

# Comunicaciones eléctricas

(Continuación)

En realidad este cálculo no es exacto, pues los telegramas correspondientes a los trenes se superponen. Para verificarlo con todo rigor será necesario partir de los itinerarios.

Si se conectan muchas estaciones sobre la misma línea, es evidente que varias de ellas tendrán, en algunos casos, que ocupar la línea simultáneamente, y como esto no es posible, será necesario proveer a la línea de algún dispositivo que permita resolver esta situación. Generalmente lo que se hace en el sistema de circuito abierto es poner las estaciones en paralelo y cada 4 hasta 8 estaciones un repetidor (traspaso) y en cada estación un sistema de interruptores que permitan cortar la línea hacia el lado que está ocupada. También pueden colocarse los puestos en serie y proveerlos de una tierra facultativa y de traspasos para que los trozos de línea no sean muy largos y la regulación no varíe demasiado. Cualquiera de estas soluciones tiene la desventaja de requerir una regulación del aparato cada vez que se alteran sus conexiones.

El circuito cerrado se presta mucho mejor a la solución de este problema. Basta, en efecto, colocar tierras facultativas que puede utilizarlas el telegrafista con sólo tener presionado un botón. Este método tiene varias ventajas: 1.º No hay necesidad de regular los aparatos; 2.º No puede quedar la línea interrumpida por un descuido del operador que deja la clavija del interruptor mal colocada, pues el resorte del botón se encarga de restablecer el circuito; 3.º Su simplicidad y bajo costo.

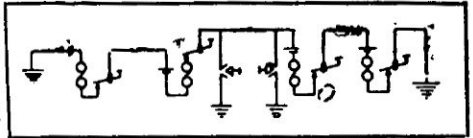


Fig. 20

Al estudiar los repetidores se estudiará también la manera de conectar una línea de circuito cerrado con otra de circuito abierto.

5. Los sistemas duplex de corriente sencilla casi no tienen aplicación en la práctica. Sin embargo, es conveniente referirse a ellos para entender con claridad el funcionamiento de los sistemas duplex de corriente doble. El más sencillo y que sirve para establecer el principio del funcionamiento es el llamado «duplex por oposición». En este sistema se aprovecha el enrollado diferencial de los relays para conseguir el resultado que se persigue. Se ha hecho notar en el capítulo correspondiente que el relay marca cada vez que la corriente entra por el terminal U y espacia cuando entra por D. En el esquema se ve claramente que si la resistencia

R es equivalente a la de la línea al presionar el manipulador del puesto I, la corriente al llegar al relay I se divide en dos porciones iguales, la una pasa por (D) (U) a la línea y la otra por U D al circuito local en que está insertada R; como por los enrollados del relay I pasan corrientes iguales, una en el sentido (D) (U) y la otra en el sentido U D, el relay no es accionado; en cambio la corriente que pasa

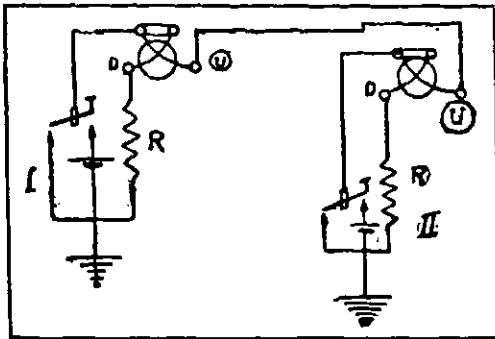


Fig. 21

por la línea entra al relay II por (U) se bifurca en (D) yendo a tierra la mayor parte y otra parte, también a tierra, va a través U D y R. Como en el embobinado del relay II pasa toda la corriente en el sentido U D, el relay marca; ahora, si presionado el manipulador I, se presiona el II, el relay II no cesa de marcar, pues por el embobinado (D) (U) del relay II y el (U) (D) del relay I no pasará corriente ya que las baterías son iguales y tienen sus polos del mismo nombre sobre la línea. Las dos llaves presionadas, el relay I marca porque la corriente en el circuito local se cierra en el sentido U D y por la misma razón el relay II.

6. Otra disposición que permite el trabajo en duplex con corriente sencilla que conviene en ciertos casos usar en la práctica, es el «duplex diferencial». Las conexiones se hacen como lo indica el esquema.

Presionada la llave I, la corriente se bifurca en dos porciones iguales en el galvanómetro; una parte pasa por el circuito de compensación y regresa a la batería atravesando la bobina del relay I en el sentido D U; la otra parte va a tierra, entra por el relay II y atraviesa la bobina en el sentido (U) (D), se bifurca en (D) una pequeña parte atraviesa la otra bobina en el sentido U D y la mayor parte va a través de r y se une de nuevo con la otra parte en el galvanómetro y pasa a la línea y entra al relay I en la bobina sentido (U) (D). Por consiguiente, el relay I recibe corriente en el sentido (U) (D) y D U y no marca; el relay II recibe corriente en el sentido U D en sus dos bobinas y marca. Si presionada la llave I, se presiona la llave II, las baterías I y II quedan en serie, la corriente que pasa por la línea es doble que la que pasa por los circuitos locales de compensación, y esta corriente pasa en ambos relays en el sentido (U) (D), se sobrepone a la corriente local que pasa en el sentido D U por ser de valor doble y hace que los dos relays marquen.

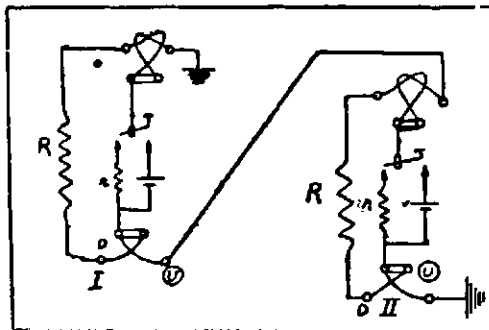


Fig. 22

NOTA: En general, para realizar un sistema duplex se requiere que presionada la llave del puesto I marque el receptor del puesto II, esté o no presionada la llave de este puesto, y que análogamente presionada la llave de II marque el receptor de I, esté o no presionada la llave I. En efecto, realizada esta condición se hace posible la transmisión por la misma línea de dos telegramas de sentido opuesto al mismo tiempo, ya que la inversión de las llaves no mutila las señales.

6. ECUACIÓN GENERAL DE LAS LÍNEAS TELEGRÁFICAS Y TELEFÓNICAS Y CASOS ESPECIALES DE IMPORTANCIA

1. Por muy perfecta que sea la aislación de una línea, siempre se tiene una pequeña derivación entre cada aislador y tierra en caso de usarse retorno por tierra o entre cada dos aisladores en caso de tratarse de una línea doble o circuito metálico. Esta conductancia puede considerarse como uniformemente repartida a lo largo de la línea y expresarse en mohs por unidad de longitud. Existe además una capacidad entre el conductor único y tierra o entre los dos conductores y esta capacidad puede considerarse en combinación con la conductancia y también uniformemente repartida; p. c. la línea tendrá una *admitancia* por unidad de longitud. Las mismas consideraciones valen con respecto a la resistencia y reactancia del conductor y p. c. la línea tendrá también una cierta *impedancia* por unidad de longitud.

