ó 10 vol.) recibiendo esta tensión en el extremo de una línea formada por un par de hilos conductores, -- siendo utilizada posteriormente para presentarla en un voltímetro o para un propósito ulterior. Las tensiones utilizadas deben ser lo más bajas posibles, a fin de conseguir que la corriente por la línea sea mínima y evitar de esta forma -- caídas de tensión que supondrían una compresión de la escala en el extremo receptor. Como consecuencia de lo anterior, las potencias manejadas en este sistema son bajas y la susceptibilidad al ruido del sistema es bastante grande en cualquier caso conviene mantener la resistencia de la línea lo más baja posible y hacer que la impedancia de entrada del dispositivo sea lo más alta posible.

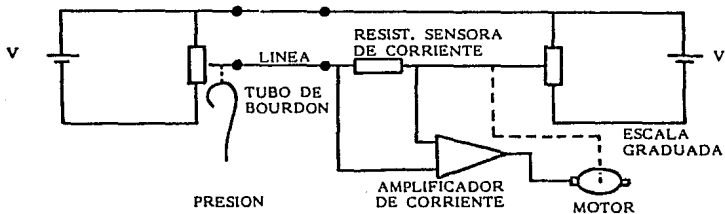
En la figura siguiente se muestra simplificado el caso de telemetría en tensión.

de una presión de gases mediante manómetro con sensor de tubo de Bourdon y - transductor potenciométrico. El extremo del tubo desplaza la toma intermedia de potenciómetro, enviando a una tensión proporcional del tubo a la línea.



A fin de reducir al máximo la pérdida en la línea, a veces se utilizan técnicas - de medida potenciométrica en el extremo receptor de la línea con que se anula la corriente que la atraviesa, y en consecuencia la caída.

Este sistema se muestra en la figura siguiente:



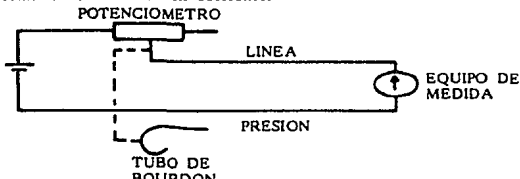
Una resistencia en serie con la línea directa, la corriente que la atraviesa, un -- amplificador de corriente, amplifica esta señal atacando a un motor que posiciona el cursor de un potenciómetro alimentado convenientemente. La posición del cursor indica la lectura de la variable a medir.

Las convenientes que presentan los sistemas de telemidas en tensión, son evita- dos en parte por los sistemas de bucle de corriente constante o telemidas de - corriente. Estos sistemas se basan en enviar a la línea una corriente proporcional

a la magnitud a medir.

En los sistemas de telemidas de corriente. La principal ventaja estriba en que al ser la corriente constante, se desarrollan tensiones lo suficientemente altas en la línea, para que el conjunto de sistema sea mucho menos sensible al ruido y a la degradación de la señal, que los métodos de tensión. Por otra parte, la escala analógica se establece situando al cero para una corriente determinada, por lo -- que la falta de corriente en la línea se debe interpretar como la rotura de ésta, lo cual es también una ventaja sobre los sistemas de tensión. Se encuentra muy extendido el uso de sistemas con la escala situada en el margen de corriente de 4 a 20 miliamperes. Lo que habrá que evitar a toda costa en estos sistemas, son las desviaciones de corriente de la línea, ya que esto puede dar lugar a una comprensión de la escala en recepción.

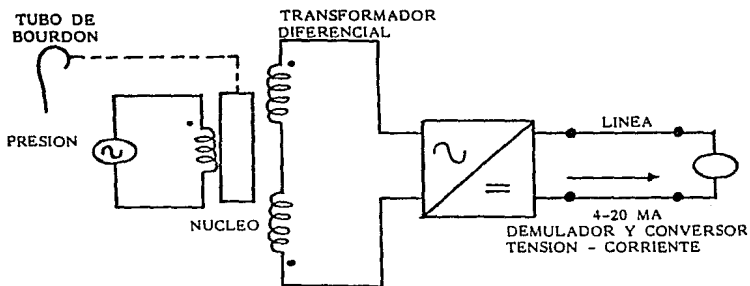
Volviendo el ejemplo del manómetro de gases, en la figura siguiente se muestra - un sistema de telemida en corriente.



La única puntualización que conviene hacer a la citada figura, es que el potenciómetro debe presentar una impedancia mínima de una orden de 10 a 100 veces superior a la resistencia del bucle formado por la línea y el equipo de medida, que en este caso ha de presentar baja resistencia.

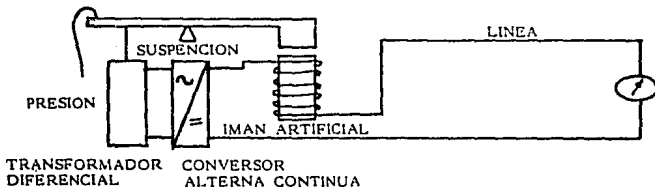
De esta forma se asegura que la corriente por la línea será independiente de las características de ésta.

En la figura siguiente se muestra un sistema de medidas de presión utilizando como transductor un transformador diferencial y un convertidor alterna continua o un amplificador de portadora.



Y por último en la figura siguiente se muestra un sistema de medidas en corriente, utilizando el equilibrio de fuerzas o de un Servo transmisor denominado de esta forma, el conjunto del sistema emisor, que normalmente se encuentra alojado en una única caja. Utilizando siempre el ejemplo del tubo de Bourdon, en este caso se desplaza una palanca que provoca una señal de desequilibrio en un transductor, como puede ser un transformador diferencial. La señal de salida de este transductor se convierte en una corriente proporcional al desequilibrio, convenientemente amplificada ataca a un electroimán que repone la barra en su posición inicial. La corriente que se envía a la línea proporcional a la deformación del tubo, se utiliza para activar el electroimán.

Estos sistemas suelen ser muy lineales, independientemente de la linealidad del transductor de desplazamiento o del tubo de Bourdon, ya que el primero debe detectar un desequilibrio sobre la posición de 0, por lo que su margen de linealidad a de ser muy pequeño, ocurriendo algún parecido con el segundo.

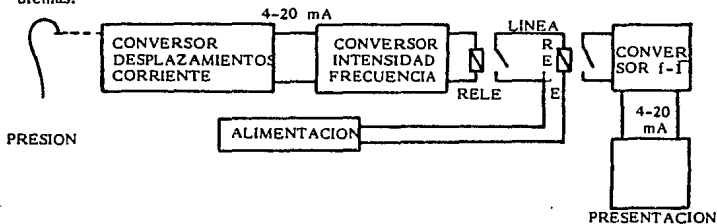


Los sistemas de teled medida analógica en frecuencia, se basan en establecer una - proporcionalidad entre el nivel de tensión o intensidad, y la frecuencia que se emite a la línea.

No se trata de sistemas de frecuencia modulada proporcionalmente dichos, ya que sólo sirven para transmitir señales prácticamente de continua, utilizándose señales sinusoidales (pocas veces) o cuadradas por apertura y cierre de un circuito. Los márgenes de frecuencia utilizados van desde una escala situada entre 5 y 25 Hz, a una escala que cubre entre 10 y 30 Hz, existiendo varias normas ya establecidas para situar los márgenes de frecuencia. En la figura se muestra simplificado uno de estos sistemas y el bucle que se establece en todo caso es de corriente constante, como en el caso de los teletipos.

- El sistema de teled medidas de frecuencia. Un interesante sistema basado en una teoría distinta a la expuesta, es el que se utiliza para medir la potencia entregada al árbol de una hélice marina.

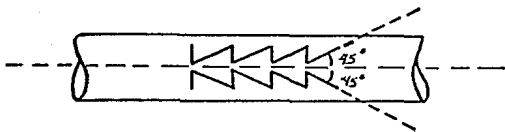
El problema en este caso estriba en que hace falta medir el par de tensión del - eje y las revoluciones que éste dé por minuto, si el producto de ambas magnitudes es la potencia desarrollada. La medida de velocidad de giro no presenta problemas.



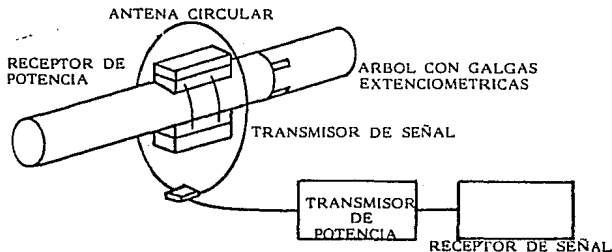
Ya que se puede utilizar sin contacto con el eje, por ejemplo, mediante tacómetro inductivo u óptico. Sin embargo, resulta más difícil medir el par.

El método a seguir consiste en situar rosetas de galgas extensiométricas de 90 ° situadas con los ejes activos a 45 grados del eje, de forma que presenten máxima sensibilidad a la formación de torsión, tal como se muestra en la figura siguiente:





La dificultad consiste en introducir la alimentación de las galgas y en extraer la información proporcionada por éste, sin necesidad de utilizar anillos colectores ya que estos presentan el problema de desajuste de escobillas, ruidos de contacto y deslizamiento, variación de las características eléctricas de contacto. Para ello - se utiliza un sistema de telemetría que introduce la alimentación en las galgas, induciendo una portadora de alrededor de un MHz. La detección de esta señal y la estabilización de la tensión obtenida, permiten alimentar las galgas. Por otra parte, la tensión de salida del puente de galgas se aplica a un emisor, cuya frecuencia es modulada por dicha tensión, transmitiéndose al exterior en una banda centrada en 30 KHz, que es captada por una antena en forma de anillo, que abraza al árbol. La figura siguiente representa la disposición real del sistema.



En telemidas a corta distancia no se suelen emplear sistemas muy elaborados - de transmisión en impulsos, salvo que el propio transmisor genere información digital.

No obstante, la tendencia actualmente es la de digitalizar en lo posible los sistemas, debido a la fiabilidad obtenida, el costo decreciente de los componentes y - la existencia de más y mejores dispositivos que permitan interaccionar con máquinas digitales de supervisión y control.

Los tres tipos básicos de sistemas utilizados se pueden clasificar en:

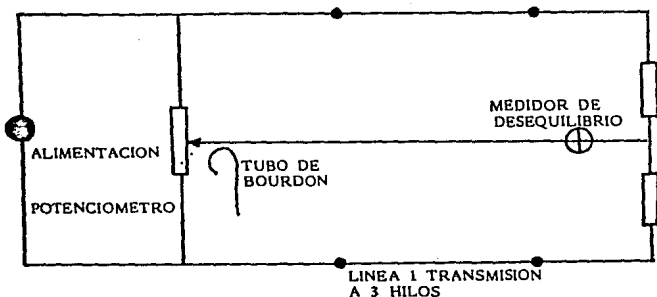
- a) Sistemas por modulación en anchura.
- b) Sistema de cuenta.
- c) Sistemas codificados.

a) Los sistemas de modulación en anchura. Son los más antiguos, inicialmente se instrumentaban por procedimientos mecánicos, utilizando motores y levas, actualmente estos sistemas son totalmente electrónicos y se utilizan en pequeñas instalaciones, para el telecontrol de procesos lentos y continuos.

b) Los sistemas de cuenta. Son los que se utilizan en sistemas de factorización de sucesos, los emisores son en este caso por ejemplo, medidores de potencia electrónica, cuenta vueltas, detectores fotoeléctricos, etc. Los impulsos generados pueden presentar formas variables, dependiendo de la aplicación y -- basta con que el dispositivo receptor acumulador sea capaz de discernir la presencia o ausencia de impulsos.

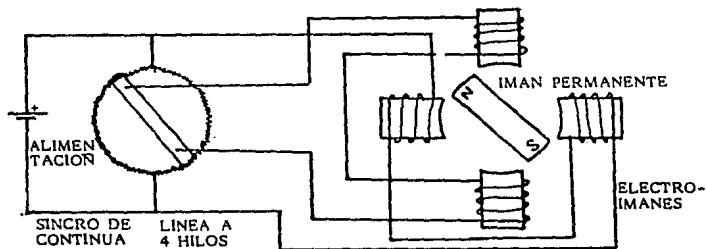
c) Los sistemas codificados. Se utilizan en la actualidad para aquellas aplicaciones en las que la información haya de introducirse en un sistema de cálculo o proceso de datos digitales, de hecho en este caso se suele tender a que el transmisor emita señales equivalentes a la de un periférico normal de ordenador. Así pues, se utilizan códigos de tipo ASAI, para transmitir a mayor o menor velocidad, dependiendo de la velocidad del proceso a medir o controlar. -- Una vez se utilizan códigos tipo Baudot o códigos BCD, aunque la normalización internacional tiende a los códigos tipo ASCII, para todas las aplicaciones.

Los sistemas de telemidas de posición. Se pueden clasificar en tres grupos, los de continua, alterna y los digitales, que hacen uso de codificadores angulares o lineales. En la figura siguiente se muestra un sistema sencillo de telemidas de posición o continua en puente.



En definitiva, se trata de un sistema en el cual la parte receptora detecta el desequilibrio del puente formado por el potenciómetro conectado en el elemento mecánico en el extremo emisor, siendo este desequilibrio proporcional a la magnitud telemedida. El sistema se puede complementar con un servo que equilibre el puente en el extremo receptor de forma automática.

Otro sistema de telemedida de posición es el denominado sincro de continua, y se representa en la figura siguiente:

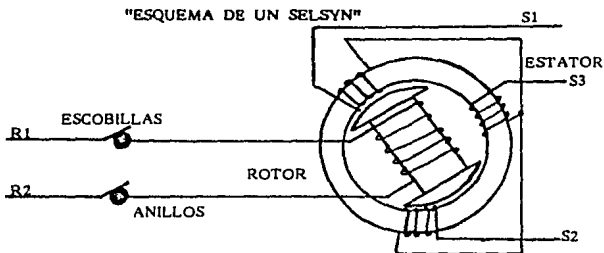


El conjunto consta de un potenciómetro circular continuo y dos tomas en extremos diametralmente opuestos.

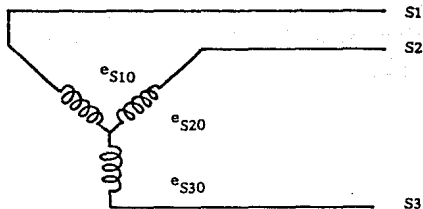
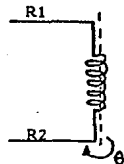
Una doble escobilla dispuesta como indica la figura permite obtener un par de tomas intermedias variables, la transmisión se realiza a cuatro hilos, siendo el dispositivo un receptor un conjunto de electroimanes accionados por hilos correspondientes que permiten crear un campo total con una dirección que sigue a la posi

ción de las escobillas del emisor, de esta forma un imán permanente en el receptor se colocará según la dirección adecuada, pudiendo utilizarse directamente como dispositivo indicador de aguja. Los inconvenientes de este sistema son: el desgaste progresivo de escobillas y pistas del potenciómetro; su lentitud de respuesta; la poca energía que se puede extraer del receptor y el elevado número de hilos que hacen falta para la transmisión.

El sistema de telemidas de posición alterna más popular es el Selsyn o transformador síncrono trifásico. El tipo más sencillo consta de un rotor y un estator. El rotor incluye un devanado denominado de alimentación, al que se accede desde el exterior mediante un par de anillos de contacto y de escobillas. El estator contiene tres devanados separados geoméricamente y electrónicamente - 120 grados entre sí, conectados normalmente en estrella tal y como se muestra de forma esquematizada en la figura que representa un transmisor de par síncrono trifásico, cuyo funcionamiento se comentará.



Este transmisor consta de un rotor en forma de H, dispuesto de tal forma que induce tensiones en los tres devanados del estator que dependen del ángulo relativo entre los ejes magnéticos del rotor y de los respectivos devanados del estator. La alimentación del rotor se suele realizar con 115 voltios de alterna a 60 Hz, 26 voltios a 400 Hz, o tensiones comerciales homólogas. Si se toma como origen de ángulos del sistema aquél para el que la tensión de salida en c. devanados. En la figura siguiente se representa el diagrama habitual del Selsyn.