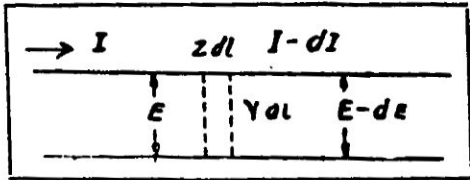


Fig. 23

De estas consideraciones y de la figura resulta evidente:

$$-dE = I Z dl$$

$$-dI = E Y dl$$

De estas ecuaciones resulta:

$$-\frac{d^2 E}{dl^2} = Z \frac{dI}{dl} = E Z Y \qquad -\frac{d^2 I}{dl^2} = Y \frac{dE}{dl} = I Z Y$$

Integrando estas ecuaciones diferenciales y reemplazando:

$$\sqrt{ZY} = \gamma \qquad \sqrt{\frac{Z}{Y}} = Z_0$$

se tiene finalmente:

$$(1) E_2 = E_1 \cosh \gamma l - I_1 Z_0 \sinh \gamma l$$

$$(2) I_2 = I_1 \cosh \gamma l - \frac{E_1}{Z_0} \sinh \gamma l$$

En que  $E_1$  e  $I_1$  son el voltaje y la corriente iniciales y  $E_2$  e  $I_2$  el voltaje y corriente al término del largo  $l$  de línea.

2. Supongamos una línea de largo indefinido. A medida que su longitud au-

mente  $E_2$  se irá haciendo cada vez menor y  $\cosh \gamma l$  y  $\sinh \gamma l$  tenderán a igualarse a  $\frac{1}{2} e^{\gamma l}$ .— P. c. en el límite se podrá escribir la ecuación (1):

$$0 = E_1 - I_1 Z_0$$

De donde:

$$(3) \quad I_1 = \frac{E_1}{Z_0} \text{ cuando } l_1 = \infty.$$

Reemplazado este valor de  $I_1$ , en este caso especial, en la ecuación (2) a una distancia  $x$  del origen:

$$I_x = \frac{E_1}{Z_0} \cosh \gamma x - \frac{E_1}{Z_0} \sinh \gamma x$$

Lo que significa que a la distancia  $x$  del punto inicial fluirá por la línea de largo indefinido una corriente  $I_x$ . Sacando factor común  $\frac{E_1}{Z_0}$  y sustituyendo las funciones angulares hip. por funciones exponenciales se tiene:

$$I_x = \frac{E_1}{Z_0} (\cosh \gamma x - \sinh \gamma x) =$$

$$(4) \quad I_x = \frac{E_1}{Z_0} \left( \frac{e^{-\gamma x} + e^{-\gamma x}}{2} - \frac{e^{\gamma x} - e^{-\gamma x}}{2} \right) = \frac{E_1}{Z_0} e^{-\gamma x}$$

Con auxilio de la ecuación (2) se obtiene análogamente:

$$(5) \quad E_x = E_1 (\cosh \gamma x - \sinh \gamma x) = E_1 e^{-\gamma x}$$

y combinando (4 y 5):

$$(6) \quad I_x = \frac{E_x}{Z_0}$$

En la práctica puede considerarse que la línea es de largo indefinido cuando su ángulo hip.  $\gamma l > 5$ , y p. c. se puede a tales líneas aplicar las fórmulas (3), (4), (5) y (6).

3. Ahora es posible con ayuda de la fórmula (3) formarnos una idea del significado de la cte.  $Z_0$  llamada *impedancia característica* de la línea y que analíticamente ha quedado definida:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{Z}{Y}}$$

Si se tiene un circuito como el de la figura compuesto de  $n$  impedancias  $Z_n$  y al que aplicándole una dif. de pot.  $E$  hace debitar al generador una corriente total  $I$ , se podrá escribir que la impedancia  $Z$  de combinación de las  $n$  impedancias en paralelo es:

$$Z = \frac{E}{I} = \left( \sum_n \frac{I}{Z_n} \right)^{-1}$$

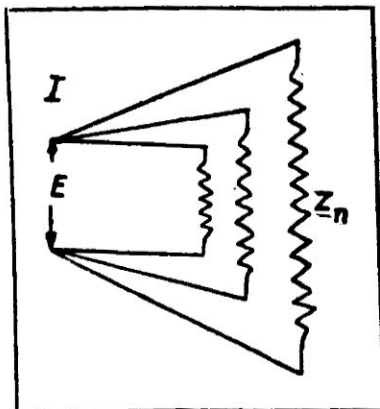


Fig. 24

En el caso de una línea de características uniformemente repartidas no sabemos avaluar  $Z_n$  pues ignoramos cómo se reparte la impedancia total del conductor entre los diversos circuitos elementales; pero en cambio sabemos que en un circuito de largo indefinido se verifica la relación (3):

$$Z_0 = \frac{E_1}{I_1}$$

Luego puede inferirse que  $Z_0$  es la impedancia combinada o equivalente de todos los circuitos elementales.

4. Pasemos ahora a estudiar el significado de  $\gamma$  llamada la *constante de propagación de la línea*, que en general es un número complejo:

$$\gamma = \sqrt{ZY} = j\alpha + \beta.$$

El término  $\beta$  (la parte real de  $\gamma$ ) se designa con el nombre de *constante de atenuación* y  $\alpha$  (la parte imaginaria de  $\gamma$ ) con el de *constante de largo de onda*.

De la ecuación (4) se deduce:

$$I_x = \frac{E_1}{Z_0} e^{-(j\alpha + \beta)x} = \frac{E_1}{Z_0} e^{-\beta x} e^{-j\alpha x}$$

$$I_x = \frac{E_1}{Z_0} e^{-\beta x} (\cos \alpha x - j \operatorname{sen} \alpha x)$$

Resulta de esta ecuación que  $\beta$  influye como un coef. de reducción en la amplitud de la onda y  $\alpha$  en su largo o sea en su fase.

P. c. el significado de  $\alpha$  es que el vector que representa la corriente se defasa con respecto a su dirección primitiva en un ángulo  $\alpha$  por unidad de largo.

Luego cuando  $\alpha x = 2\pi$ , el vector habrá llegado de nuevo a ser paralelo a su dirección inicial y en consecuencia:

$$(7) \quad x_0 = \frac{2\pi}{\alpha}$$

es el largo de onda.

La velocidad de propagación de la onda es igual a su largo dividido por el tiempo transcurrido entre el instante en que el vector tiene una dirección determinada y el instante en que vuelve a tener la misma dirección. este tiempo es evidentemente:

$$t = \frac{1}{f}$$

si  $f$  es la frecuencia de la corriente. Luego la velocidad de propagación es

$$(8) \quad v = \frac{2\pi f}{\alpha}$$

5. Con ayuda de las ecuaciones (1) y (2) estudiemos algunos casos especiales de interés:

a) Impedancia del lado transmisor de una línea abierta de cualquier largo

$$\begin{aligned} I_x &= 0 \\ 0 &= I_1 \cosh \vartheta - \frac{E_1}{Z_0} \sinh \vartheta \quad ; \quad \vartheta = \gamma x \\ (9) \quad Z_1 &= \frac{E_1}{I_1} = Z_0 \coth \vartheta \end{aligned}$$

b) Impedancia del lado transmisor de una línea de cualquier largo cerrada al extremo opuesto (en corto circuito).

$$\begin{aligned} E'_2 &= 0 \\ E'_1 \cosh \vartheta &= I'_1 Z_0 \sinh \vartheta \\ (10) \quad Z'_1 &= \frac{E'_1}{I'_1} = Z_0 \operatorname{tgh} \vartheta \end{aligned}$$

c) Corriente del lado receptor de una línea de cualquier largo cerrada en este extremo (corriente de corto circuito).

$$\begin{aligned} E'_2 &= 0 & I'_1 &= \frac{E'_1}{Z_0 \operatorname{tgh} \vartheta} \\ I'_2 &= I'_1 \cosh \vartheta - \frac{E'_1}{Z_0} \sinh \vartheta \\ (11) \quad I'_2 &= \frac{E'_1}{Z_0 \sinh \vartheta} \end{aligned}$$

d) Corriente del lado transmisor de una línea cerrada al lado receptor (corriente de corto circuito al lado transmisor).

$$E'_2 = 0$$

$$0 = E'_1 \cosh \vartheta - I'_1 Z_0 \sinh \vartheta$$

$$(12) \quad I'_1 = \frac{E'_1}{Z_0 \operatorname{tgh} \vartheta}$$

6. Con ayuda de las fórmulas (9) y (10) es posible determinar experimentalmente las constantes principales y secundarias de una línea. Basta para ello medir  $E_1$  e  $I_1$  con la línea abierta y en seguida medir estas mismas cantidades con la línea en corto circuito. ( $E'_1$  e  $I'_1$ ).

De la fórmula (9)

$$Z_1 = \frac{E_1}{I_1} = Z_0 \coth \vartheta$$

De la fórmulas (10)

$$Z'_1 = \frac{E'_1}{I'_1} = Z_0 \operatorname{tgh} \vartheta$$

Multiplicando miembro a miembro se obtiene:

$$(13) \quad Z_1 Z'_1 = Z_0^2 \quad ; \quad Z_0 = \sqrt{Z_1 Z'_1}$$

Por otra parte: como  $Z'_1 = Z_0 \operatorname{tgh} \vartheta$

$$(14) \quad \operatorname{tgh} \vartheta = \frac{Z'_1}{Z_0}$$

Cuando se trata de una línea telegráfica basta emplear como generador de energía una batería y como instrumentos de medida un amperímetro de baja resistencia y un voltímetro de alta resistencia. Si se trata de una línea telefónica se requiere un generador de Audio frecuencia y se procede a medir directamente con el puente de Wheastone las impedancias  $Z_1$  y  $Z'_1$ .

De los valores  $Z_0$  y  $\vartheta$  se obtienen las características secundarias de la línea mediante las relaciones siguientes:

$$\vartheta = \gamma l \quad ; \quad \gamma = \frac{\Gamma \vartheta}{l}$$

$$\gamma = \sqrt{zy} \quad ; \quad \gamma^2 = zy$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{z}{y}} \quad ; \quad Z_0^2 = \frac{z}{y}$$

$$y^2 = \frac{\gamma^2}{Z_0^2}$$

$$(15) \quad y = \frac{\gamma}{Z_0} \quad (\text{Admitancia por unidad de long.})$$

$$(16) \quad z = \gamma Z_0 \quad (\text{Impedancia por unidad de long.})$$

7. Una línea en explotación no está ni en corto circuito, ni abierta al lado transmisor, sino que se encuentra completada por la impedancia  $Z_a$  del instrumento receptor.

En este caso se tiene:

$$E_2 = I_2 Z_a$$

Reemplazando este valor en las ecs. (1) y (2):

$$I_2 Z_a = E_1 \cosh \vartheta - I_1 Z_0 \sinh \vartheta$$

$$I_2 = I_1 \cosh \vartheta - \frac{E_1}{Z_0} \sinh \vartheta$$

$$I_2 - \frac{E_1}{Z_a} \cosh \vartheta = - I_1 \frac{Z_0}{Z_a} \sinh \vartheta$$

$$I_2 + \frac{E_1}{Z_0} \sinh \vartheta = I_1 \cosh \vartheta$$

Dividiendo estas ecs. miembro a miembro:

$$\frac{I_2 - \frac{E_1}{Z_a} \cosh \vartheta}{I_2 + \frac{E_1}{Z_0} \sinh \vartheta} = - \frac{\frac{Z_a}{Z_0} \sinh \vartheta}{\cosh \vartheta}$$

$$I_2 (\cosh \vartheta + \frac{Z_a}{Z_0} \sinh \vartheta) = \frac{E_1}{Z_a} (\cosh^2 \vartheta - \sinh^2 \vartheta)$$

y como:

$$\cosh^2 \vartheta - \sinh^2 \vartheta = 1$$

se obtiene finalmente:

$$(15) \quad I_2 = \frac{E_1}{Z_0 \sinh \vartheta + Z_a \cosh \vartheta}$$

Para determinar la corriente  $I_1$  al lado transmisor se procede en la misma forma:

$$I_2 = \frac{E_1}{Z_a} \cosh \vartheta - I_1 \frac{Z_0}{Z_a} \sinh \vartheta$$



$$I_2 = I_1 \cosh \vartheta - \frac{E_1}{Z_0} \sinh \vartheta$$

$$E_1 \left( \frac{\cosh \vartheta}{Z_a} + \frac{\sinh \vartheta}{Z_0} \right) = I_1 \left( \cosh \vartheta + \frac{Z_0}{Z_a} \sinh \vartheta \right)$$

Multiplicando esta última ecuación por  $Z_a Z_0$  se obtiene despejando  $I_1$ :

$$(16) \quad I_1 = \frac{E_1}{Z_0} \cdot \frac{Z_0 \cosh \vartheta + Z_a \sinh \vartheta}{Z_a \cosh \vartheta + Z_0 \sinh \vartheta}$$

El valor de la impedancia medida en el lado transmisor será p. c:

$$(17) \quad Z_1 = \frac{E_1}{I_1} = Z_0 \left( \frac{Z_a \cosh \vartheta + Z_0 \sinh \vartheta}{Z_0 \cosh \vartheta + Z_a \sinh \vartheta} \right)$$

A. E. Kennelly presenta esta última ec. en otra forma que se presta más para el cálculo:

$$Z_1 = Z_0 \left( \frac{\frac{Z_a}{Z_0} \cosh \vartheta + \sinh \vartheta}{\cosh \vartheta + \frac{Z_a}{Z_0} \sinh \vartheta} \right)$$

Si se hace:  $\frac{Z_a}{Z_0} = \operatorname{tgh} \vartheta'$  se tiene:

$$(18) \quad Z_1 = Z_0 \frac{\operatorname{tgh} \vartheta' + \operatorname{tgh} \vartheta}{1 + \operatorname{tgh} \vartheta' \operatorname{tgh} \vartheta} = Z_0 \operatorname{tgh} (\vartheta' + \vartheta)$$

El ángulo hip.  $\vartheta' = \operatorname{tgh}^{-1} \frac{Z_a}{Z_0} \left( \operatorname{arc} \operatorname{tgh} \frac{Z_a}{Z_0} \right)$  se denomina el ángulo originado por el instrumento receptor sobre la línea.

8. Si la impedancia  $Z_a$  del instrumento receptor es igual a la impedancia  $Z_0$  característica de la línea, las fórmulas (15), (16) y (17) se reducen a las de la línea de largo indefinido que se dedujeron en el párrafo 2. Luego toda línea cerrada por una impedancia igual a la impedancia característica es equivalente a una línea de largo indefinido.

## 7. CIRCUITO SIMPLEX DE BATERÍA CENTRAL

1. En una línea telegráfica larga, el costo de conservación de las baterías distribuidas en los diversos puestos telegráficos demanda gastos considerables y una atención continua de parte del personal de conservación. La única manera de evitar esta situación es la adopción de un sistema de Batería Central. Esta solución tiene además la ventaja de poder reemplazar las baterías primarias que suministran una corriente de elevado precio unitario, por energía eléctrica indus-

trial si se elige el puesto alimentador en una ciudad en que sea posible adquirirla.