Con la notación allí empleada las tensiones obtenidas en circuito abierto en los estatores son:

$$e_{s10} = K_1 \cos \cos (wt + x_1)$$

$$e_{s20} = K_2 \cos (\theta + 120^\circ) \cos (wt + x_2)$$

$$e_{s30} = K_3 \cos (\theta + 240^\circ) \cos (wt + x_3)$$

Las simplificaciones que habitualmente se realizan en las ecuaciones suelen ser las siguientes:

- 1.- Los acoplamientos del rotor a cada uno de los devanados estatores son iguales, es decir:

$$K_1 = K_2 = K_3$$

- 2.- Los tres desfases del rotor a los estatores son iguales, no dependen de la posición del rotor y se toman como origen de fases en tiempo, es decir:

$$x_1 = x_2 = x_3 = 0$$

Es de hacer notar a la vista de lo anterior, que las tres tensiones inducidas se encuentran en fase, por lo que solamente cabe hablar de un sistema trifásico, desde un punto de vista geométrico y no temporal como suele ser la costumbre. En cualquier expresión relativa a las tensiones obtenidas de un Selsyn, suele asumir que los acoplamientos entre rotor y estator son los que corresponderían a una transferencia ideal, entrando en juego por tanto las relaciones de transformación respectivas, no obstante, suele ser cómodo trabajar, en vez de con las tensiones inducidas en cada devanado, con las obtenidas entre cada par de terminales de salida, S1, S2, S3z, por lo que se puede escribir sin más que operar en las expresiones anteriores:

$$e_{s1s2} = K \text{ SEN } (\theta - 120^\circ) \cos wt$$

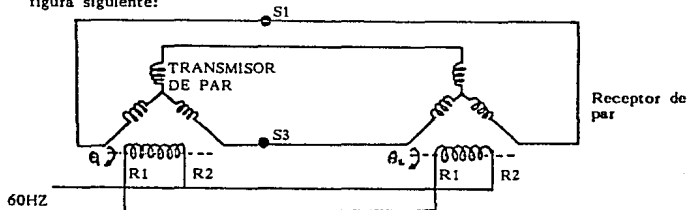
$$e_{s3s1} = K \text{ SEN } (\theta + 120^\circ) \cos wt$$

$$s_2 s_3 = K \text{ SEN } \theta \text{ cos } \omega t$$

Donde se observa que al igual que las tensiones en los devanados del estator, - las tensiones entre terminales presentan una relación de amplitud proporcional a un seno desfasado más, menos  $120^\circ$  con respecto a la posición de referencia.

Desde el punto de vista del telemando los Selsyn se utilizan básicamente para - realizar dos tipos de funciones, es decir, transmitir la información del ángulo de giro de un eje y mover otro directamente con dicha información, o bien transmitir dicha - información y accionar con ello un Servo que mueva a una carga mecánica de acuerdo con el ángulo de giro en el extremo emisor. En el primer caso se dirá que se trata de un conjunto transmisor receptor de par, para los dos dispositivos empleados, mientras que en el segundo se tratará de un sistema transmisor de control y otro trans-foimador de central en el receptor.

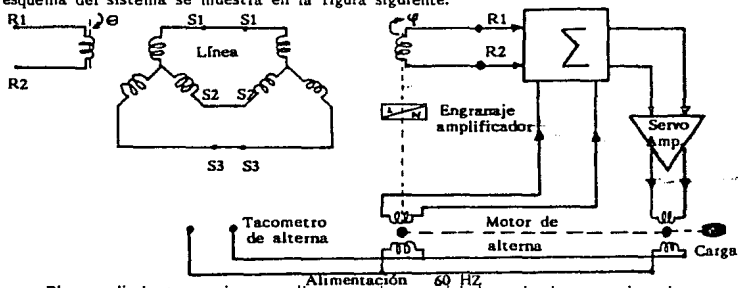
El esquema básico de un sistema transmisor receptor de par, se presenta en la figura siguiente:



El funcionamiento que tiene lugar es el siguiente. El rotor del sistema del extremo emisor esta alimentado por tensión alterna de la frecuencia de red denominada portadora, en este caso. De esta forma induce en el estator del transmisor de par - tres tensiones como las inducidas anteriormente. Estas tensiones hacen circular corriente a través de los tres hilos de conexión de los devanados del estator del emisor y receptor, estableciendo un determinado juego de tensiones en bornes de dichos devanados. Por otra parte, al estar el rotor del receptor de par alimentado por la misma tensión alterna que el rotor del transmisor inducirá en el estator del receptor un juego de tensiones que no tienen porque ser iguales a las transmitidas por el emisor. - Esto hace que circule corriente por los hilos del estator creando un par sobre su rotor, que se anulará cuando ambos rotores esten alineados. Del análisis cuantitativo -

del sistema se pueden deducir entre otras las siguientes conclusiones, en primer lugar el par se anula con equilibrio estable para una sola posición relativa de ambos rotores. Por otra parte, la resistencia de los hilos de conexión de ambos dispositivos degradan el funcionamiento del sistema ya que el par ejercido sobre el rotor receptor disminuye con el inverso del cuadrado de la resistencia de los hilos, por esta razón y por la pequeña capacidad de desplazar cargas mecánicas de par es por lo que este tipo de sistemas se pueden utilizar en ciertas telemidas de posición, desplazando el receptor tan solo una aguja inductora, siendo valores típicos de par disponible por grado de deslizamiento entre rotores de unos 20 gem/grados.

A fin de poder utilizar uno de estos sistemas para teleposicionamiento o para telemidas de precisión, es por lo que se utilizan transformadores síncronos trifásicos de control, que servo posicionan cargas mecánicas elevadas con gran precisión, el esquema del sistema se muestra en la figura siguiente:



El procedimiento consiste en alimentar el rotor del denominado transmisor de control con una corriente alterna, tal como se hace en el caso de los transmisores de par. Sin embargo, ahora el rotor del receptor que en este caso se denomina transformador de control se utiliza para recoger de él la tensión inducida desde el estator que se encuentra conectado con el estator del transmisor de control, mediante los tres hilos de habituales. La señal así obtenida se utiliza convencionalmente amplificada para mover un motor de alterna que a su vez posiciona el eje transformador de control, de forma que éste sigue al del emisor, en la figura anterior se incluye un te lecontrol de alterna que esta conectado mecánicamente al eje del motor y de la carga (comunes) proporciona una señal de realimentación al amplificador. Esta señal será proporcional a la velocidad angular del motor, en dicha figura se ha incluido un

sistema de engranajes que aumenta la presión y rapidez del posicionamiento es evidente que el motor dejará de moverse cuando la señal de control dada por el amplificador se anule, lo cual supone que la tensión en bornes del rotor sea anulada. Esto -- ocurre para que el ángulo girado por el rotor del transformador de control sea igual al del transmisor.

### "VIAS DE TRANSMISION EN TELECONTROL"

Al plantearse un problema de telecontrol una de las decisiones más importantes a tomar estriba en el medio que se va a utilizar para transmitir físicamente informaciones entre puntos.

Ello es debido a que para determinados usos la parte más costosa de la instalación del telecontrol puede ser el sistema de transporte de información. La situación varía naturalmente con el tipo de aplicación conectada de que se trate. Habrá que tener en cuenta las distancias a cubrir, la existencia previa de un sistema que pueda servir de soporte físico a la transmisión, bien sean ordenes o mensajes, el tipo de interconexión requerida entre centros de control de diversa jerarquía, la legislación vigente, etc.

No obstante, se puede tratar de resumir los tipos de soportes físicos disponibles a fin de poder enjuiciar en cada caso el medio o medios más convenientes. Las vías de transmisión se pueden clasificar en tres grupos básicos.

- 1.- Líneas de transmisión en sentido amplio, pero con el denominador común de disponer de un conductor que sea soporte final de la transmisión.
- 2.- Transmisión vía radio de todas las informaciones, en este caso no existirá soporte físico para la transmisión.
- 3.- Utilización de la infraestructura, de la instalación que se pretende supervisar o controlar como soporte físico de la transmisión. Tal sería el caso de los tele--controles que se llevan a cabo en líneas de alta tensión.



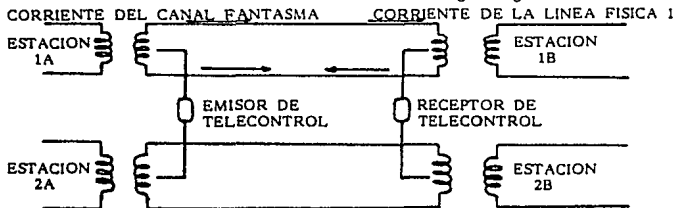
## "TRANSMISION POR MEDIO DE LINEAS DE COMUNICACION"

Comenzando por el caso de utilizar líneas de transmisión, caben dos alternativas es decir, construir líneas preexistentes para otros fines de comunicación. Construir líneas propias para telecontrol es una decisión muy importante el diseñar el sistema ya que gran parte del costo total va a constituirlo este apartado y no los equipos o el sistema de transmisión utilizado. Normalmente esta decisión solo estará justificada por las cortas distancias a cubrir por la seguridad del funcionamiento que se requiere del sistema o bien por la inexistencia de una infraestructura previa puede ser utilizada.

Los tipos de instalación que se pueden realizar son básicamente cuatro, se pueden utilizar cables de pares enterrados en zanjas. Aquí el mayor costo se deriva por el movimiento de tierras y solamente estará justificado cuando por razones legales o de seguridad no se puedan utilizar cables de pares aéreos. Esta segunda solución --- suele ser más barata aunque hay que elegir el tipo de cable pensando en utilizarlo al máximo. Cuando el número de transmisiones a realizarse sea alto se puede utilizar cable coaxial de alta frecuencia enterrado, aunque el costo por metro es bastante superior al de los cables de pares. Por último cabe la posibilidad para pequeñas instalaciones de hacer un tendido aéreo de pares, cuando el número de canales no sea muy alto.

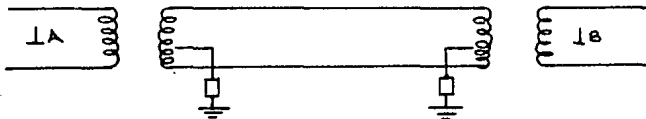
En el caso de pretender compartir circuitos preexistentes normalmente la posibilidad estibarfa en utilizar líneas de telecomunicación compartidas que las administraciones de los diversos países pueden alquilar para fines específicos como pueden --- ser el telecontrol, más alternativas posibles se detallan a continuación.

1.- Utilización de circuitos fantasmas en líneas ya tendidas y que no los poseyesen, la idea básica de este sistema se ilustra en la figura siguiente:



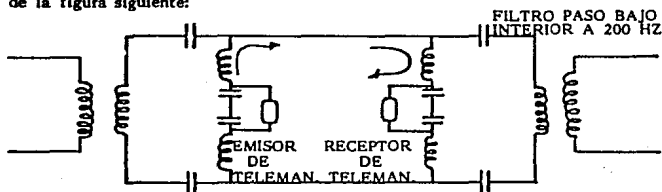
Si se considerarán dos circuitos telefónicos de pares indicados por uno y dos, en la figura, disponiendo en ambos extremos de las dos líneas de transformación -- con las características esenciales de disponer de tomas medias perfectamente equilibradas se puede transmitir una tercera señal que no afecte para nada la transformación de dos líneas. Se puede demostrar que en los tres círculos formados no se interfieren entre sí. En efecto vemos la influencia del canal de telecontrol sobre las comunicaciones telefónicas de las dos líneas, si las tomas de los transformadores están perfectamente centradas el equipo emisor, por ejemplo el del extremo "A" de la línea introducirá en ambos transformadores corrientes que se dividirán por igual entre ambas mitades de los devanadores, creando flujos magnéticos opuestos en ellos. La corriente que circulará por los hilos será exactamente la misma y en idénticos sentidos por lo que al llegar al transformador de la línea uno en el extremo lejano circulará en sentidos opuestos por cada mitad del devanado, donde una función nula de salida en el secundario de salida de ambos transformadores del extremo "B". Recíprocamente los dos circuitos telefónicos no afectarán al circuito fantasmal, debido a que si las tomas intermedias en ambos extremos están perfectamente centradas al estar todo el circuito flotando los extremos del receptor del telecontrol se encontrará el mismo potencial, por lo que no circularán corrientes debidas al par de circuitos físicos.

- 2.- Utilización del retorno por tierra. En el caso de disponer de una línea telefónica formada por un par de hilos se puede disponer un circuito adicional de telecontrol por retorno por tierra, cuando se empleen señales de tipo telegráfico para realizar el circuito de la figura siguiente:



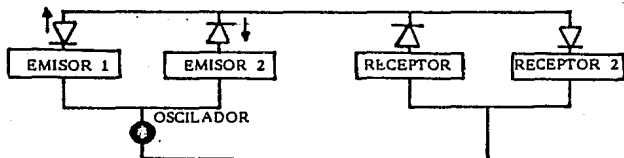
Como en el caso anterior, los dos transformadores han de estar perfectamente equilibrados en sus tomas intermedias, a fin de asegurar que no existan diafonías entre el circuito de telecontrol y el telefónico, el inconveniente de este sistema es la viabilidad de las características eléctricas, si se eleva la frecuencia portadora del telecontrol, por lo que se suele utilizar con señales de continua de todo o nada.

- 3.- **Circuitos de combinación.** Si se pretende utilizar para el telecontrol señales de continua evitando los inconvenientes del montaje interior, se puede recurrir al - de la figura siguiente:



Aquí una serie de elementos reactivos actúan de filtros para encaminar las señales de continua, hasta el receptor de telecontrol, mientras no se interfiere con la retransmisión telefónica. Tanto en este caso como en los dos anteriores es evidente el canal o canales telefónicos que se forman, además de los específicos de telecontrol, se pueden utilizar para transmitir señales de telecontrol.

- 4.- **Utilización de rectificadores.** Una línea bifilar se puede utilizar para transmitir dos informaciones de telecontrol independientes utilizando el montaje de la figura siguiente:



Siempre y cuando la línea este acoplada en continuo. El sistema consiste en utilizar un único oscilador, que se coloca en serie con la combinación de emisores en paralelo, cada uno de ellos modula la amplitud de la portadora independiente con los diodos conectados en serie, seleccionando bien la semionda positiva o la negativa del canal correspondiente pudiéndose separar ambas informaciones perfectamente en el extremo receptor.

- 5.- **Transmisión por línea a frecuencias superiores a las telefónicas.** En determinados tipos de líneas telefónicas que presenten la particularidad de no estar cargadas, se puede utilizar el margen de 4 a 8 KHz para insertar canales de telegrafía que transmitan información de telecontrol.

## "TRANSMISION VIA RADIO"

En aplicaciones estrictamente industriales se utilizan a veces ciertos márgenes dentro de la banda de VHF o más moderadamente de UHF, para transmitir órdenes, estas dos medidas o canales de voz entre diversos puntos de un sistema de telecontrol. Las bandas utilizadas dependen de la distribución del espectro en cada país, aunque normalmente se suelen emplear las de 2 ó 4 mts. El verdadero desarrollo de la aeronáutica aunque, con muy poca proyección en el campo industrial quizá algunas de las razones de este hecho se encuentran en una presunta menor fiabilidad de los sistemas de radio en comparación con aquellos basados en la utilización de línea de transmisión.

Los sistemas vía radio utilizan normalmente modulación de frecuencia de la portadora, en canales de 50 KHz de ancho de banda, debiéndose prever métodos para el intercambio de información entre central y cada una de las periféricas.

Para ello se suele recurrir a que la central interroge sucesivamente a las estaciones periféricas para que éstas envíen información inhibiendo a las no requeridas. Este tipo de esquemas se hace necesario. Ya que el número de canales disponibles en las bandas asignadas para el telecontrol es limitado, por lo que estos sistemas se suelen utilizar para servicios extendidos en el espacio y en pocas estaciones distintas que además sean de difícil acceso, haciéndose prohibitiva la instalación de líneas de telecomunicaciones.

## "TELECONTROL A TRAVEZ DE LA INFRAESTRUCTURA DE UNA INSTALACION"

Cuando se pretende realizar algún tipo de telecontrol sobre instalaciones extensas surge la posibilidad de llevarlo a cabo a través de la propia infraestructura de la instalación.

Para ello hace falta que esta instalación disponga de un camino continuo de baja resistividad y convenientemente aislado de tierra. Estas condiciones se dan en las líneas de transporte de energía eléctrica y en algunos sistemas de ferrocarriles electrificados.