2. Todos los sistemas de Batería Central son de circuito cerrado. Los más usados son: el sistema americano, el alemán, el A T M (inglés) con sonador polarizado, y el A T M con sonador polarizado y condensadores que en rigor no es de circuito cerrado.

3. El sistema americano es fácil comprenderlo con sólo examinar el esquema.

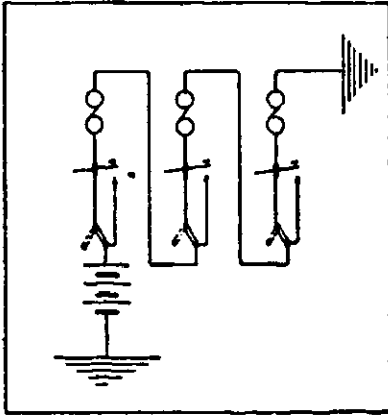


Fig. 25

Los interruptores en su posición normal completan el circuito; las armaduras de los receptores están todas atraídas (marcan); cuando una estación desea comunicarse abre su interruptor, lo que hace que en todas las demás estaciones las armaduras de los receptores se levanten (espacien). A cada presión del manipulador de la estación que transmite, el receptor marcará. Este sistema presenta el inconveniente grave de que si un operador por olvido deja abierto su interruptor, las comunicaciones quedan cortadas en toda la línea. Sin embargo, se puede evitar este inconveniente con el uso de botones o interruptores de resorte.

4. El sistema alemán es exactamente igual al descrito como sistema de circuito cerrado con la única diferencia que la batería se concentra en un punto. Los alemanes lo usan por lo general con aparatos inscriptores no polarizados arreglados en forma que el resorte los haga marcar y el electro imán espaciar; p. c. cada vez que el circuito se abre por la presión de un manipulador los inscriptores marcan.

5. El sistema A T M con sonador polarizado es igual al alemán, pero en lugar de usar inscriptores con resorte invertido, se usan inscriptores o sonadores polarizados ajustados de modo que la corriente cree un campo opuesto al del imán permanente de modo que al interrumpirse el circuito el magnetismo permanente atraiga la armadura y haga marcar al receptor. El empleo del sonador polarizado permite líneas de mayor longitud que en el caso anterior y un menor consumo de corriente.

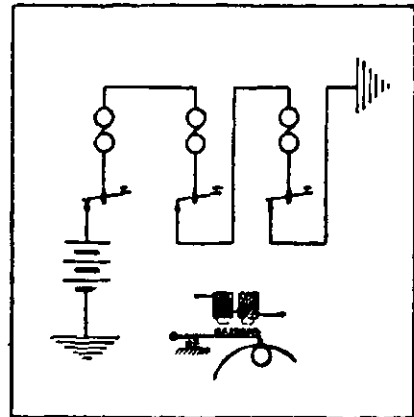


Fig. 26

6. Para determinar la longitud de línea que es posible trabajar con una sola batería colocada en un extremo de la línea, con cualquiera de los sistemas descritos en los párrafos anteriores se procede de la siguiente manera:

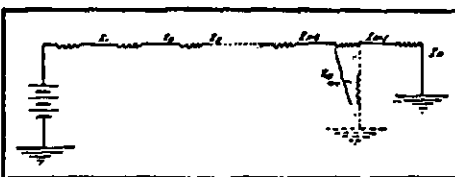


Fig. 27

de la siguiente manera:

$$(15) \quad I_2 = \frac{E_1}{Z_0 \operatorname{senh} \vartheta + Z_a \cosh \vartheta}$$

$$(16) \quad I_1 = \frac{E_1}{Z_0} \frac{Z_0 \cosh \vartheta + Z_a \operatorname{senh} \vartheta}{Z_0 \operatorname{senh} \vartheta + Z_a \cosh \vartheta} = \frac{I_2}{Z_0} (Z_0 \cosh \vartheta + Z_a \operatorname{senh} \vartheta)$$

Son datos del problema la corriente  $I$  mínima con que puede trabajar el receptor, la resistencia  $\rho$  de éste, y las características de la línea. Se puede p. c. fijar la corriente  $I_n$  igualándola a la corriente mínima de trabajo del receptor y escribir:

$$I_{n-1} = \frac{I_n}{Z_0} (Z_0 \cosh \vartheta + Z_a \operatorname{senh} \vartheta) ; \quad Z_a = \rho$$

$$I_{n-2} = \frac{I_{n-1}}{Z_0} (Z_0 \cosh \vartheta + Z_a \operatorname{senh} \vartheta) ; \quad Z_a = \rho + Z_0 \operatorname{tgh} (\vartheta + \vartheta^1_{n-1})$$

$$\vartheta^1_{n-1} = \operatorname{tgh}^{-1} \frac{Z_a n}{Z_0}$$

.....

$$I_{n-p} = \frac{I_{n-p+1}}{Z_0} (Z_0 \cosh \vartheta + Z_a \operatorname{senh} \vartheta) ; \quad Z_a = \rho + Z_0 \operatorname{tgh} (\vartheta + \vartheta^1_{n-p+1})$$

$$\vartheta^1_{n-p+1} = \operatorname{tgh}^{-1} \frac{Z_a n-p+2}{Z_0}$$

.....

Cuando el valor de  $I_{n-p}$  sea tal que el receptor no pueda funcionar con valores mayores, se habrá alcanzado la longitud límite compatible con la clase de línea y de instrumentos usados.

La f. e. m. necesaria en el punto (1) se calcula:

$$E_1 = I_2 (Z_0 \operatorname{senh} \vartheta + Z_a \cosh \vartheta)$$

valor al cual debe agregarse la cantidad:

$$\rho \cdot I_{\max}$$

para obtener el potencial de la Batería.

Para esta clase de cálculos es indispensable usar una tabla de funciones hiperbólicas y ordenarlos en forma de cuadro, lo que economiza mucho tiempo.

7. El sistema de Batería Central A T M con sonadores Vyle y condensadores tiene la originalidad de ser un circuito de Batería Central que no consume corriente en los períodos de ocio como sucede en los demás sistemas de circuito cerrado. Su fun-

cionamiento es como sigue: cuando los manipuladores están en posición normal los

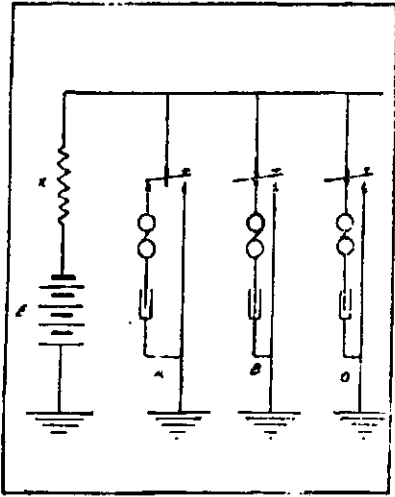


Fig. 28

condensadores se cargan a un potencial  $V_1$  determinado por su posición en la línea y potencial de la batería  $E$ ; al ser presionado un manipulador cualquiera, el potencial en la línea baja, debido al mayor escurrimiento de corriente y los condensadores se descargarán hasta un potencial  $V_2$  igual al de la línea en el punto en que se encuentra conectado. Esta descarga parcial del condensador hace funcionar el sonador polarizado tipo Vyle, ajustado a su posición neutral, es decir, cuya armadura una vez atraída permanece en esa posición hasta que una corriente de sentido contrario la vuelve a su posición primitiva. Nada impide emplear con este sistema en lugar de sonadores Vyle, relays Standard ajustados a la neutralidad. La estación principal queda conectada en la forma que se indica para

evitar el ruido del sonador al transmitir. Lo mismo puede hacerse en las demás si se estima necesaria esta condición.

8. Consideremos la figura. El potencial  $V_1$  aplicado en A a la línea es

$$V_1 = E_1 - XI_1$$

Si todos los manipuladores están en posición normal la línea está abierta y

$$I_1 = \frac{V_1}{Z_0} \operatorname{tgh} \vartheta$$

Si un manipulador cualquiera es presionado la línea estará en corto-circuito p. c.

$$I_1' = \frac{V_1'}{Z_0} \operatorname{coth} \vartheta$$

en que  $\vartheta = \gamma l$  y  $l$  es la distancia del punto A a la estación cuyo manipulador ha sido presionado. A las estaciones que quedan más allá de  $l$  les cae el potencial a 0 y sus condensadores se descargan sobre la línea. A las que se encuentran más acá les cae a

$$V_x = V_1' (\cosh \gamma x - \operatorname{senh} \gamma x \operatorname{coth} \gamma l)$$

El valor de  $V_1$  y  $V_1'$ , se obtiene de las tres primeras ecs. escritas:

$$V_1 = \frac{E_1 Z_0}{Z_0 + X \operatorname{tgh} \vartheta}$$

$$V_1' = \frac{E_1 Z_0}{Z_0 + X \operatorname{coth} \vartheta}$$

Como el efecto sobre los sonadores es evidentemente creciente con  $V_1 - V_1'$  nos conviene determinar el valor de  $X$  de modo que esta cantidad sea máxima:

$$\frac{V_1 - V_1'}{E_1 z_0} = \frac{\coth \vartheta - \operatorname{tgh} \vartheta}{\frac{z_0^2}{X} + z_0 (\operatorname{tgh} \vartheta + \coth \vartheta) + X}$$

Para que el denominador de esta fracción sea mínimo se requiere

$$\frac{d f(X)}{dx} = -\frac{z_0^2}{X^2} + 1 = 0 \quad ; \quad X = Z_0$$

Reemplazando en la ec. anterior  $X$  por  $Z_0$  se tiene:

$$V_1 - V_1' = E_1 \frac{\coth \vartheta - \operatorname{tgh} \vartheta}{2 + \operatorname{tgh} \vartheta + \coth \vartheta} = \frac{1 - \operatorname{tgh}^2 \vartheta}{(1 + \operatorname{tgh} \vartheta)^2} E_1$$

$$V_1 - V_1' = E_1 \frac{1 - \operatorname{tgh} \vartheta}{1 + \operatorname{tgh} \vartheta}$$

La situación más desfavorable con este sistema telegráfico se presenta cuando transmite la estación más lejana y recibe la estación principal. Luego cuando (1)

$V_1 - V_1' = 2000 \cdot 3,10^{-3} = 6$  volts, se habrá llegado al límite de la longitud de la línea.

$$6 = 80 \frac{1 - \operatorname{tgh} \vartheta}{1 + \operatorname{tgh} \vartheta} \quad ; \quad \operatorname{tgh} \vartheta = 0,86$$

$$\vartheta = 1,295 = \gamma l$$

Si  $R = 20 \Omega/\text{km}$ . y  $G = 2 \cdot 10^{-6}/\text{mohs}/\text{km}$ .

$$\gamma = \sqrt{R G} = 6,34 \cdot 10^{-3}$$

$$l = \frac{1,295 \cdot 10^3}{6,34} = 204 \text{ km.}$$

En el caso de transmitir la estación principal el potencial descenderá en la última estación de

$$V_1 = V_1 (\cosh \vartheta_1 - \operatorname{senh} \vartheta_1 \operatorname{tgh} \vartheta_1) = \frac{V_1}{\cosh \vartheta_1}$$

a cero.

(1) Recuérdese que el sonador Vyle tiene una cifra de mérito de 3 m. a. y su resistencia es de 2000  $\Omega$  en los usados en este sistema telegráfico.

$$V = \frac{E_1}{(1 + \operatorname{tgh} \vartheta) \cosh \vartheta} = \frac{80}{(1 + 0.86) 1.95} = 22,5 \text{ volts.}$$

### 8. CIRCUITOS DUPLEX DE BATERÍA CENTRAL

1. Recordaremos que se designa con el nombre de circuito Duplex aquel que permite recibir y transmitir simultáneamente.

2. En el sistema de Batería Central se usa en líneas urbanas, cuya resistencia no sobrepase de  $350 \Omega$ , el sistema duplex de Batería Central ideado por C. E. Hay, ingeniero del B. P. O. «La resistencia del lado de la línea se hace algo mayor que la del brazo «a»; y p. c. una corriente permanente, de fuerza mediana, corre por el galvanómetro y por el relay en la estación Central debido a esta falta de equilibrio. La dirección de la corriente es tal, que la lengüeta del relay se mantiene sobre el contacto de los espacios. Bajándose el manipulador en la estación lejana, la resistencia «d» y una bobina del sonador, en esa estación hacen corto circuito.

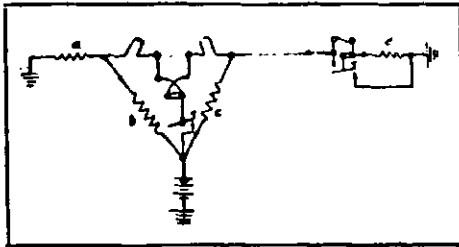


Fig. 29

Entonces la resistencia del lado de la línea, en la Estación Central, es más baja, en vez de ser más alta, que la resistencia «a» y la corriente del puente cambia de dirección, y el relay de la E. C. da una señal que continúa mientras se siga apretando el manipulador en la estación lejana. En esta estación, con el manipulador bajado, la corriente de la línea es aprox doble de la que pasa normalmente; pero la

fuerza de atracción ejercida sobre la armadura del sonador polarizado no se modifica, de hecho, porque al mismo tiempo la mitad del enrollado del electro imán del sonador se elimina; y por lo tanto la corriente mayor sólo actúa por la mitad del número total de espiras. El sonador polarizado se refuerza magnéticamente, para resistir la corriente de la línea que corre normalmente. Como se verá el hecho de hacer funcionar un manipulador a corriente simple en la estación lejana, produce el efecto de un manipulador a doble corriente sobre el Relay de la E. C.; y se obtiene señales inmejorables en el sonador, que está conectado con el Relay polarizado en un circuito local de la manera acostumbrada». «En la E. C. la depresión del manipulador conecta una bobina del relay y una del galvanómetro en paralelo con los brazos «b» y «c» respectivamente. La reducción de la resistencia en el camino de la Batería aumenta la corriente, tanto en el circuito de la línea como en el brazo «a»; y entra en funcionamiento el sonador polarizado en la estación lejana. El sonador en la E. C. no está afectado por la depresión de su propio manipulador porque el relay, para producir una señal, necesita que la proporción del puente y la corriente a través del puente sean invertidas. Bajándose los dos manipuladores simultáneamente, la pro-

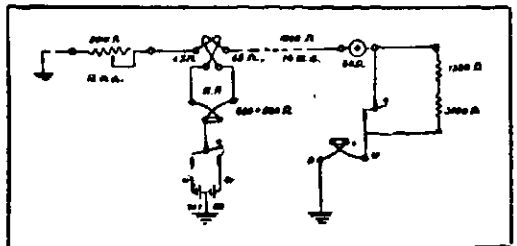


Fig. 30

porción del puente se invierte y al mismo tiempo, se aumenta la corriente de la línea; y p. c. funcionan ambos sonadores» (Catálogo A T M.)