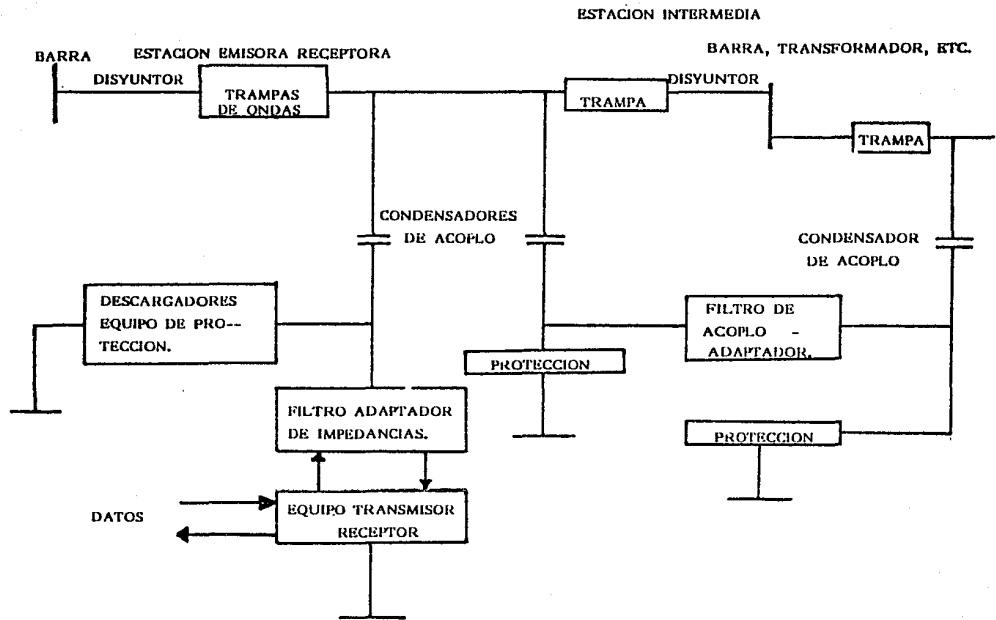
Aparte de los servicios telefónicos la mayor demanda actual de equipos de portadoras es la planteada por la creciente automatización de las líneas de transporte de energía eléctrica. El problema consiste en que resulta muy interesante conocer el estado de las líneas, las cargas sectoriales, la facturación, etc., de una forma lo más rápida y centralizada posible, lo cual requiere una conexión permanente dentro de la red de los instrumentos de telecontrol, utilizando el soporte físico de las líneas de alta tensión, lo que permite un ahorro al no tener que disponer de líneas de comunicaciones adicionales. Para realizar estas transmisiones se emplean básicamente dos procedimientos, los equipos de portadoras, es decir, multiplex en frecuencia de varios canales de información y la transmisión sin multiplex de canales de frecuencias audibles. No obstante, el método más habitual para grandes redes que requiere un gran caudal de informaciones es el primero, por la mayor cantidad de canales potenciales disponibles.

La banda que se suele utilizar para telecontrol en líneas de alta tensión es -- la que va desde unos 10 KHz, hasta 500 KHz.

Frecuencias más altas suponen más pérdidas por radiación que obligan a aumentar la potencia transmitida, polucionando, además de formar creciente por el medio - electromagnético por las enormes antenas que radian facilmente la energía de alta frecuencia que transportan. Dentro de esta banda se suelen colocar canales de los - llamados 8/4 ó 5/2.5, es decir, si la transmisión se realiza en modulación de amplitud y se emplea doble banda lateral, se utilizarán anchos de banda de 8 KHz, en el primer caso y de 5 KHz en el segundo. Si la transmisión se realiza en banda lateral - única o FM, se emplearán anchos de banda de 4 ó 2.5 KHz respectivamente.

En cualquier caso estos son los anchos de banda utilizables para canal pudiendo se colocar por cada uno de ellos canales de telegrafía de 120 Hz de ancho de banda de 126 Hz de separación. Así, en su sistema de KHz, se pueden colocar 25 canales de impulsos, mientras que en uno de 2.5 KHz se colocarán 28 canales telegráficos, - de esta forma se suelen transmitir unos 50 canales de 4 KHz u 80 de 2.5 KHz en el margen útil de transmisión de la línea, enviándose unos 10 watts de potencia a la línea.

Naturalmente, uno de los mayores problemas en cuanto a inversión al conectar equipos de telecontrol a una línea de alta tensión, estriba en el equipo de conexión y en las protecciones que es necesario incluir para los equipos y en el personal que los maneja.



En la figura anterior se muestra el diagrama de bloques de la conexión a una fase de un equipo de telecontrol sobre el que se pueden estudiar los distintos elementos que lo componen. En esta conexión el retorno de la alta frecuencia se realiza por tierra. La finalidad del sistema es que el telecontrol siga funcionando aún en el caso de que para la detección y reparación de las averías o causas que hayan producido el disparo de estaciones generadoras o transformadoras. En las estaciones transformadoras o intermedias, se hace necesario establecer un puente que salve estos obstáculos para la transmisión de la alta frecuencia, tal como se mostró en la figura anterior. Este mismo sistema se puede realizar para pasar telecontroles de una red a otra de alta tensión, en los casos de redes complejas o explotadas por diferentes empresas.

En la figura anterior se muestra un elemento denominado trampa de ondas, que sirve para evitar que los canales de portadoras vayan en sentido no deseado de la línea o bien a masas a través de la utilización. Para ello se suele disponer de una gran bobina de cobre de tamaño creciente con la tensión de la línea, de forma que a través de ella pasen los 60 Hz sin dificultad, pero, que a las frecuencias de los canales de portadora, la resonancia con su capacidad distribuida la convierte en un circuito resonante paralelo sintonizado a estas frecuencias, por lo que opone una gran (resistencia) impedancia al paso de estas corrientes, enviando su paso en el sentido adecuado. Existen varias formas de realizar estas bobinas, siendo la más común la de disponer de un armazón de material aislante que soporta a las espiras de la bobina formada por la barra o tubo de cobre de gran diámetro (4 cm. ó más). La capacidad de sintonía es la capacidad distribuida entre espiras.

Existen dos tipos de trampas, aquellas cuya resonancia es tal que atenúan dos canales de portadoras, de forma que solo se pueden utilizar estos dos para la transmisión y las de banda ancha que cubre un número mayor de bandas disponibles, siendo éstas naturalmente de construcción más costosas. El equipo de protección se conecta desde el extremo del condensador a masa, y puede consistir en dispositivos muy diversos como descargadores, disyuntores de puesta a masa, etc., normalmente se coloca exteriormente el equipo de telecontrol propiamente dicho, a fin de evitar en lo posible que en algún momento pueda existir alta tensión en el equipo de portadoras.

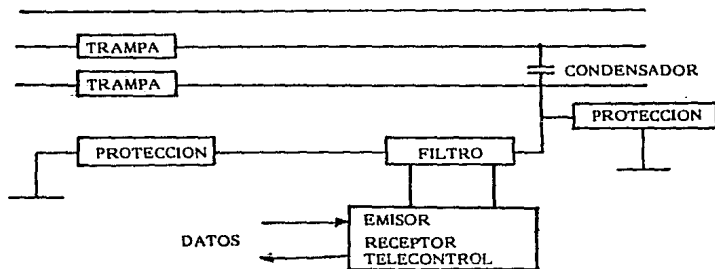
Por último, el filtro de adaptación de impedancias cumple dos misiones; por un lado selecciona la banda de interés, tanto en emisión como en recepción y por otra adapta impedancias a la línea desde la salida del equipo o bien al revés, cuando se está recibiendo.



El que el retorno de las corrientes de alta frecuencia se realice por tierra, presenta tres desventajas fundamentalmente.

- a) Al estar la señal acoplada a una sola fase, si este hilo se rompe se corta el --circuito de telecontrol.
- b) Existe una gran dispersión entre las características de diferentes tierras, produciéndose atenuaciones grandes e impredecibles en distintos casos por las corrientes de alta frecuencia.
- c) La transmisión a lo largo de un hilo y tierra es muy sensible a captar interferencias de señales de radio de onda larga, por la distancia grande que separa al hilo y su imagen electromecánica, situada a una profundidad del suelo igual a la altura del hilo sobre aquél.

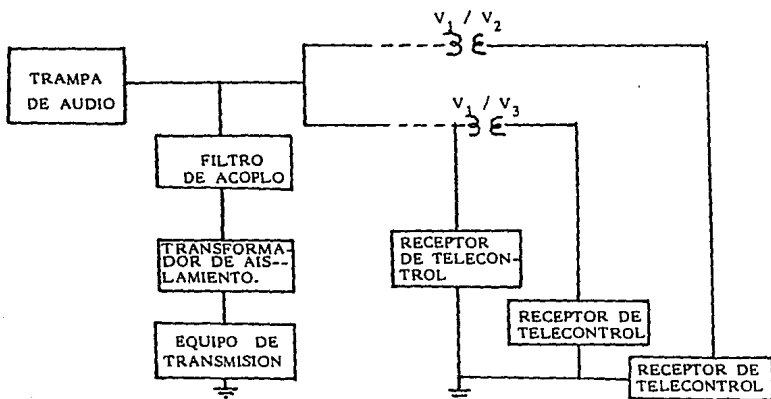
Para evitar estos inconvenientes se suele acudir a invertir más recursos económicos, acoplado el sistema de control a dos fases, de forma que la transmisión se realiza de hecho a través de una línea bifilar. Elló permite que se pueda seguir transmitiendo la señal de telecontrol a través de un solo hilo y retorno por tierra aún en el caso de que uno de los hilos de alta tensión se rompa. Por otra parte, al ser menor la separación entre hilos, es menor la captación de señales de órden larga. El montaje utilizado es el de la figura siguiente:



Donde se puede apreciar la duplicidad de condensadores de acoplo. En caso de tener que disponer de sistemas de telecontrol de redes en baja tensión y en extensiones cortas se pueden utilizar señales de audiofrecuencia para transmitir la información, ya que estas frecuencias atraviesan con facilidad los transformadores del siste-

ma. Las señales de audio se acoplan a red, utilizando transformadores especiales y -- filtros de acoplo, empleándose dispositivos analógicos a las trampas de onda del caso de alta frecuencia, pero que en este caso bloquean las señales de audio, dejando pasar el mínimo de pérdidas posibles a los 60 Hz.

El esquema posible de este tipo de sistemas puede ser el de la figura siguiente:



Donde resulta aparente que para enviar órdenes habrá que utilizar códigos que indiquen la estación que los debe ejecutar, ya que todas ellas recibirán el mensaje.

El sistema de Transmisión habitual es la telegrafía armónica, utilizando el máximo de canales disponibles dentro del ancho de banda de audio. En este tipo de redes las señales de verificación de operación no se pueden realizar mediante el mismo procedimiento, recurriéndose a utilizar línea telefónicas auxiliares para este fin.

#### MÉTODOS DE TRANSMISION DE SEÑALES DE TELECONTROL

A continuación se expondrán muy brevemente los métodos de transmisión utiliza ----

dos en telecontrol, habida cuenta de que estos métodos son los que habitualmente son utilizados entre otros sistemas de telecomunicación. Estos sistemas cabe dividirlos en los siguientes apartados:

	Métodos de telemetría próximos
	Frecuencia modulada
Métodos Analógicos	Modulación de impulsos en frecuencia
	Modulación de impulsos en anchura
	Modulación de impulsos en posición
	Métodos de telemetría próxima multihilo
	Sin codificar
Métodos Digitales.	
	Codificados
	Modulación de impulsos codificados (PCM)
	Modulación telegráfica
	Modulación digital de frecuencias

#### Métodos analógicos de telemetría próxima:

Ya se comentaron en apartados anteriores por lo que no se volverá a hablar de ellos nuevamente, sólo falta indicar que se utilizan para instalaciones pequeñas en extensión y de baja complejidad.

La modulación en frecuencia de una portadora sinusoidal o de una portadora de impulsos, se utiliza con equipos muy similares entre sí, y como es sabido, presentan la ventaja que son bastantes insensibles al ruido de transmisión con un sistema de detección de umbral adecuado, sólo serán interpretadas como señal las perturbaciones del orden de la amplitud de la señal. Por otra parte, como en los demás sistemas analógicos, la corrección de errores de transmisión es prácticamente imposible, lo cual hace que este tipo de métodos no se utilice cuando las transmisiones hayan de ser muy seguros. Los sistemas utilizados son básicamente de dos tipos. Los de banda estrecha utilizan desviaciones de frecuencia de 10 a 25 Hz, en los casos de sistemas de transmisión de 20 a 50 Baudios de velocidad, o bien de 100 a 500 Hz en los sistemas que pueden soportar velocidades de 200 a 100 Baudios. Normalmente se prefiere utilizar portadora no sinusoidal, ya que los circuitos suelen ser más simples. Concretamente la modulación se realiza en este caso mediante un simple detector de valor medio. En la actualidad esta tendencia es propiciada por la aparición de convertidores Tensión/Frecuencia, híbridos a costo bajo. Por último la F.M. de banda an --

cha sólo se utiliza para aplicaciones industriales en aquéllos casos en los que se emplea Múltiplex en tiempo de varias señales. De esta forma la anchura de banda del canal disponible se emplea de forma óptima con el fin de mejorar la relación señal-ruido.

Los sistemas de modulación de impulsos en anchura y posición son demasiado - sensibles al ruido en aplicaciones de posicionamiento a distancia de elementos no accedibles, como por ejemplo, instalaciones nucleares.

Métodos digitales de transmisión, el sistema más simple es el denominado múltihilo. En este caso, utilizando exclusivamente en telemedidas o telemandos próximos, se establecen el número de hilos a utilizar, se realizan en base a la conexión - de diodos adecuadamente, tras combinar los hilos en conjuntos mínimos, a fin de poder transmitir todos los canales que se necesiten, eliminando alguno de los hilos necesarios. No obstante, se trata de métodos poco normalizados.

Métodos digitales sin codificación, presentan la desventaja de que no se pueden corregir errores de transmisión, por lo que, salvo que se admita un mínimo error, no se utilizarán para aplicaciones que requieran una cierta seguridad. Dentro de los sistemas no codificados, quizás el más simple sea el de número de impulsos. El método consiste en que a intervalos regulares se manda un número de impulsos a la línea que es proporcional al valor de la magnitud a medir, pudiendo ser ésta de carácter - analógico o binario. Existen algunos de estos sistemas realizados electromecánica--- mente con un funcionamiento muy satisfactorio. Un sistema analógico, pero no igual consiste en el denominado método de cuenta impulsos. Aquí estos se van generando constantemente de forma aritmética y en determinados instantes el sistema de recepción totaliza o indica el valor de los impulsos recibidos desde la última totalización. Este sistema se utiliza sobre todo en facturación, en la supervisión de consumos de - energía o material desde una estación central, etc.

Por último, dentro de los métodos digitales no codificados cabe citar la modulación incremental o modulación delta. En el caso más simple, este tipo de modulación es similar al de número de impulsos. La diferencia estriba en que lo que se - manda a la línea es tantos impulsos como niveles haya superado la señal desde el anterior instante de muestreo. Si la magnitud a medir no varía, no se admitirá ningún impulso. El sistema requiere líneas de buena calidad para su transmisión fiable y --

presenta serios inconvenientes, en el caso de que se presenten señales espurias en la transmisión, ya que el error producido se arrastrará durante un tiempo, pudiendo requerir incluso una puesta a cero del receptor.

De entre los métodos digitales de transmisión, los más utilizados son los codificados, debido a la posibilidad de poder corregir errores en recepción.

Modulación de impulsos codificados conocido como PCM. Este sistema es el más utilizado y consiste en cuantificar los niveles de amplitud de la señal, adjudicando a cada uno de ellos un código binario, que es el que se envía a la línea. Los sistemas PCM son utilizados normalmente en telecontrol, se podrían clasificar en tres grupos: aquellos que emplean velocidades de transmisión muy bajas; los sistemas electromecánicos y los electrónicos. Los sistemas lentos utilizan velocidades de transmisión del orden de 1 baudio (bit/s), pudiendo enviar de 10 a 30 símbolos binarios por secuencia, con una duración total de mensaje que va de 10 segundos a 2 minutos.

Estos sistemas se utilizan con portadoras de audio moduladas en amplitud y normalmente, cada símbolo suele suponer una orden o la supervisión del estado de un equipo de funcionamiento binario.

Los sistemas electromecánicos, aunque con tendencia a desaparecer, todavía existen en instalaciones de tipo muy variado. Suelen utilizar velocidades de transmisión de unos 20 baudios, y se emplean en control continuo remoto, señalizaciones y telemandos de corta duración.