3. En circuitos largos se usa el Duplex de Batería Central de Vyle and Smart. Para comprender su funcionamiento basta examinar el esquema y tener en cuenta que:

a) El relay polarizado de la estación lejana marca o espacia con (+) o (-).

b) El relay no polarizado de la E. C. espacia cuando la corriente es suficiente para vencer el resorte antagonista; y marca al insertarse las resistencias en la estación lejana lo que hace bajar la corriente lo bastante en el relay N. P. de la E. C. para que el resorte venza al magnetismo del electro imán.

## 9. CIRCUITOS DE DOBLE CORRIENTE Y OFICINAS CON BATERÍA UNIVERSAL

1 La doble corriente tiene sobre la corriente simple la ventaja de aumentar la eficiencia de la línea al permitir aumentar la velocidad de transmisión. En un sistema de simple corriente al conectar la batería a la línea, la f. e. m. aplicada debe previamente cargar la línea y sólo después de un tiempo muy corto  $t_0$  comienza a fluir corriente por el receptor. Este tiempo  $t_0$  puede calcularse por la fórmula de Kelvin:

$$t_0 = \frac{L^2 cr}{\pi^2} \log_h. \left( \frac{4}{3} \right) = 0.023 L^2 cr$$

en que  $c$  y  $r$  son respectivamente la capacidad y la resistencia por unidad de longitud y  $L$  la longitud total de la línea. De esta fórmula se deduce que en todo caso la duración de un punto-marca debe ser mayor que  $t_0$ . Al tratar de la velocidad de transmisión discutiremos este punto con más detalle; por ahora nos contentaremos con algunas consideraciones elementales para comprender la ventaja que reporta la corriente doble. «La carga sobre una línea, originada por una corriente-marca, tiene la forma de la figura. Si ahora el lado transmisor A es repentinamente puesto a tierra, como sucede al dejar en normal un manipulador de simple corriente, la línea se descarga: dos tercios fluyen hacia tierra por el lado transmisor y un tercio por el lado receptor. Este un tercio tiene la misma dirección que la corriente-marca y p. c. prolonga la señal. Si la Batería al lado transmisor se hubiera invertido en lugar de puesto a tierra la línea, prácticamente la carga total de la línea habría fluído a través de la Batería invertida y ésto habría evitado la prolongación de la señal. Considérese ahora el caso en que la línea está cargada negativamente. En cuanto la batería se invierte una corriente intensa fluye, invierte el signo de la carga sobre la línea y reproduce las condiciones antes descritas. Pero durante este proceso, aunque rápido, una cierta parte de la carga negativa se disipa por una descarga negativa hacia tierra por el extremo receptor. Esto acelera el proceso de neutralizar la carga negativa, antes que la inversión de la carga empicce. Esta descarga en el extremo receptor es en la dirección-espacio y p. c. las marcas-signos transmitidos no son deformados».

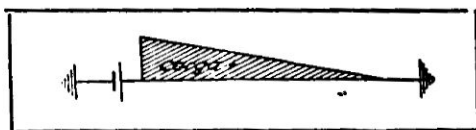


Fig. 31

2. Otras ventajas de la doble corriente son: que los relay pueden usarse neutrales, o sea utilizar su sensibilidad máxima (3 m. a.) y que las inversiones de la

corriente al invertir la magnetización del núcleo del relay disminuyen los efectos nocivos del magnetismo residual.

3. Las conexiones usuales del sistema simplex de doble corriente se han descrito en el cap. III y no hay nada que agregar.

4. Las conexiones del Duplex diferencial de doble corriente son las del esquema. Las condiciones que debe satisfacer el sistema son las siguientes:

a) Con manipulador normal ambos relays deben espaciar.

b) Con manipuladores invertidos ambos relays deben marcar.

c) Un manipulador normal y otro presionado, el relay del lado del manipulador invertido (presionado) debe espaciar y el otro marcar.

En la fig. 1 se contempla el caso (a). El reostato R de compensación se regula de manera que compense el efecto de la

línea y de los instrumentos de la otra estación. En estas condiciones por las bobinas (D) (U) pasa una corriente generada por una f. e. m. que la f. e. m. doble que genera la corriente en el circuito local que pasa por las bobinas U. D. En efecto, las dos baterías (que deben ser iguales) se combinan en serie por tierra. Tenemos pues que si las baterías están calculadas para producir 10 m. a. en el c. l. circularán 10 m. a. por la bobina U D y 20 m. a. por la (D) (U): los relays espaciarán por 10 m. a. En el caso (b) la situación es semejante con circulación de la corriente en sentido inverso y p. c. ambos relays marcan por 10 m. a. de diferencia. En el caso (c) contemplado en la figura (2), no pasa corriente por la línea, pues las Baterías quedan con sus polos opuestos hacia ella. El circuito local en B hace circular la corriente en sentido U D y como no pasa corriente por (D) (U) resulta que el relay marca con 10 m. a. El circuito local en A hace circular la corriente en el sentido D U y p. c. el relay en A espacia.

5. Si como reostato de compensación se empleara en una línea larga o subterránea, sólo una resistencia óhmica sería imposible llegar a compensarla y funcionar en duplex. En efecto, al presionar la llave de la estación A se descargaría la línea sobre la bobina (U) (D) con un golpe marca.

Si se agrega un condensador en paralelo a la resistencia óhmica, éste debidamente ajustado, puede compensar el golpe-marca de la línea con un golpe-espacio D U. En la práctica el Reostato compensador se dispone como se indica en el esquema. La resistencia óhmica A tiene por objeto compensar la resistencia de la línea. La

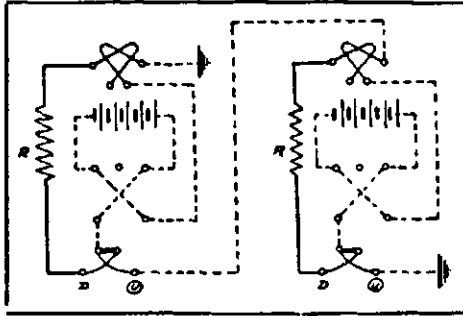


Fig. 32 (1)

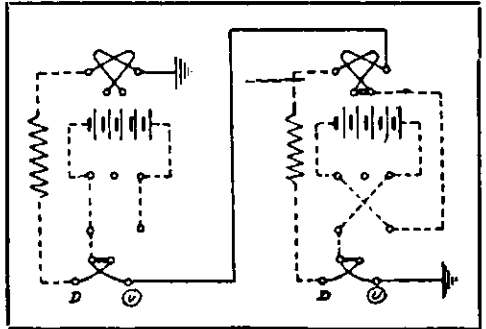


Fig. 33 (2)

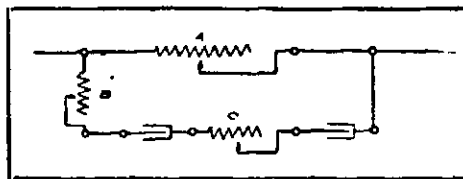


Fig. 34



bobina B, llamada de retardo, es una resistencia óhmica que sirve para compensar la resistencia que presenta la misma línea a su propia corriente de descarga, su función y su nombre están justificados por la fórmula conocida:

$$e_1 = e \left( 1 - \epsilon^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

El oficio desempeñado por C es el de imitar en lo posible la capacidad uniformemente repartida de la línea.

En realidad, basándonos en el hecho de que todo circuito de características uniformemente repartidas tiene un circuito T o  $\pi$  equivalente, bastaría emplear uno de esta forma para alcanzar la compensación.

6. Otro sistema duplex de doble corriente muy empleado y que puede usarse también en simple corriente es el Duplex-puente, cuyo diagrama de conexiones puede verse en la figura. Para dimensionar el circuito se escriben las ecuaciones de Kirchhoff para el caso de la fig. 1 y de la fig. 2. En el primer caso se obtienen 9 ecuaciones. Se hace  $A=B=C=D=X_1$  y  $E=F=X_2$ . Se tienen como datos  $R_1=R_2=R$  y  $i_1=i_2=i$  y L que es la resistencia de la línea. Las incógnitas son p. c.:

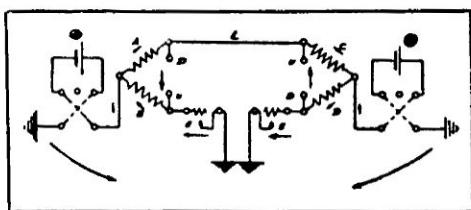


Fig. 35 (1)

$$\begin{matrix} i_A & i_B & i_C & i_D & i_L & i_E & i_F \\ X_1 & X_2 & & & & & \\ e & & & & & & \end{matrix}$$

Tenemos, pues, 10 incógnitas y 9 ecuaciones. La décima ecuación la obtenemos de la condición de que e sea mínimo. La expresión de e deducida de las otras 9 ecuaciones es:

$$e = \frac{(+LR) X_1^2 + (2L + 2R) X_1 X_2 + RX_1L + RX_2L + RX_2^2}{X_1^2 - X_1 X_2 - X_1L} i$$

De esta expresión se deduce una relación entre  $X_1$  y  $X_2$  para que e sea mínimo que es la décima ecuación que necesitábamos.

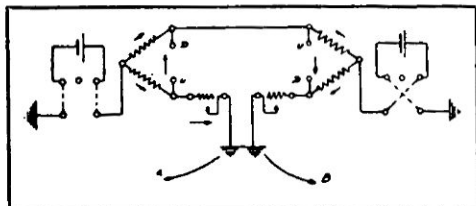


Fig. 36 (2)

En el esquema de la fig. 2 se ve claramente la circulación de la corriente que hace marcar al relay B y espaciar al A, situación originada por la oposición de las baterías sobre la línea.

7. Para contrarrestar los efectos de la capacidad de la línea el duplex-puente debe proveerse de los condensadores que indica el esquema. El llamado «Condensador de señales» tiene por objeto acelerar la carga

de la línea. Equivale a poner en corto circuito la Bob. dup de línea hasta que la línea esté totalmente cargada. Evita así el empleo de Baterías de elevado voltaje.

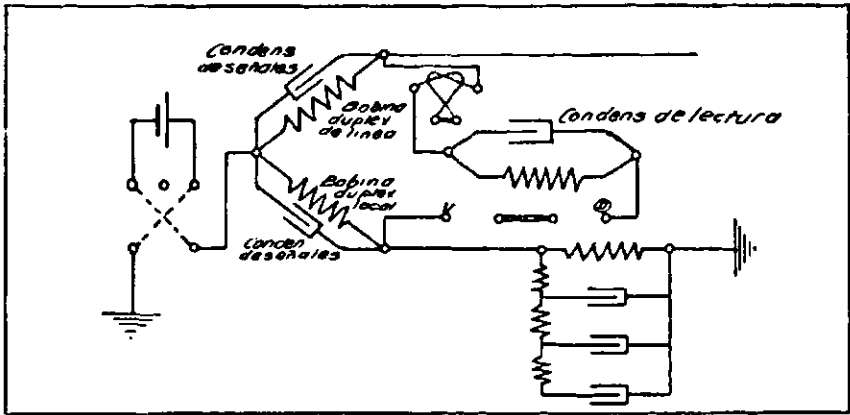
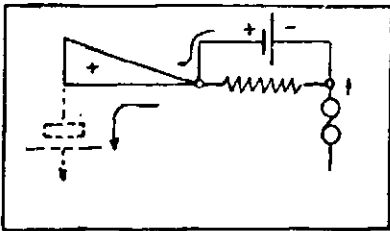


Fig. 37



Fi. 38

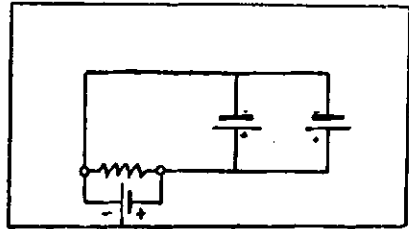


Fig. 39

Si no se insertara el condensador llamado «de lectura» una parte de la carga se descargaría a través del receptor en dirección D U (polo neg. aplicado a la línea en la otra estación). Esta descarga es facilitada por la inductancia del receptor que da lugar a una f. c. m. en el mismo sentido que la corriente que pasaba antes de presionar el transmisor. Esta situación retrasaría, pues, la señal-marca. Colocado el «condensador de lectura» e invertida la corriente por el transmisor de la otra estación, el condensador se descarga sobre la línea y da lugar a una corriente de sentido U D en el receptor. El resultado de su inserción es p. c. que el receptor marque tan pronto como el transmisor es presionado. En el instante en que el transmisor no toca ningún contacto, el condensador de lectura podría descargarse a través de su shunt, pero esto no sucede porque ese tiempo es muy corto.

8. En una Oficina Central telegráfica de una ciudad grande, es conveniente usar una sola batería para todos los aparatos telegráficos. Este sistema se llama de «Batería Universal». Si las Baterías no tuvieran resistencia interna, no habría ningún inconveniente en conectar todos los aparatos a la misma Batería, pues la corriente enviada al presionar un manipulador determinado sería la misma estuvieran o no presionados los demás conectados a la Batería. Pero si la Batería tiene una cierta resistencia interna, la situación no será la misma en uno u otro caso. En efecto, consideremos una de las líneas conectadas a la Batería Universal y llamemos  $i_0$  la corriente que pasa por la línea cuando sólo el manipulador de esa línea está invertido; e<sup>1</sup>  $i_1$  la corriente cuando todos los demás están también invertidos

(se trata de circuitos abiertos); sea además  $l$  la resistencia de la línea considerada,  $R$  la resistencia de combinación de todas las líneas servidas por la B. U. y  $E$  y  $r$  la F. E. M. y la resistencia interna de esta última. Se tiene:

$$i_0 = \frac{E}{r+d}$$

$$i_1 = \frac{R \Sigma i}{l}$$

$$R \Sigma i = R \frac{E}{R+r}$$

$$i_1 = \frac{R}{l(R+r)} E \quad ; \quad \frac{i_1}{i_0} = \frac{R(r+l)}{l(R+r)} = \frac{l + \frac{r}{R}}{1 + \frac{r}{R}}$$