Los sistemas electrónicos, son los que más se utilizan actualmente. Funcionan con velocidades de 20 hasta 50 Baudios. En los sistemas pequeños se envían de 10 a 40 símbolos por secuencia. Sin embargo, en los sistemas más complejos con ayuda de relojes de cuarzo para sincronización, se pueden enviar cientos de símbolos (es típico el caso de 400 bits) en una sola secuencia. Estos sistemas pueden funcionar a 50 Baudios, con canales de telegrafía armónica de 120 Hz de ancho de banda. En una secuencia típica se pueden incluir informaciones distintas sobre sus aparatos controlados, ordenándose el conjunto de líneas que contienen gran cantidad de mensajes. Dentro de cada mensaje binario se incluirán los bits necesarios para detectar o corregir errores. Al principio y final de cada línea se enviarán los adecuados impulsos de sincronismo, así como al principio y al final de cada cuadro, recurriéndose en algunos

casos para mayor seguridad, al repetir determinados mensajes o secuencias. Los sistemas PCM se utilizan con grandes ventajas en las instalaciones cíclicas de telemedida, por su gran capacidad de transmisión y por seguridad.

La modulación digital de impulsos en longitud o método de transmisión de impulsos telegráficos, es el que se emplea normalmente en telegrafía. Consiste en indicar la presencia de un cero por un impulso corto (generalmente de 20 ms. para canales de 50 baudios), y la de uno por impulso largo (40 ms en canales de 50 baudios). La palabra de símbolos completa va precedida de un impulso generalmente ancho de arranque y finaliza con otro de parada. Entre ambos impulsos el número de símbolos es fijo. Este sistema presenta la enorme ventaja de que el receptor se sincroniza con cada impulso que llega, siendo muy sencilla la detección de la ausencia de algunos de los impulsos y por tanto, la corrección de errores.

Por otra parte, para forzar esta protección, se pueden incluir en la palabra símbolos adicionales para la detección y rectificación de errores. Es un sistema muy apropiado para la emisión espontánea de medidas u órdenes y presenta también la ventaja de poder simultanear el canal con otro tipo de métodos de transmisión.

Por último, los sistemas de modulación de frecuencia digital consiste en enviar un conjunto de frecuencias preestablecidas a la línea por cada símbolo binario que se desea emitir. En el caso más simple se trata de FSK (Frequency Shift Keying), en el cual sólo interviene una frecuencia por símbolo. Para utilizar esta frecuencia se suele ocupar una parte del canal telefónico, situándose, por ejemplo, 25 frecuencias distintas en el margen de 300 a 3400 Hz, o hasta 50, si se ocupa hasta 8 KHz. La ventaja de estos sistemas es su protección frente a parásitos y su mayor desventaja, el gran ancho de banda que ocupan.

#### "TIPOS DE PLANTAS"

En la actualidad cobra cierto interés cada día, especialmente en países de personal técnico caro o escaso, de elevadas condiciones de vida y de variaciones estacionales muy rigurosas el uso del control de mando automático a distancia de las plantas de energía.

Puede decirse que la importancia del telecontrol y telemando automático, varía directamente con el rigor del clima y con el nivel de vida social normal en el país. En Suecia en donde esta forma de control a alcanzado un auge mayor y en donde -- desde 1930, en que se inició su uso se ha alcanzado ya la automatización de algo - más del 25% de la generación hidroeléctrica, se consederan causas primordiales para el uso del sistema en su orden:

- 1º Dificultad de obtener personal por falta de comodidades en lugares apartados.
- 2o. Menor costo de operación.

Si bien la segunda causa merece detenida consideración en cada caso conviene tener presente que en una planta grande con tres turnos de operación que requieren un total de 18 operarios calificados, aún con una completa automatización deberán conservarse dos operarios por turno, por lo menos o sea un mínimo de seis. No hay pues, duda que la razón económica no puede alegarse indiscriminadamente.

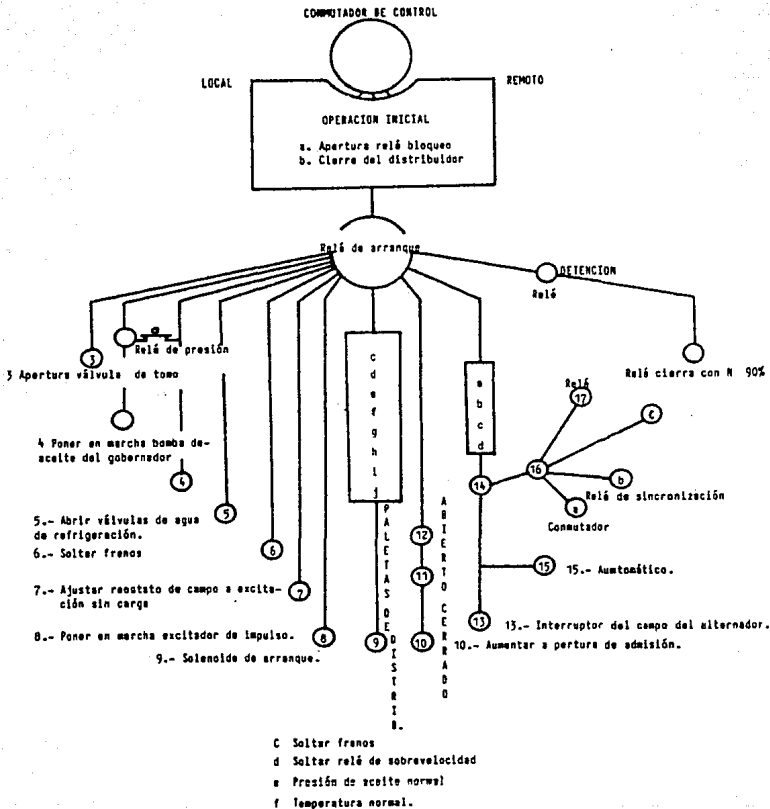
De acuerdo con la técnica y la práctica en uso, las plantas de generación hidroeléctrica automatizada se clasifican en tres clases generales, así:

- a) Semiautomáticas. En las que sólo parte de las operaciones, entre ellas las de puesta en marcha y detención, son automáticas.
- b) Automáticas con telemando. Desde un centro de operación, en las cuales la vigilancia técnica es mínima especialmente en períodos de tiempo riguroso.
- c) Plantas automáticas operables voluntariamente con telemando.

#### Operación:

No sólo las plantas de la clase c) pueden ser operadas a voluntad a distancia o mediante control local; todas las plantas comerciales totalmente automatizadas deben ser operables a voluntad localmente o con telemando. Para ello se dispone un conmutador de posiciones ((Telemandos)) y ((mando local)), en cada una de las cuales es imposible operar mediante el otro sistema, sin perjuicio de que el sistema de generación pueda detenerse a voluntad, cualquiera que sea el sistema de control actualmente en el momento como se ilustra en la figura sig:

C O M P U T A D O R   L O C A L





Desde luego, las alarmas y equipos que las producen serán desconectados cuando actúa el telecontrol, y funcionarán sólo cuando se opera con control y mando local o viceversa.

Los equipos de telecontrol y telemando deben ser diseñados con las estaciones a -- que se destinan. En éstas, una protección por disparo, por ejemplo, debe ocasionar señales correspondientes en el tablero de redes, alarma local mediante luces de parpadeo y la indicación y alarma correspondiente en la central de control, que indiquen los cambios habidos en las condiciones de operación, tales como apertura de interruptores, detención de funcionamiento, etc. El equipo de telecontrol ha de ser diseñado sólo para indicaciones de grupo, tales como ((Alternador 3 averiado)), en la estación de mando central, siendo localizada la avería en la planta de generación. Toda avería produce una alarma en la central de mando y en la planta de origen, debiendo el operador de turno visitar ésta, precisar la avería y disponer lo conveniente.

Puesta en marcha la planta. Como hemos expresado antes aún plantas automatismo total deben poder ser operadas a voluntad manualmente, mediante sistemas de mando iguales a los de las plantas convencionales. Por otra parte, la automatización de todas o de algunas funciones especiales depende en gran parte de la disponibilidad de personal especializado en operación y mantenimiento. La experiencia nos ha demostrado, por otra parte, que ciertos servicios tales como el suministro de agua de refrigeración, deben ser operados a mano; en el caso, por ejemplo, de suspensión de un grupo durante la noche el sistema de refrigeración con agua deberá continuar en funcionamiento hasta el día siguiente, sin que ofrezca peligro alguno. La conexión y desconexión de los sistemas auxiliares de energía y luz, es también preferible a mano, ya que las perturbaciones en la frecuencia son tan inapreciables que no justifican el sincronismo automático.

Antes, las compuertas de admisión siempre eran operadas a mano, pero recientemente su apertura ha quedado incluida en la puesta en marcha automática de la estación, en tanto que el cierre es accionado por un operador independiente a través del telemando. Esto está en consonancia con el objetivo principal de la automatización consiste en el arranque y detención de los generadores y la conexión de las fuentes auxiliares de energía.

Las operaciones sucesivas de puesta en marcha son: en primer término poner la manija del conmutador (1) del lado conveniente, cerrar las paletas de distribuidor y soltar el relé de bloqueo de la turbina. Se cierra luego el relé (2) de arranque el cual permanece así hasta que han tenido lugar las siguientes operaciones.

- 3.- Apertura de la válvula de admisión mediante orden que cumple un equipo especial que limita la velocidad que apertura y el tiempo de llenado de la tubería. Un contacto especial en la propia válvula desconecta el relé de bloqueo de la turbina la cual se pone en marcha tan pronto como la apertura de la válvula permite operar al grupo generador sin carga.
- 4.- Puesta en marcha de la bomba de aceite a presión del gobernador, el cual debe siempre estar provisto de dos bombas iguales, aunque arranca automáticamente con el cierre del relé de arranque y otra (4ª) que es operada por un relé de presión, esté o no trabajando la turbina. El bombeo puede hacerse por cualquiera de ellas a voluntad, mediante un conmutador a mano.
- 5.- Apertura de la válvula que suministra agua refrigerante para el enfriador del aceite de los cojinetes.
- 6.- Aflojamiento de todos los frenos, si es grupo ha estado funcionando poco y ha sido frenado.
- 7.- Ajuste del reóstato de campo a una posición de excitación sin carga.
- 8.- Puesta en funcionamiento del excitador auxiliar.

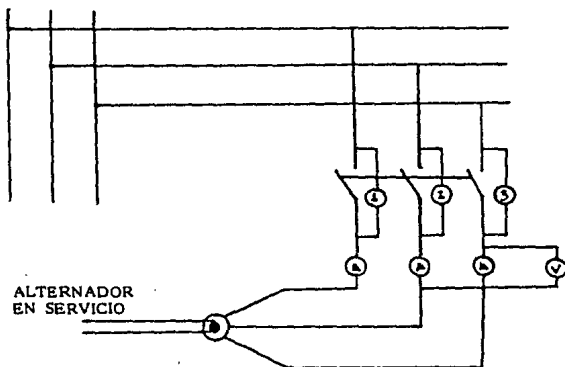
Una vez que la válvula de admisión ha terminado la apertura de arranque que permite operación sin carga, siendo normal todo lo demás, se prosigue así:

- 9.- Energizando el solenoide de arranque y una vez la válvula de admisión ha alcanzado la posición ((OFF)).
- 10.- Envío de una señal de ((aumento)) al limitador de la válvula, con lo cual las paletas del distribuidor se mueven a la posición de ((arranque)).
- 11.- El gobernador ha sido puesto en ((control manual)) durante la puesta en marcha y las paletas se mueven según lo admitido por el limitador de la válvula, pasando agua al rodete hasta poner en marcha el grupo.
- 12.- Conecto de ((automático)). Debe permanecer cerrado durante la operación de puesta en marcha.
- 13.- El interruptor del circuito del campo es cerrado y el excitador principal es energizado separadamente desde el reóstato de campo, graduado a posición de excitación sin carga (7).
- 14.- El conmutador de la excitación es puesto en ((Automático)) la posición (15) de la figura, luego que el alternador ha alcanzado alrededor del 50% de su voltaje normal.

## Puesto en paralelo y sincronización de los alternadores

Para conectar en paralelo deben ser iguales sus velocidades de rotación y sus voltajes en bornes o, la misma polaridad o estar en sincronismo. La condición del voltaje se comprueba en cada instante por medio de voltímetros, pero, la simultaneidad de la polaridad sólo puede determinarse por medio de sistemas especiales que la detectan.

Para determinar el sincronismo de polaridad se usan lámparas de fases, como se indica en la figura siguiente. En que se muestra la conexión de un generador trifásico con un sistema igual de barras colectoras, que reciben carga de otro alternador.

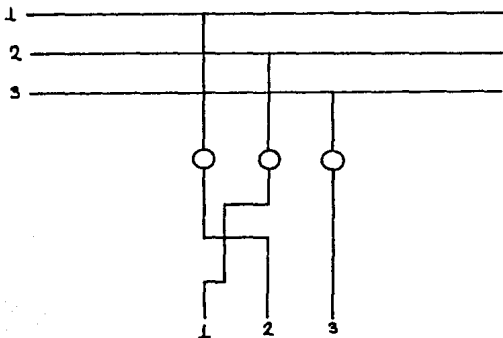


Para ello se dispone una lámpara conectada en forma de salvar cada polo del seccionador tripolar. Dichas lámparas se encenderán o se apagarán simultáneamente cuando el alternador está debidamente conectado y en sincronismo con las barras, siendo el voltaje de barras un poco mayor, 15% aproximadamente, que el voltaje del alternador. Si las lámparas no se encienden y obscurecen al mismo tiempo es indicación de que el sentido de rotación de las fases en el alternador a conectar es opuesto al de la fase en las barras, dos de las conexiones de los conductores que proceden del alternador, si tendrán que cambiar para que coincida la secuencia de fases.

Una diferencia de frecuencia entre el alternador y las barras da lugar a una -  
tillación en las lámparas con frecuencia igual a la diferencia existente, la cual dis-  
minuye a medida que la frecuencia del alternador para conectar se aproxima a la de  
las barras. El seccionador puede cerrarse estando las lámparas apagadas simultánea-  
mente, pues en este caso los voltajes del alternador y de las barras están en oposi-  
ción y es nulo el voltaje entre las cuchillas de conexión y sus contactos, para lo -  
cual pueden conectarse en paralelo los dos alternadores.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta que las lámparas incandescentes sólo se -  
iluminan con un voltaje alto, como antes se ha expresado, de manera que pueden ---  
estar apagadas aún habiendo una diferencia de potencial apreciable entre las líneas.  
Si los alternadores son de poca potencia o de escasa velocidad dicha frecuencia de -  
potencial no tiene importancia para el sistema, pero en máquinas de alta velocidad -  
pueden ocurrir serias perturbaciones si al conectarlas existe, además de la diferencia  
de voltaje, una diferencia apreciable de fase.

Cruzando las conexiones de dos de las lámparas como se indica en la figura si  
guiente, una vez que el alternador y las barras están en sincronismo, una de las lám-  
paras cruzadas brilla en tanto que otra continua apagada. Al aproximarse al sincro-  
nismo una de las lámparas brilla más que la otra y van obteniendo la misma brillan-  
tez a medida que disminuye la diferencia de sincronización de manera que es fácil -  
precisar el momento en que debe conectarse el alternador.



## OSCILOSCOPIO AUXILIAR

Otra manera de verificar la sincronización es con la ayuda de un osciloscopio con entrada a dos señales, una de ellas utilizada en uno de los generadores o sistema de referencia y la otra para el generador que se desea sincronizar. En este caso el acoplamiento se realiza al identificar las dos señales de voltaje en coincidencia, desde luego es necesario como en el caso del sincronoscopio determinar la secuencia de fases con el método de las lámparas.

## SINCRONIZADOR AUTOMÁTICO

La operación de los sistemas eléctricos de potencia hoy en día no pueden permitir el acoplamiento de generadores sin cierto grado de precisión, que solo se da al utilizar sistemas automáticos de sincronización que evitan toda probabilidad de falla, cuando dicha operación se efectúa de manera manual, según se ha descrito en los métodos anteriores.

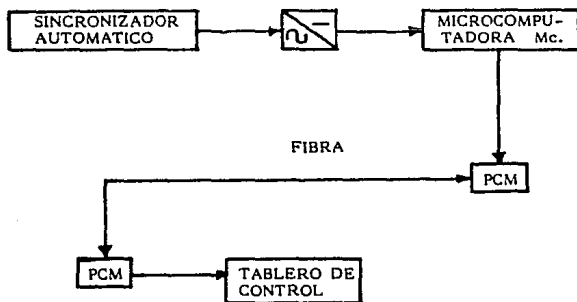
El principio básico de este tipo de dispositivos se basa en un circuito sensor que detecta la diferencia de potencial entre fases por sincronizar y que hace disparar el relevador del acoplamiento cuando tal potencial es cero. En particular el sincronizador del laboratorio posee un circuito de protección que no permite efectuar el disparo del relevador, cuando la diferencia de frecuencias es elevada, garantizando de esta manera que el acoplamiento siempre se efectúa a igual magnitud de voltaje. Como en el caso señalado para los dos últimos ejemplos se requiere verificar la secuencia de fases por el método de las lámparas, antes de realizar la operación de sincronización.

El fin principal para efectuar esta conexión a través de una microcomputadora es para agilizar y disminuir el error en la sincronización, además de , el acoplamiento en paralelo de los generadores.

Los requisitos que se deben cumplir son:

- a) La frecuencia de ambas máquinas deberá ser la misma.
- b) El voltaje de las terminales de una de ellas, deberá ser igual al de la otra máquina.
- c) La secuencia de fases de ambas debe ser la misma.

Para realizar esto lo podemos hacer através del sincronizador automático colocando un convertidor de corriente alterna directa entre este y la microcomputadora como se ilustra en la siguiente figura.



Se utiliza el convertidor debido a que la fibra optica no maneja señales alternas y cuando la diferencia de frecuencia entre generadores es nula se garantiza que el acoplamiento siempre se efectua a igual magnitud de voltaje.

Otra opción para manejar la situación anterior es utilizar otro canal del PCM - (ya que un sistema PCM cuenta con treinta canales) o sea, uno para manejar los niveles de frecuencia entre ambas máquinas y el otro para manejar la magnitud del voltaje de las dos máquinas, para esto en la microcomputadora como-

puede contar con puertos serie paralelo no es difícil manejar dicha información y sincronizando el reloj del PCM para que la información sea captada por la -- Mc. se podrá sincronizar los dos generadores.

Para la secuencia de fases se tendría que utilizar el mismo método de las lámparas pero colocarles un sensor de intensidad luminosa el cual podría ser un fototransistor el cual al quedarse apagadas las lámparas mandará la señal correspondiente a la Mc. pasando primero por una interfase la cual traducirá el apagado de las lámparas.

MECANISMOS DE CONTROL POR COMPUTADORA PARA  
PLANTAS GENERADORAS DE B.P.

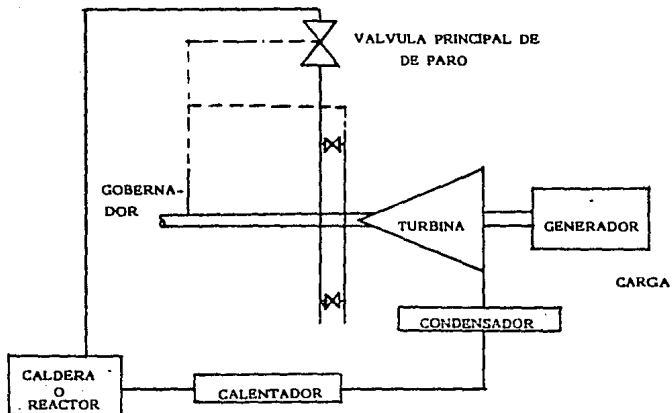
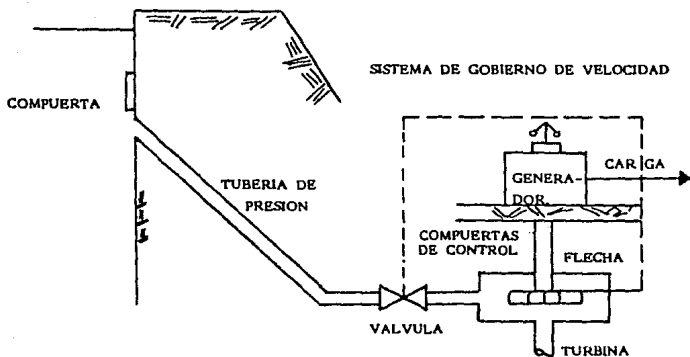
Los mecanismos para regular y controlar la velocidad de los generadores eléctricos que con el tiempo y avances en la tecnología han manifestado cambios notables, en esencia a la fecha no han cambiado sus objetivos.

Puesto que la frecuencia es función directa de las revoluciones del rotor en máquinas de corriente alterna, los diferentes medios ya sean electrónicos, eléctricos y -- electro-hidráulicos, contienen elementos comunes entre ellos, en los que únicamente es la velocidad de respuesta al factor preponderante.

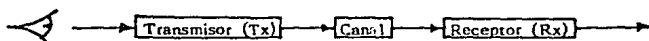
Las grandes inercias como son: el volúmen de agua en las tuberías de presión, el volumen de vapor a la entrada de las turbinas y las masas rodantes de los turbogeneradores, resultan ser los parámetros para controlar y así lograr sostener a determinado valor la frecuencia a la salida eléctrica del generador, por lo que la sensibilidad de estos equipos de control son hasta cierto punto justificables cuando las máquinas son la base para mantener la frecuencia en los sistemas.

Por lo contrario, cuando alguna planta generadora no es base como sostén de la frecuencia, la sensibilidad de estos equipos no es de gran justificación puesto que la dinámica del sistema por su gran magnitud arrastra a su frecuencia nominal a esta planta. Las figuras siguientes muestran en forma simplificada, las configuraciones de las plantas generadoras de energía eléctrica, en las que únicamente se ha señalado el sistema de control velocidad-carga. Así vemos que la carga que es función del -- par y velocidad de la flecha, se puede controlar a través de las válvulas de control e interceptores para turbinas de vapor, o por los álabes de la compuerta, si se trata de turbinas hidráulicas.



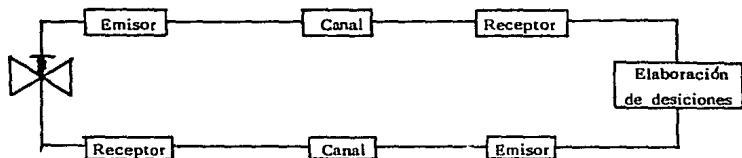


El medio para controlar estas válvulas a través del telecontrol en su forma más elemental sería como se ilustra en la siguiente figura:



Aquí se observa que tanto la entrada como la evaluación de información va a ser por medios humanos.

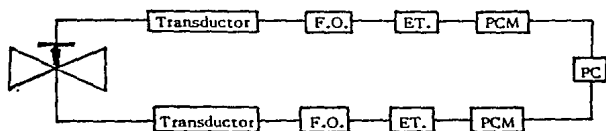
Pero lo que se pretende es utilizar las computadoras como medio principal para que el cerrado y la apertura de la válvula, sea por medio de esta, es decir a través de la Teleautomatización, para tal caso se utilizaría un diagrama a bloques como el siguiente:



Para lo cual el emisor y receptor del lado de la válvula sería un transductor de tal manera que deslizará la válvula y enviara una señal eléctrica la cual pudiera pasar a través de un canal de telefonía pudiendo ser una línea común y corriente, o utilizar una línea digitalizada como es el caso del PCM.

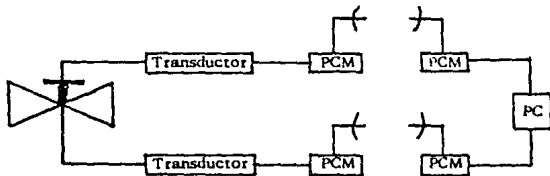
En los que respecta al receptor y transmisor del lado de la computadora sería el equipo terminal de línea, mismo que se utiliza en la telefonía, el cual está provisto por una canal el cual puede ser adaptado a la computadora para interpretar la información, en nuestro caso, de cerrar o abrir la válvula por medio de un programa que supervise automáticamente la posición de ésta.

Existen medios por los cuales el control de las plantas generadoras se podrían controlar a grandes distancias como es el caso de la Fibra Optica o los minilinks, es decir, por medio de radio como se ilustra a continuación.



Aquí se utilizará un transductor de posición a una señal óptica la cual será interpretada por el equipo terminal (Emisores Ópticos), para ser pasado a un equipo PCM el cual interpretará las señales del equipo terminal y dará a la PC el mensaje que acaba de ser enviado.

Para el caso de el Radio se presenta el siguiente dibujo en el cual sucede lo mismo que en el caso anterior pero en vez de que el canal sea una Fibra Óptica -- aquí es una parabola y se envía una señal de microonda.



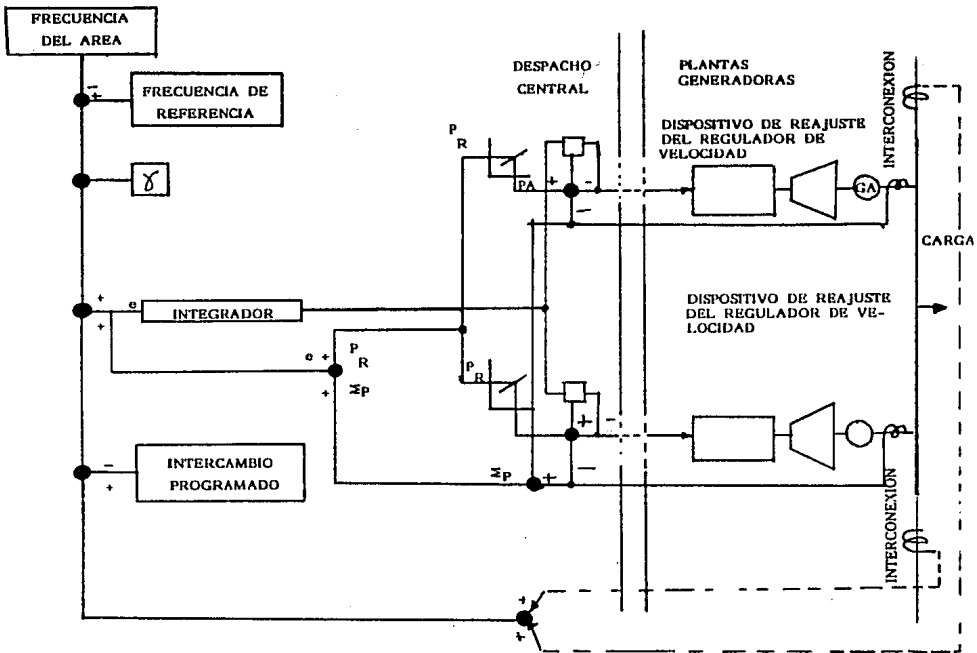
Pero aquí cabe recalcar que entre más sofisticado sea el sistema para controlar cualquier proceso es mayor el costo de la instalación a realizar, pero la eficiencia en el funcionamiento del sistema es mayor.

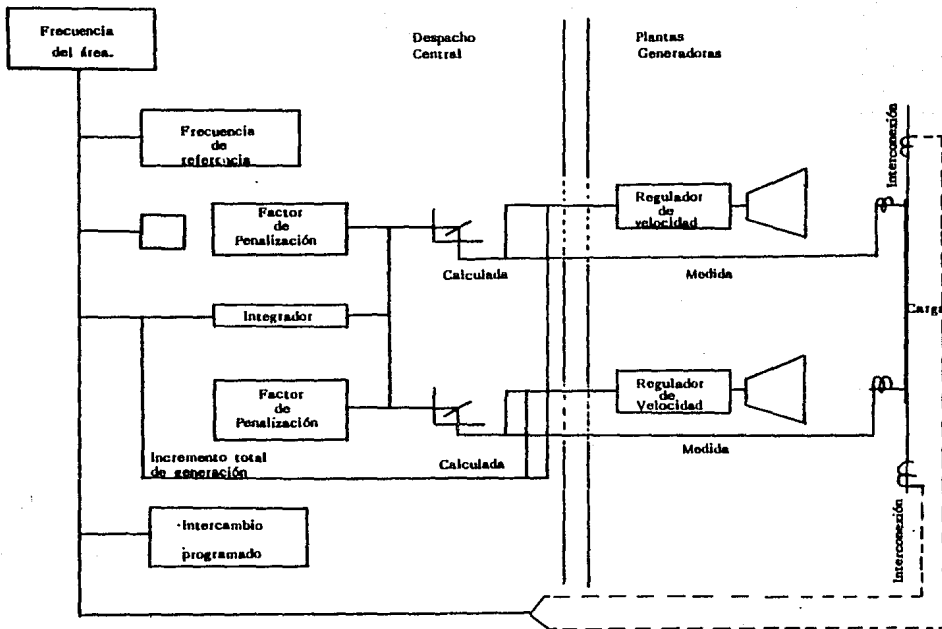
Control automático de frecuencia y de potencia de intercambio con despacho - económico de carga semiautomático.

En la figura siguiente se muestra un diagrama funcional de un sistema de control para la regulación de área, que tiene por objeto ayudar automáticamente la generación a la demanda en el área y mantener el valor prefijado de la potencia en las líneas de interconexión con otras áreas, la repartición de la generación entre las distintas unidades se hace de acuerdo con programas precalculados, tomando en cuenta tanto los factores de tipo económico como las restricciones de operación que pueden obligar, en algunos casos, a no realizar el óptimo económico.

La generación total requerida se obtiene sumando la generación existente y el error de área. El control automático debe reducir el error de área a cero, para lo cual se envían impulsos para subir o bajar la generación a las distintas unidades. Mediante una comparación de la generación ya existente de cada unidad o cada planta y la generación requerida, de acuerdo con los programas precalculados, el control automático determina para cada unidad, o para cada planta, si debe o no participar en la regulación, dejando pasar los impulsos o bloqueándolos.

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



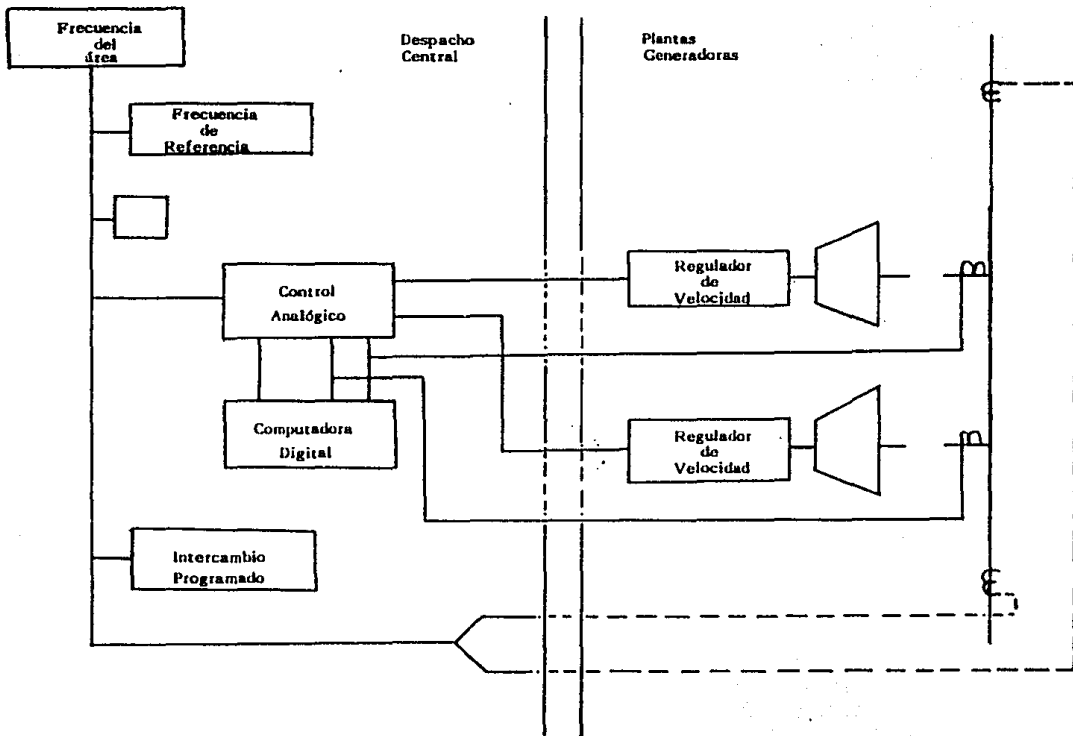


## CONTROL ANALOGICO DIRIGIDO POR UNA COMPUTADORA DIGITAL

Los sistemas de control automático mostrados anteriormente, son sistemas análogicos, en los que se producen y combinan cantidades eléctricas continuas, que simulan el funcionamiento del sistema al cual controlan.

Con el desarrollo de las computadoras digitales y de su capacidad para posibilidad de utilizarlas para realizar cálculos referentes a la planeación y la operación de un sistema de un sistema eléctrico y compartir el tiempo de máquina para realizar también funciones de control. Este control digital, a diferencia de los controles de tipo analógico, utiliza variables discretas y emplea cálculos numéricos basados en rutinas previamente programados.

El primer paso en la aplicación de las computadoras digitales al control un sistema consistió en complementar los sistemas analógicos ya existentes. Por ejemplo, en la figura siguiente se muestra un control analógico como el de la primera figura anterior, pero en el que los cálculos de la repartición económica de la generación entre las distintas unidades y los ajustes, en la consola de control son realizados automáticamente por la computadora.





Control automático de frecuencia y de potencia de intercambio con despacho económico de carga automático.

En este tipo de control, que se muestra en la figura siguiente, la señal de error se obtiene comparando el error de área con el incremento de generación requerido, calculando como se indica en la figura. La señal de error se aplica a un amplificador integrador a la salida de la cual se tiene una señal que representa el valor de  $\int e dt$ . Esta señal de salida se alimenta a los generadores de funciones de costos incrementales de cada unidad, que son dispositivos electrónicos de almacenamiento de datos, que permiten obtener la generación de cada unidad correspondiente a un valor de  $\int e dt$  determinado. Se compara la generación requerida para cada unidad con su generación real y se obtiene así una señal de corrección que se transmite a las plantas generadoras correspondientes, para actuar y aumentar o disminuir la generación.

El efecto de las pérdidas de transmisión sobre el despacho económico puede tomarse en cuenta calculando el factor de penalización de cada planta y modificando el valor de  $\int e dt$  como se indicó anteriormente.

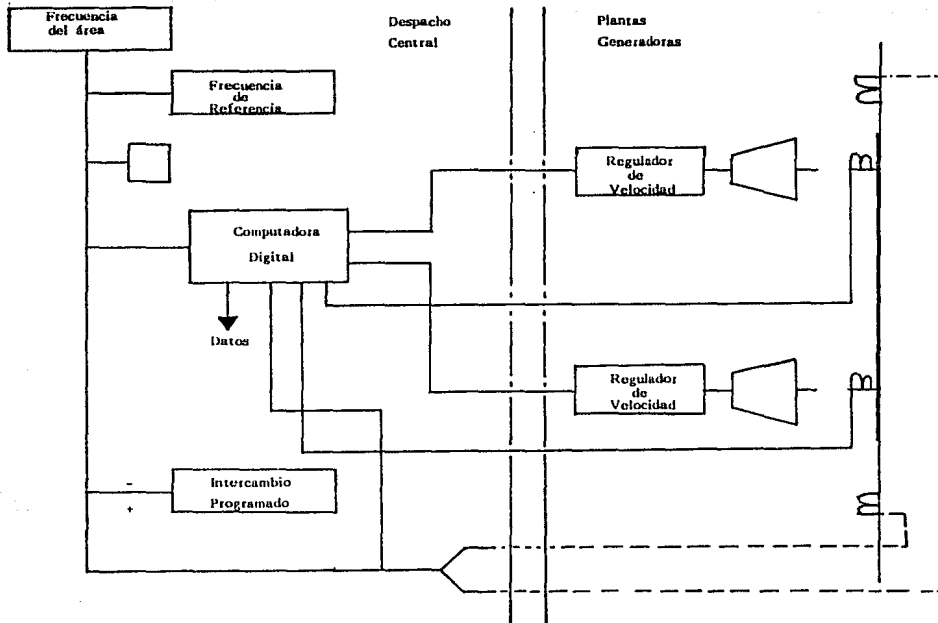
En los sistemas de control antes descritos, se asignan los incrementos de generación a las distintas unidades de manera que se logre al mismo tiempo reducir a cero el error de área y distribuir en forma más económica la generación entre las distintas unidades. Sin embargo, la velocidad con que ciertas unidades pueden variar su generación puede no ser suficientemente elevada para reducir a cero el error de área con suficiente rapidez o para mantener este error dentro de límites aceptables.

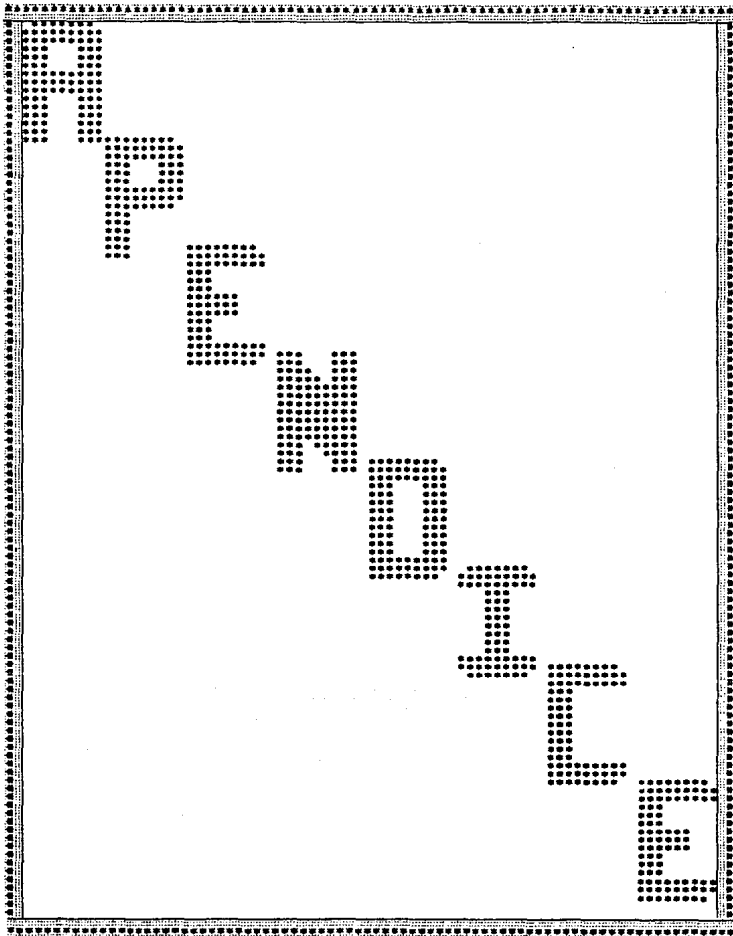
En estos casos puede existir superpuestas al control integral descrito, un control proporcional al error de área, que hace una asignación inicial de la generación que reduzca rápidamente a cero el error de área y después redistribuye la carga de la forma más económica.

## CONTROL DIGITAL DIRECTO

El siguiente paso en la aplicación de las computadoras al control de un sistema eléctrico que en los sistemas antes descritos se realizaban en forma analógica. En la figura siguiente se muestra esquemáticamente este tipo de control digital - directo.

En comparación con un sistema analógico dirigido por una computadora digital el control digital directo tiene la ventaja, en muchos casos de reducir el costo del equipo, proporcionando una regulación equivalente.





## TIPOS DE FIBRAS OPTICAS.

Es posible efectuar una división en dos grandes grupos, según el tipo de aplicación:

- 1) Fibras de alta calidad para enlaces a largas distancias.
- 2) Fibras para enlaces a corta y mediana distancia.

Dentro de las fibras de alta calidad distinguimos las monomodo y multimodo, éstas últimas de índice gradual. Por su mayor anchura de banda, las fibras monomodo se aplican en enlaces de larga distancia, cables submarinos y enlaces interurbanos.

Las multimodo de alta calidad fueron objeto de atención con anterioridad a las monomodo, por cuanto pudieran ser empleadas en aplicación de enlaces telefónicos -- principalmente.

En lo que respecta a las fibras de corto y medio alcance, distinguimos entre -- las de índice gradual, y las de salto de índice. Las primeras son idóneas para redes de distribución de TV o redes.

Tipos de fibras	Anchura de banda (Mbit/km)	Aplicaciones.
Monomodo	$\geq 10.000$	-Enlaces submarinos. -Enlaces interurbanos
Multimodo de índice - gradual.	400-1500	-Enlaces telefónicos. -Transmisión de TV digital.
Multimodo de índice g.	100-400	-Redes multiservicio. -Distribución de TV.
Multimodo de salto de - índice y revestimiento - vidrio.	15-20	Redes locales. -Transmisiones de datos.
Multimodo de salto de - índice y revestimiento - plástico.	15-10	-Militares. -Redes locales. -Enlaces.

Dentro de las fibras con salto de índice, diferenciaremos entre las fibras con núcleo de  $\text{SiO}_2$  y revestimiento plástico, y las fibras con núcleo y revestimiento de vidrio. Las de revestimiento plástico son particularmente resistentes a las radiaciones y pueden ser idóneas para aplicaciones militares; en cualquier caso, estos dos tipos - de fibras con índice abrupto son aptas para transmisión de datos, redes en fabricas, - oficinas, etc. La tabla anterior sintetiza algunas aplicaciones de los diversos tipos de fibra.

### Fibras de alta calidad.

A) **Fibras multimodo.** Se puede hacer distinción entre las características intrínsecas a las fibras, y las características de los largos de fabricación.

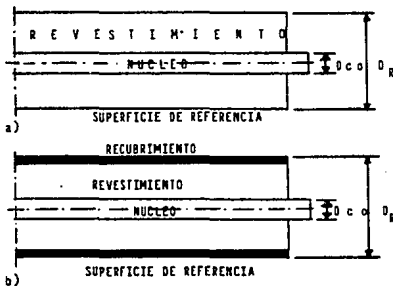
- 1.- **Características de las fibras:** Se refieren a las características de las fibras en sí mismas aplicables a las fibras individuales, incorporadas en cables, enrolladas en una bobina, o en un cable instalado. La tabla siguiente refleja los valores de los parámetros contemplados a continuación:

**Diámetro del núcleo:** El valor nominal más usual es de  $50 \mu\text{m}$ . Las desviaciones del diámetro del núcleo no deberán exceder los límites del 6%.

**Diámetro de la superficie del revestimiento:** El valor nominal es de  $125 \mu\text{m}$  y se admiten unas desviaciones que no sobrepasen  $\pm 2.4\%$ .

Parámetro	Valores típicos
Diámetro del núcleo	$50 \mu\text{m} \pm 3 \mu\text{m}$
Diámetro de la superficie de referencia	$125 \mu\text{m} \pm 3 \mu\text{m}$
Error de concentricidad	$\approx 6\%$
No circularidad.	$\approx 6\%$ (Núcleo); $\approx 2\%$ (Sup. Ref.)
Apertura numérica teórica máxima	$18\% - 0.25(850 \text{ nm})$ $0.15 - 0.30(1300 \text{ nm})$
Coefficiente de atenuación	$2.5 - 4 \text{ dB/km} (850 \text{ nm})$ $0.8 - 3 \text{ dB/km} (1300 \text{ nm})$
Ancho de banda intermodal	$200 - 1000 \text{ MHz km} (850 \text{ nm})$ $200 - 1200 \text{ MHz km} (1300 \text{ nm})$
Dispersión del material	$\approx 100 \text{ ps/km nm} (850 \text{ nm})$ $\approx 6 \text{ ps/km nm} (1300 \text{ nm})$

Para la mayor parte de las fibras la superficie de referencia coincide con la de revestimiento. No obstante, en algunos tipos particulares de fibras, la superficie de referencia puede representar  $125\mu\text{m}$  y el diámetro de la superficie del revestimiento puede ser algo menor como se ilustra en la figura siguiente:



**Error de concentricidad (núcleo-revestimiento):** Suele contemplarse un error no superior al 6%.

**No circularidad:** Estas tolerancias requieren superiores estudios, pero un 6% parece razonable para el núcleo, así como un 2% para la superficie de referencia.

**Perfil de índice de refracción:** EL núcleo y revestimiento son de vidrio, -- pero el núcleo esta topado de tal forma que el índice de refracción presenta una forma casi parabólica.

**B) Fibras monomodo** Los cables de fibras monomodo se utilizarán ampliamente en el futuro en las redes. Las aplicaciones previstas pueden exigir varios tipos de fibras monomodo que difieren en:

- 1.- Naturaleza del perfil de índice de refracción.
- 2.- La longitud de onda de funcionamiento.
- 3.- Las características geométricas y ópticas.

**Características de las fibras.** Los principales parámetros a especificar son:

**Diámetro del campo del modo fundamental.** Suele oscilar entre 8 y 10  $\mu\text{m}$  con una tolerancia de  $\pm 1\mu\text{m}$ .

**Diámetro del revestimiento.** Suele ser de 125  $\mu\text{m}$  con unas desviaciones que no superen los límites de  $\pm 3\mu\text{m}$ .

**Error de concentricidad del campo modal.** Suele oscilar entre .5 y 2  $\mu\text{m}$ .

**Desviación de circularidad.** En la práctica se está observando que las fibras con un campo modal nominal en forma circular presentan una no circularidad suficientemente baja como para no influir sensiblemente en los empalmes.

- C) **Fibras para enlaces de corta y media distancia.** Son fibras con diámetros de núcleo y revestimiento relativamente altos y son muy útiles para aplicaciones locales para oficinas, enlaces entre ordenadores, transmisiones de datos, aplicaciones militares, telecontrol y telemedidas.



Las estaciones de transformación de energía eléctrica de muy alta tensión sirven para enlazar líneas de alta tensión (AT) entre sí y para transformar la energía eléctrica de un nivel de tensión a otro más apropiado para su transporte. En España, la red de transporte AT está formada por líneas de 400 y 220 KV interconectadas a través de subestaciones.

En la configuración típica de una subestación de alta tensión, encontramos como elementos fundamentales:

- 1) El aparellaje de AT (interruptores, seccionadores, transformadores de medida).
- 2) Los bancos de transformación (transformadores de potencia).
- 3) Centro de control de la subestación.

Debido a las separaciones mínimas que hay que respetar entre los conductores de AT, las distancias, entre los diferentes elementos que forman la subestación, son en general de varios centenares de metros.

Para simplificar y abaratar el cableado entre estos elementos se recurre a una configuración descentralizada del control, realizando determinadas funciones (medidas, automatismos, protecciones, etc.) en pequeñas casetas o cabinas situadas en las proximidades del aparellaje de AT que se quiere controlar. Como consecuencia de esta configuración descentralizada existe un amplio tráfico de información entre las casetas y el centro de control.

El soporte para todo este trasvase de información ha sido hasta ahora los cables de cobre, empleándose un par de conductores para cada señal que se transmite. En cada subestación existe por consiguiente una extensa red de cables subterráneos que han de ser apantallados para evitar que queden afectados por las perturbaciones que produce el aparellaje de AT.

Hasta hace poco tiempo, estos fenómenos perturbadores han afectado poco el correcto funcionamiento de los equipos de automatización y de protección, ya que éstos estaban constituidos por elementos electromecánicos que manejaban señales eléctricas con niveles del orden de 125 Voltios.

Sin embargo, con la instrucción de los circuitos electrónicos digitales en todos los equipos de automatización y de protecciones, se han de tomar precauciones muy cuidadosas para que estos equipos no queden afectados en su funcionamiento por los parásitos citados.

La transmisión de señales con niveles lógicos ( $\pm 5$  V ó 12 V) a través de los cables de cobre de la subestación no es recomendable. Igualmente, se debe pasar a la transmisión serie en vez de la transmisión paralelo.

Por estas razones nos planteamos la conveniencia de utilizar sistemas de transmisión por fibras ópticas como solución segura y económica en estas instalaciones. Pero para que esta solución resulte verdaderamente interesante, el proyecto debe abarcar no solamente la transmisión de señales, sino también la adquisición de - datos, su tratamiento y su utilización posterior.

Cuando se disponga en el mercado de transductores ópticos apropiados para la - captación de ciertas magnitudes eléctricas (tensiones, potencias, etc), el proyecto incluirá también la sustitución de los actuales equipos de medida en AT y - transductores por sistemas totalmente ópticos.

## CONTROL DE LA SUBESTACION

El control de una subestación se puede hacer de forma local o de forma remota por telemando. En el primer caso, el control se realiza desde la sala de control de la subestación y, en el segundo caso, las mismas funciones se realizan a distancia por telemando desde otro centro alejado.

En ambos casos existen una serie de funciones que se realizan de forma automática localmente. Como se ha dicho antes, el control está distribuido entre las - diferentes casetas existiendo una jerarquía de funciones.

Las principales funciones que se realizan son las siguientes:

Protección de línea, transformadores y otros equipos de AT.

Mando de interruptores y seccionadores (localmente o por telecontrol).

Visualización y registro de medidas y señalizaciones.

Registro de fenómenos transitorios (oscilo-perturbógrafos).

Regulación automática de tensión.

Maniobras automáticas según programas establecidos.

Registro cronológico de alarmas y cambios de estado.

Localización automática de faltas en línea AT.

Transmisión de información a distancia (telecontrol).

Hasta ahora la realización de cada una de estas funciones varía realizándose con equipos independientes y asignados a cada función, pero con la introducción de -

circuitos electrónicos digitales y microcomputadoras, varias funciones pueden desarrollarse en un mismo equipo, con lo cual se simplifican y abaratan las instalaciones.

El tipo de información que maneja cada uno de estos equipos depende de la aplicación, pero en general todas las informaciones se pueden agrupar en los siguientes tipos:

Medidas analógicas (potencias, tensiones, intensidades, etc.).

Medidas digitales (energía de contadores).

Señalizaciones y alarmas.

Ordenes de mando.

La adquisición de estas señales y su transmisión a los diferentes puntos de la subestación se realiza por medio de los equipos y sistemas de transmisión óptica que se describe a continuación:

Los cables con fibras ópticas no tienen ningún elemento metálico, por lo que proporcionan una separación galvánica entre las instalaciones de AT y una total inmunidad a las perturbaciones eléctricas.

#### SISTEMA DE ADQUISICION Y TRANSMISION DE DATOS

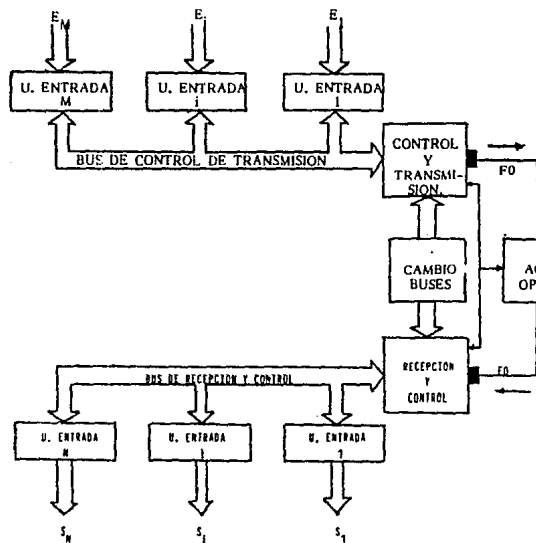
El sistema que a continuación se describe, está concebido para cubrir una amplia gama de aplicaciones de adquisición y transmisión de señales de diversos tipos, según la configuración adoptada. Más adelante se describen las configuraciones específicas del sistema en la experiencia objeto de este trabajo.

El sistema desarrollado está estructurado en forma modular, tanto en la configuración de la red de fibra óptica como en sus terminales. Con estos equipos las redes pueden ser punto a punto, en estrella, en línea o en anillo, pudiéndose insertar y extraer información en cualquiera de los terminales. Estos pueden distar unos de otros desde algunas centenas de metros hasta cinco o seis kilómetros, con lo cual se pueden aplicar a cualquier planta eléctrica o industrial.

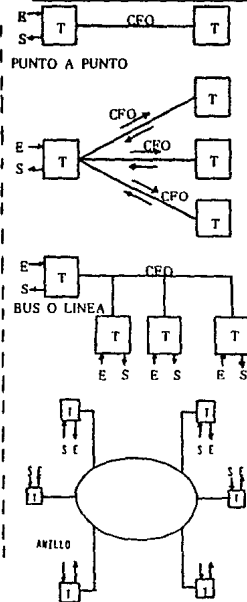
En la figura 1 se muestra el esquema bloque de un equipo que, como se ve, está formado por unas unidades de transmisión y recepción de señales ópticas y una serie de unidades de entrada y salida, cuyo número puede variar entre 1 y 225. Con ellas se pueden transmitir o recibir, entre 15 y 3.360 señales simultáneas por cada fibra. El equipamiento se amolda en cada caso a las necesidades de la aplicación.

El equipo acepta diversos tipos de señales en función de las unidades de entrada

## CONFIGURACION GENERAL DE UNA TERMINAL

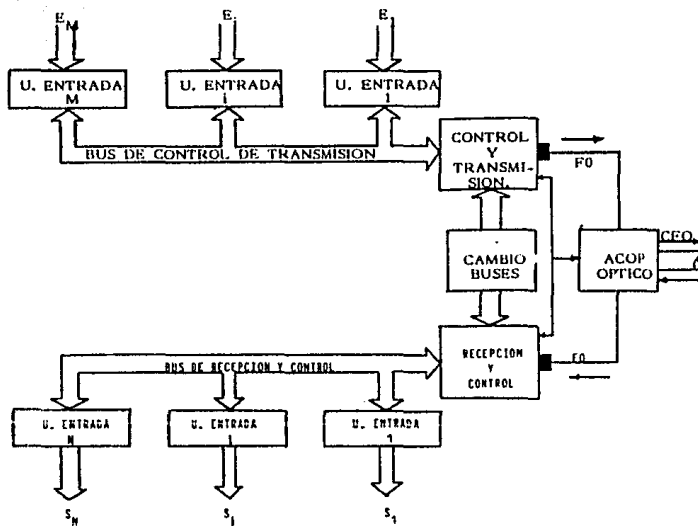


## CONFIGURACION DE LA RED

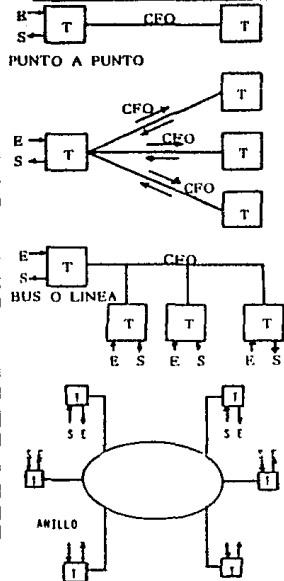


T: TERMINAL

## CONFIGURACION GENERICA DE UNA TERMINAL



## CONFIGURACION DE LA RED



T<sub>1</sub> TERMINAL

y salidas equipadas. Estas pueden ser analógicas, digitales, ópticas, de acondicionamiento de señales, de interface con procesador, etc.

Este sistema muestrea y multiplexa las señales de entrada, e introduce determinadas señales de sincronismo que permiten, en el extremo remoto, la correcta demultiplexación en el terminal correspondiente. El resultado después de las operaciones anteriores, es una trama serie de datos que contiene la información más el sincronismo y que son codificados en código de inversión de marcas y enviados al transmisor óptico, que a su vez, transforma los niveles eléctricos en niveles luminosos y los acopla a la fibra óptica. En la parte de recepción se detecta y regenera la señal y se extraen los sincronismos para, posteriormente, multiplexar las señales.

La velocidad de muestreo de las señales de entrada puede variar entre 15.625 y 122 muestras por segundo, dependiendo del número de entradas y salidas equipadas en cada aplicación. Esta gama de velocidades de muestreo es suficiente para poder realizar las funciones descritas en el punto anterior, que son las más normales en centros eléctricos.

El transmisor óptico emplea un diodo LED como emisor de luz y el receptor utiliza un fotodetector PIN, con lo que se obtiene un margen de potencia óptica de 25 dB. La longitud de onda de trabajo es de 850 nm, aunque está prevista la posibilidad de trabajar a 1.300 nm en aquellas aplicaciones en las que se necesite un mayor enlace.

Con este sistema se pueden configurar redes completamente sincronizadas, lo cual permite extraer o insertar información en cada terminal y si se desea, regenerar la señal óptica en tránsito.

También es posible utilizar la posición una o más unidades de entrada o salida para expandir cada posición a 15 posiciones para unidades de entrada y salida secundarias por medio de una segunda multiplexación. Con esto puede lograrse la capacidad máxima por terminal de 3.360 señales antes mencionada.

Con objeto de dotar al equipo de la máxima versatilidad posible, se ha adoptado la estructura de bus universal como sistema de interconexión entre unidades, así como un procedimiento de direccionamiento de unidades que permite una práctica de equipos completamente modular.

Debido a la concepción modular y a la posibilidad de supermultiplexación, el equipo podría crecer casi indefinidamente en capacidad. El límite práctico lo daría la velocidad de muestreo de las señales de entrada y criterios de fiabilidad. La velocidad de transmisión en línea es de 1 Mbit/s, y la velocidad de la trama serie de 500 Kbit/s.

En el desarrollo de este sistema se han utilizado innovaciones tecnológicas españolas, que abarcan desde el propio concepto del sistema hasta muchos detalles - específicos de su realización, entre las que destacamos las siguientes:

Versatilidad en la configuración de redes y equipos.

Trama digital de transmisiones sincronizable.

Estructura modular con doble nivel de multiplexación.

Detección de errores que permite supervisar la red desde cualquier terminal - sin interrumpir la transmisión.

Estabilización del fotoemisor para el control de sus parámetros de excitación.

Conectores ópticos especialmente desarrollados para unidades enchufables.

Procedimiento original de encapsulado de fotoemisores y fotodetectores con - alta eficiencia del acoplamiento.

Además de estas innovaciones específicas, se han utilizado técnicas de medida y de instalación y conocimientos genéricos de la tecnología de comunicaciones ópticas adquiridas en una larga experiencia. Pueden destacarse los métodos de empalmes y de terminaciones de fibras, técnicas de fotodetección con bajo ruido, - etc.

Todas estas innovaciones constituyen un importante capital tecnológico español - en comunicaciones ópticas protegido por más de treinta patentes.

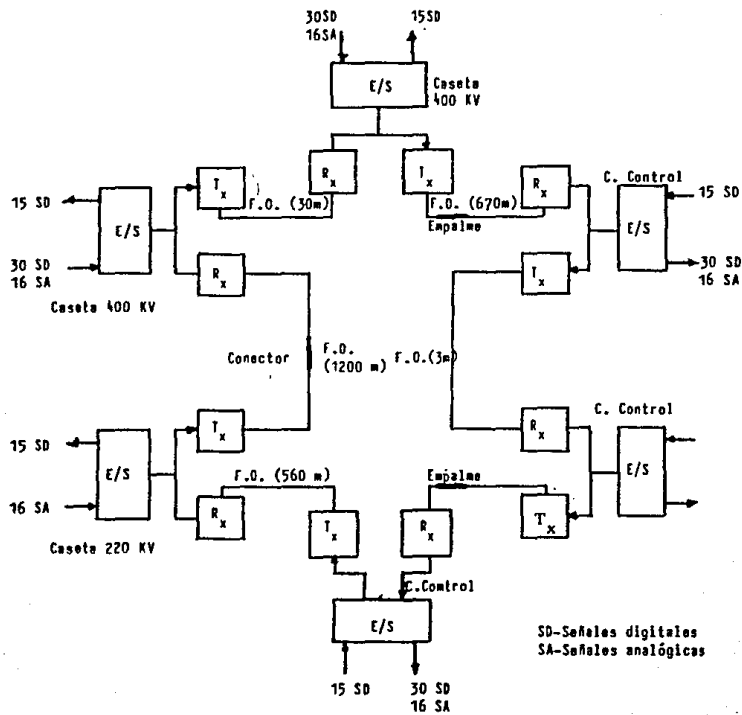
### EXPERIENCIAS REALIZADAS CON REDES LOCALES

Al objeto de ir ganando conocimientos en la utilización de redes locales de transmisión de datos con fibras ópticas, las experiencias se vienen realizando en etapas escalonadas en el tiempo.

Todas las instalaciones de estos sistemas se han realizado en la subestación de - 400 kV de Morata de Tajuña (Madrid) que es una de las mayores de España.

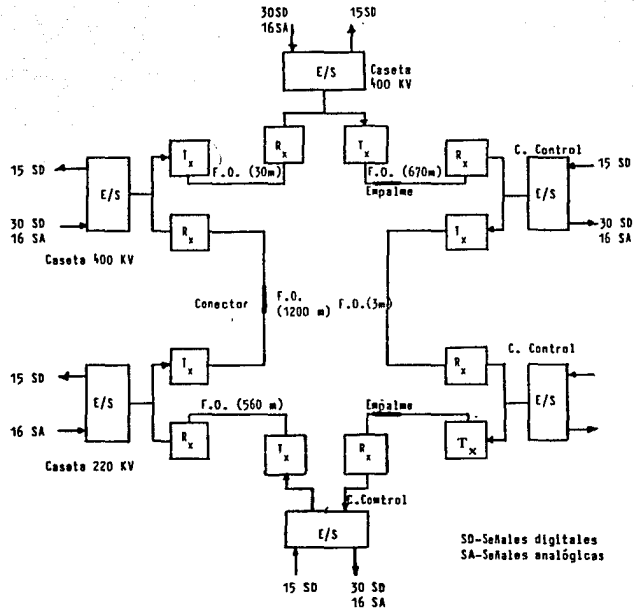
En julio de 1981 se puso en servicio un sistema de transmisión unidireccional por fibra óptica con unos prototipos de equipos configurados para transmitir 15 señales digitales.

A finales de 1981 se sustituyen los anteriores prototipos por otros equipados para transmitir señales digitales y analógicas, y se estableció la primera red punto a punto bidireccional, transmitiéndose información real entre una caseta y la sala de control a través de un cable con dos fibras ópticas, cuya longitud era de 500 m tendido sobre las mismas galerías de los cables de control. Las fibras utiliza-



( Figura 2 )





( Figura 2 )

das son de índice gradual de  $50/125\mu\text{m}$  de diámetro de núcleo y envoltura, respectivamente.

La configuración de los terminales en esta etapa de la experiencia, permite el envío de 30 señales digitales o de alarmas, más 16 señales analógicas desde la caseta al centro de control, y el envío de 15 señales digitales de mando en la dirección contraria. Esta configuración es fácilmente ampleable debido a la modularidad del equipo.

Antes de conectar la información real de la subestación a los equipos de transmisión óptica, se hicieron pruebas a corto y a largo plazo para determinar las características del nuevo medio de transmisión, en diferentes situaciones del par que de alta tensión. Es interesante resaltar que la tasa de errores registrada es mejor que  $1 \times 10^{-11}$ , lo cual muestra la gran inmunidad al ruido de las transmisiones ópticas.

En una etapa posterior, se realizó la transmisión a través del sistema óptico, de informaciones reales de las subestación, tales como valores de potencias activas y reactivas de líneas de AT; posición y mando de interruptores de 400 kV y valores de energía de contadores. Simultáneamente, por una de las líneas de entrada se realizó una transmisión de datos a 1.200 baudios en bucle a través del sistema, monitoreando en todo momento su tasa de error, así como la de la trama óptica.

Animados por los resultados satisfactorios de la experiencia anterior, se estableció, a primeros de 1983, una red en lazo abierto, tal como viene representada en la figura 2, que cubre una distancia de 3.743 m. y se utiliza para el intercambio de información entre la sala de control y tres casetas situadas en los parques de 400 y 200 kV.

Para esta configuración de red se han utilizado cables de 4 fibras y cables de 2-fibras, lo cual permite, sin variar el tendido de cables, pasar de configuración en lazo a configuración en estrella multipunto, cambiando los empalmes de las fibras en las casetas y en la sala de control. En esta experiencia se utilizan transmisores-receptores con sus correspondientes unidades de entrada y salida, lo que permite insertar y sacar información en casa caseta o transitar directamente. También se puede enviar información simultáneamente a varios o a todos los nodos de la red. La trama con la información que circula por el lazo de fibras ópticas, sincroniza también a todos los terminales.

En esta configuración pueden transmitirse un total de 90 señales digitales o de alarmas, 48 señales analógicas y 45 señales digitales de mando. Esta información se vierte en una trama única a la que tienen acceso de entrada y salida los seis

terminales.

La red se ha configurado de tal forma que resulta sencillo cambiar la estructura en anillo en estructura en estrella.

La gestión de esta red está a cargo del equipo situado en la sala de control (Figura 3) y el protocolo de comunicaciones utilizado es del tipo "ranura" (slots) que consiste en dividir la trama en 15 ranuras, en las cuales los nodos depositan o extraen la información.

Es interesante destacar que, al estar presente en todos los nodos la misma información, se puede efectuar una comparación de la información local de la caseta con la que existe en cualquier otro punto de la subestación y esto es muy útil - para protecciones diferenciales o automatismos que necesitan información simultánea de varios puntos.

Otras de las ventajas de este tipo de configuración son el máximo aprovechamiento to que se hace del medio de transmisión cuando todos los nodos tienen que enviar mucha información y el mínimo equipamiento requerido.

Por el contrario, el mayor inconveniente es que el fallo de cualquier nodo deja - fuera de servicio todo el sistema. Para solventar este inconveniente, se puede disponer en cada nodo de un transmisor-receptor de reserva con conmutación automática o bien establecer un segundo lazo óptico con equipos que entrarían en servicio al detectarse un fallo.

Sin embargo, opinamos que la mejor solución es co.figurar el anillo con derivados ópticos que permitan la inserción y extracción de señales a nivel óptico, con lo cual el fallo de un nodo no afectará al resto del sistema. Se está trabajando ya en el campo de los derivadores ópticos y tan pronto estén disponibles se introducirán en algunos puntos de las redes locales con las que estamos experimentando.

Las experiencias que se vienen realizando con este sistema de transmisión óptica de señales, comprenden entre otro los siguientes aspectos:

Estudio de la fiabilidad para cada configuración.

Medida de la tasa de errores a nivel óptico y nivel lógico.

Medida de la atenuación y reflectometría del cable óptico.

Realización de los empalmes en campo por los métodos de microllama y arco eléctrico.

Pruebas sobre los transmisores y receptores ópticos.

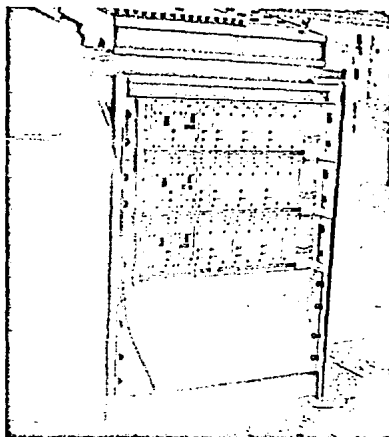


Figura 3. Equipos ópticos instalados en el Centro de Control.

## INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE FIBRAS OPTICAS

Cuando se instala un nuevo sistema se lleva a cabo el llamado alineamiento: Con junto de pruebas antes y durante la puesta en servicio de dicho sistema (equipo y cableado) para garantizar el cumplimiento de las especificaciones y que además constituyen un banco de datos para las tareas rutinarias de mantenimiento.

En esta parte se contemplan las precauciones generales antes de suministrar energía a los bastidores o subastidores de los equipos, las pruebas de alineamiento en sí mismas y diversas medidas características de las tareas de conservación preventiva, junto con algunas precauciones para evitar daños físicos en el sistema ocular, cuando se trabaja con equipos que incorporan diodos láser.

### Precauciones iniciales y suministro de energía:

**Consideraciones generales.** Asegurar que el suministro de potencia es suficiente para las exigencias del sistema.

- Verificar la capacidad del fusible de alimentación, su ubicación y márgen de -- funcionamiento.
- Repasar la constitución del sistema, la correcta ubicación de equipos terminales interfaces con el cable, fibras usadas y de reserva, etc.

**Confirmar la realización del cableado.** Asegurar la correcta conexión entre el - cable óptico y el equipo de línea, y entre éste y la computadora.

- Confirmar las conexiones de alimentación de cada bastidor .
- Verificar la existencia de aislamiento entre la toma de tierra y el terminal activo de alimentación.

**Diagrama de cableado para mantenimiento.** Resulta muy práctico para las tareas de conservación y mantenimiento el disponer de un diagrama general del cableado, tanto de las ramas de alimentación, como del cable óptico multifibra, - cajas de empalmes, fibras ocupadas por cada sistema, y trazado general del cable multifibra y cable monofibra.

**Activación del suministro de energía.** Interesa tener dos precauciones básicas:

La primera es confirmar la polaridad de los hilos de suministro de potencia y la segunda confirmar el nivel irrizado de tensión en los puntos de suministro de tensión primaria y secundaria.

**Pruebas de alarma y supervisión.** Verificar las indicaciones de alarmas locales y de equipos remotos así como realizar la supervisión de los repetidores auxiliares esta supervisión puede contener información sobre la corriente de los láseres y la tasa de error en cada reproductor auxiliar.

**Precauciones para evitar daños físicos por radiaciones procedentes de láseres o de fibras ópticas.**

Un primer enfoque del problema radica en conocer la exposición máxima permitida (EMP) por el sistema ocular humano sin dar lugar a daños físicos. La EMP depende del tiempo de exposición y de la longitud de onda de la radiación y se expresa en términos de potencia por unidad de superficie ( $W/mm^2$ ). La tabla siguiente recoge los valores de la EMP para las longitudes de onda típicas de comunicaciones ópticas.

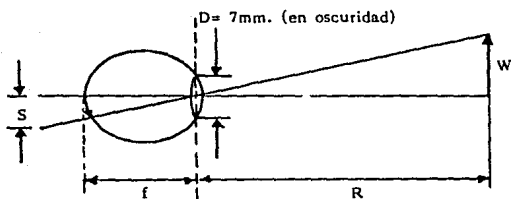
Longitud de onda (nm)	Tiempo de exposición (segundos)			
	1	10	$10^3$	$10^4$
850	35	20	6,38	6,38
900	45	25	8,0	8,0
1050-1400	90	50	16,0	16,0
1400-10	5600	1000	1000	1000

Una manera de asegurar que un equipo de transmisión o un aparato de medida no produzca daño alguno al operador que trabaje con ellos, es que su potencia media transmitida repete los límites de la tabla anterior. Para conocer esa potencia media ha de tenerse en cuenta que el menor tamaño que puede resolver la retina son 10  $\mu m$  y como el área de radiación de los dispositivos es de ese orden, si deseamos que en todo momento se respeten los límites de la tabla, la potencia del dispositivo activo debe ser menor a la que pueda captar la superficie de la retina en las condiciones más desfavorables: una apertura de unos 7 mm de diámetro. Así pues, para conocer la potencia de un emisor que en ningún caso produzca daño en el sistema ocular, bas ta realizar la operación siguiente:

$$P \text{ máx } (D/2)^2 \text{ EMP (vatios)}$$

Para el caso de  $D=7$  y suponiendo un exposición prolongada ( $10^3$  s) resulta:

$$P \text{ máx } - 6,2 \text{ dBm ( } = 850 \text{ nm)}$$



$$S = W \cdot f / R$$

Optica ocular. La imagen más pequeña que puede resolver la retina es de  $10 \mu\text{m}$ . En oscuridad, el diafragma presenta una apertura de  $7 \text{ mm}$ , de diámetro.

## VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FIBRA OPTICA.

La fibra óptica es una de las últimas adiciones al eslabón de señales, dentro de la tecnología de ondas submilimétricas.

Su pérdida en la transmisión es extremadamente baja y su mayor aplicación se encuentra en enlaces por computadora, automatización industrial, instrumentación médica, telecomunicaciones y sistemas de comandos militares.

### Ventajas:

Las ventajas de la fibra óptica o guía de onda óptica sobre los medios de transmisión convencionalmente conocidos en la actualidad, en los rangos de "La seguridad de intersección" son las siguientes:

- Un filamento de fibra óptica de varias milésimas de pulgada de diámetro. Estas ventajas de tamaño y peso son especialmente importantes para cables submarinos y en áreas con congestión de líneas de transmisión.
- La transmisión óptica es inmune a cualquier ruido eléctrico ambiental, resonancias, ecos o interferencias electromagnéticas. No genera ningún ruido eléctrico propio y la comunicación por fibra óptica no presenta ningún problema de diafonía.
- Los cables ópticos son seguros para utilizarse en ambientes explosivos y eliminan los riesgos de corto circuito en alambres y cables metálicos. Los sistemas ópticos se pueden fabricar para tener aislamiento eléctrico total.
- Correctamente diseñadas las líneas de transmisión y los acoplamientos relativamente inmune a condiciones de temperatura y humedad adversas, y se pueden utilizar en cables submarinos. Bajo condiciones muy adversas, las fibras descubiertas con una composición de vidrio (silicón) puede soportar 1000 °C, donde el cable coaxial está limitado a 300 °C.



- El número de repetidores requeridos es menor que con sistemas convencionales y para tramos cortos menores o iguales a 10 Km. no serán necesarios los repetidores.
- Los cables de fibra óptica, actualmente, tienen un costo aproximadamente igual al de los cables coaxiales. Como los materiales con que se fabrican los cables de fibra óptica existen en abastecimientos suficientes para incrementar el volumen de producción, esos costos disminuirán por debajo del 50% de su costo -- actual, haciendo al cable de fibra muy ventajoso en términos del costo inicial - por unidad de longitud.
- El equipo utilizado ahora en cables electrónicos que protegen contra problemas de tierra y voltaje, puede ser eliminado cuando se usen cables de fibra (cuando los repetidores son usados, especialmente en distancias grandes por cable submarino, donde la potencia es suministrada dentro de los cables para los repetidores, el cuidado todavía debe ser considerado para evitar problemas de voltaje en sistemas de fibra óptica).
- Las pérdidas en cables de fibra óptica pueden ser disminuidas cambiando la --- fuente de luz a base de "LEDS" por fuentes "LASER", en cuanto lleguen a ser aprovechables. Esto también se puede lograr mejorando el equipo y las técnicas de modulación sin reemplazar el cable original.
- Los costos de instalación de cables de fibra óptica son menores que los cables de metal, ya que los costos de trámite y envío son aproximadamente el 25% que el de los cables metálicos normales y la mano de obra será aproximadamente - un 50% menor.
- La necesidad de reemplazo y mantenimiento preventivo de cables de fibra óptica es reducida debido a su invulnerabilidad en la construcción.
- Es inmune a la interferencia electromagnética, radio-frecuencia y pulsos electro magnéticos.
- No tiene problemas de trayectorias a tierra. No hay necesidad de retorno a -- tierra particular.
- No es inductiva.

- No radfa señales ni tiene problemas de emisión de ruido.
- No es susceptible de diafonía.
- Puede emplearse en medios explosivos. La potencia óptica transmitida es de - 500 uW, que no es susceptible de producir descargas eléctricas en caso de ruptura del cable.
- No puede ser interferida.
- Tiene un ancho de banda muy amplio.
- Sus bajas pérdidas de transmisión implican el uso de menos repetidoras.
- Puede ser multiplexado ampliamente.
- Disponibilidad para comunicaciones digitales y métodos de modulación de pulso.
- Flexibilidad de mejorar la capacidad de ancho de banda del sistema sin la necesidad de instalar nuevos cables.
- Pequeño tamaño, poco peso, poco espacio de almacenaje, soporta grandes tensiones y tiene mucha flexibilidad.
- Potencial resistencia a la radiación nuclear.
- Es inmune a la corrosión.
- No requiere el cumplimiento de códigos eléctricos.
- No tiene problemas de regulaciones gubernamentales: ya que no requiere localización de frecuencias.
- Sus aplicaciones incluyen desde enlaces de muy corta distancia hasta circuitos de telecomunicaciones de larga distancia.

### Desventajas:

- El soporte de una nueva tecnología en desarrollo puede sufrir problemas de --- aceptación por parte de los usuarios y se limita su aplicación a sistemas espe-- cializados o donde sus propiedades representan una gran conveniencia.
- Puede resultar más caro si sus ventajas no son correctamente valuadas.
- Las limitaciones en el ancho de banda por los efectos de dispersión debido a la naturaleza de la propagación en las fibras ópticas.
- Las pérdidas de acoplamiento y su dificultad en aplicaciones de campo por el - pequeño tamaño de las fibras.
- Algunas fuentes luminosas tiene una vida útil muy limitada.
- Manufacturade muy alta precisión.
- No puede transmitir señales de corriente directa.
- Mayor complejidad general que los sistemas convencionales lo que implica ma-- yor probabilidad de falla.
- Gerencia de normalización en las especificaciones de los componentes.

## C O N C L U S I O N E S

Los resultados obtenidos en las diferentes experiencias realizadas con transmisiones ópticas en la subestación de 400 kV, nos permite afirmar que este medio de transmisión abre insospechadas posibilidades que afectarán al diseño y construcción del control de los centros eléctricos.

Las principales ventajas encontradas son las siguientes:

- 1) Total inmunidad a los parásitos eléctricos producidos por campos eléctricos, diferencias de potencial de tierra, etc.
- 2) Mayor seguridad de las instalaciones debido a la separación galvánica y aislamiento de los puntos que une la fibra óptica.
- 3) Gran capacidad de transmisión, lo cual permite una reducción importante de cables de control con la consiguiente disminución de costos en cableados y canalizaciones.
- 4) Posibilidad de transmitir a alta velocidad, lo que permite un rápido muestreo de las señales. Esta característica es importante para las protecciones, registro de transitorios, localizadores de faltas en líneas, etc.

A la vista de las consideraciones anteriores, nos parece evidente que en un futuro inmediato la implantación de redes locales con fibras ópticas en forma de bus o de anillo que interconecte todos los equipos que controlan la subestación, reportará indudables ventajas económicas y técnicas, aunque para que esto sea realmente efectivo, su aplicación debería tenerse en cuenta desde la primera fase del proyecto de dicho centro, ya que ello afecta al diseño del control, de las protecciones y de la propia infraestructura.

En un futuro más lejano, los transductores ópticos reemplazarán a los actuales transformadores de medida de tensión e intensidad de alta tensión y se extenderá la red de fibras ópticas hasta el mismo aparellaje de AT. En ese momento, las redes locales con fibras ópticas serán más complejas y será necesario disponer de derivadores ópticos para la configuración de las mismas y establecer la multiplexación óptica.

Creemos que los trabajos realizados hasta ahora en investigación y desarrollo en este campo han dado ya los primeros resultados positivos, pero esto no es más que un primer paso hacia un amplio espectro de variadas aplicaciones que se van abriendo en el empleo de redes ópticas locales para sistemas de control. Esto exige continuar con los trabajos de investigación y desarrollo en estrecha colaboración

ción entre el fabricante y el usuario, tal como se ha venido desarrollando. Además, debe establecerse una estrategia de introducción de estos sistemas que despierte el mercado, para que la inversión de la industria privada quede justificada.

La utilización del telecontrol en las plantas generadoras en la actualidad si es utilizado - en CFE pero a cortas distancias, lo que se pretendió ahora fue utilizarlo a grandes distancias a través de fibra óptica o con el radio digital, ambas técnicas son utilizadas por TELEFONOS DE MEXICO por lo que se vio la posibilidad de aplicar éstas.

La mayor ventaja de utilizar el telecontrol en una planta generadora sería el menor costo de operación que se obtiene ya que los operarios son a distancia debido a que desde una misma central o lugar remoto se puede controlar varias plantas.

También es necesario ver que entre más alejada esté la central de control habría un poco de dificultad llegar al lugar en el que se encuentre la falla, por lo que cuando se requiera de mayor personal para reparar algún daño podría tardar en llegar al lugar para repararla.

Por otro lado se utilizó la fibra óptica o el radio para controlar a grandes distancias, debido a que el par físico es muy afecto a sufrir daños de roturas, inducciones entre pares o con líneas de transmisión, desperfectos por agentes extraños (animales, personas, resquebrajamiento por el tiempo, etc.).

También se considera que el utilizar éste tipo de equipos es provechoso en el sentido que se automatiza totalmente la planta generadora con la tendencia de desaparecer al personal completamente.

En la industria eléctrica el telecontrol cada vez se esta haciendo mayormente ya que no solo éste prototipo de equipos se utilizaría en plantas generadoras sino también en procesos industriales más complejos.

Es importante hacer notar que el equipo utilizado para ésta tesis todo es de importación por lo que sus costos son elevados a la hora de proyectar. Así como a la hora de la instalación el personal debe contar con una instrucción muy bien dada, ya que los circuitos que cuenta el equipo es muy sensible.

**--- B I B L I O G R A F I A ---**

C.C. Timmermann  
Handling Optical Cables; Safety aspects, Applied Optics  
Fibras Opticas  
Apuntes TEL-MEX  
Centrales Eléctricas  
Posst  
3ª Edición  
Redes Eléctricas III  
Jacinto Viqueria  
Edt. Representaciones y Servicios de Ingenieria  
Telecomunicaciones  
Serie Mundo Electrónico  
Ed. Marcombo  
Teleautomatización y Telecontrol  
Serie Mundo Electrónico  
Ed. Marcombo  
Photo Probe AnOptical Time  
Domas Reflejo meter  
S.A. Personick  
B.S.T.J. Vol. 56.