Si hay conectadas a la B. U.  $n$  líneas y cada una de ellas tiene la misma resistencia  $l$  se tendrá

$$R = \frac{l}{n}$$

Luego:

$$\frac{i_1}{i_0} = \frac{l+r}{l+nr} = p.$$

Sea  $p$  la fracción de corriente  $i_0$  con que pueden funcionar los receptores:

$$n = \frac{l}{p r} (l+r) - \frac{l}{r}$$

Ejemplo: ¿Cuántas líneas de  $100 \Omega$  cada una, se pueden conectar a una B. U. de  $10 \Omega$  de resistencia, si los receptores no admiten que la corriente suba de 30 m. a. ni baje de 10 m. a.?

$$p = \frac{i_1}{i_0} = \frac{10}{30} = 0.333$$

$$n = \frac{l}{0,33 \cdot 10} (100+10) - \frac{100}{10} = 23$$

9. El valor de las f. e. m. que se necesitan en una oficina telegráfica para hacer funcionar todos sus aparatos, difieren mucho entre sí; pero se ha visto en la práctica que basta con consultar para el servicio cuatro voltajes positivos de 24 v., 40 v., 80 v, y 120 v. y otros cuatro negativos de las mismas magnitudes (se entiende por positivos aquellos que aplican el polo positivo a línea y por negativos

la inversa) Para realizar esta exigencia las baterías se distribuyen en la forma que indica el esquema. Se tienen siempre en carga dos baterías de 40 v. y dos de 24 v.

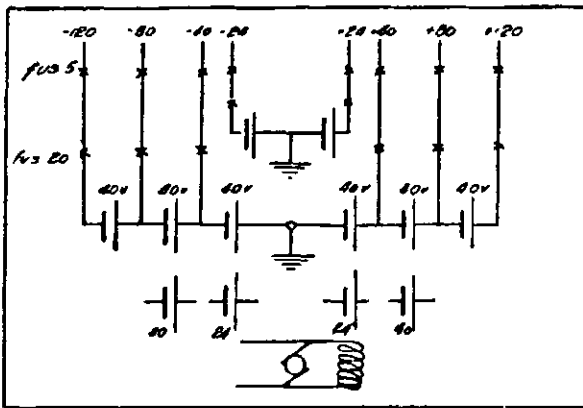


Fig. 40

El cuadro de distribución se arregla en forma que cualquiera de las baterías pueda ponerse en carga o en servicio. En la sala de acumuladores se protegen las baterías con fusibles de 20 amperes; en la caja de distribución especial con fusibles de 5 amp.; y en la caja de distribución particular con fusibles de 1 amp. En algunos casos conviene emplear en lugar de fusibles de 20 amp. interruptores automáticos;

pero en todo caso su empleo se impone al lado de la dinamo en el acto de la carga y del tipo de corriente máxima y de corriente nula, para evitar que la batería en carga se descargue sobre la dinamo.

10. La capacidad en amperes-horas de elementos secundarios que integran las Baterías de 40 volts se puede fijar mediante la siguiente fórmula empírica usada por el B. P. O.:

$$A = \frac{4I(t_1 + t_2)}{N}$$

A = Amperes-horas del elemento.

I = Corriente total requerida cuando todos los circuitos trabajan.

$t_1 = \Sigma$  tiempo en horas durante el cual los circuitos de doble corriente y cuaduplex trabajan en el período más recargado del año.

$t_2 = \frac{1}{4} \Sigma$  de tiempo en horas durante el cual trabajan los demás circuitos.

N = número total de circuitos de cualquier tipo servidos por la batería.

La capacidad en amperes-horas de los elementos de las baterías de 24 v. las fija el B. P. O. de acuerdo con la fórmula empírica siguiente:

$$A_1 = \frac{3C_1 t_3}{N_1}$$

$A_1 =$  Capacidad en amp. horas de un elemento.

$C_1 = \Sigma$  de las corrientes debitadas si todas las líneas y circuitos locales conectados a las baterías de 24 v. están en trabajo.

$t_3 = \frac{1}{4} \Sigma$  del tiempo en horas en que cada circuito es usado en el período más recargado del año.

$N_1 =$  número de circuitos conectados al lado más recargado de la batería.

El uso de dos fórmulas diferentes para estos dos casos, proviene de usarse las baterías de 24 v. exclusivamente para circuitos locales y líneas de corriente simple en la práctica de B. P. O.

11. Los diagramas de conexiones de los distintos circuitos telegráficos ya estudiados deben ser alterados convenientemente para poder adaptarlos al empleo de la B. U. Eligiremos como ejemplo, por ser el que sufre mayor alteración, el Duplex diferencial.

La figura indica la forma en que quedan hechas las conexiones. El conmutador duplex-simplex se coloca para permitir el trabajo en simplex, cuando por alguna circunstancia sea imposible trabajar en duplex. Este conmutador tiene un brazo que puede ocupar dos posiciones: en posición Dx quedan unidos 4 con 2 y 1 con 5 y en la posición Sx quedan conectados 2 con 6 y 1 con 3. La llave usada es la de simple corriente con interruptor.

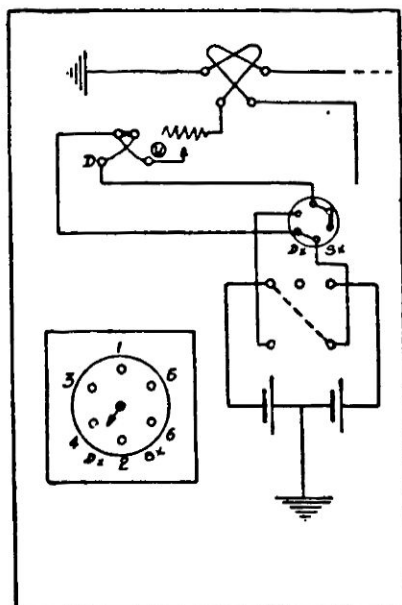


Fig. 41

## 10. SISTEMA CUADRUPLIX

1. El cuadruplex es una disposición que permite despachar dos telegramas en cada sentido simultáneamente.

2. Esta disposición se realiza considerando que las corrientes pueden diferenciarse una de otra en dirección y en intensidad.

3. Si se dispone p. c. de un relé que obedezca a cambios de sentido en la corriente (es decir de un relé polarizado) y de otro que obedezca sólo a corrientes cuya intensidad supere un cierto valor, cualquiera que sea su dirección, se podrá realizar un cuadruplex. En el hecho se adopta un relé polarizado cuya cifra de mérito es  $i$  y un relé no polarizado cuya cifra de mérito es  $3i$ , y se arregla el circuito en la forma que lo indica el esquema.

4. El transmisor A es un manipulador de doble corriente y el B uno de simple corriente. El transmisor A se llama en un cuadruplex el *transmisor doble* y el B el *transmisor de incremento*. El relé A es el relé polarizado de cifra de mérito  $i$  y el relé B es el no polarizado de cifra de mérito  $3i$ .

Véase en la fig. 42 las combinaciones más importantes de las llaves.

Las otras combinaciones que pueden imaginarse con las llaves A1 B1 y A11 B11 son o simétricas a las contempladas o iguales a las del duplex diferencial, de modo que no hay mayor interés en examinarlas.

5. Imaginemos presionada B1 y marcando p. c. el relé B11 si en este momento se presiona el transmisor doble A1, el relé B11 dará un golpe-espacio, conocido por los telegrafistas por «golpe B». Este fenómeno que mutila la transmisión proviene:

1.º De la interrupción de la corriente en la línea durante la inversión de la llave (mientras pasa de su posición normal a su posición invertida).

2.º De ser preciso que transcurra el tiempo necesario para que la línea se cargue con una carga eléctrica contraria a la que tenía antes para que la corriente alcance el valor 3 i necesario para actuar el Relay BII.

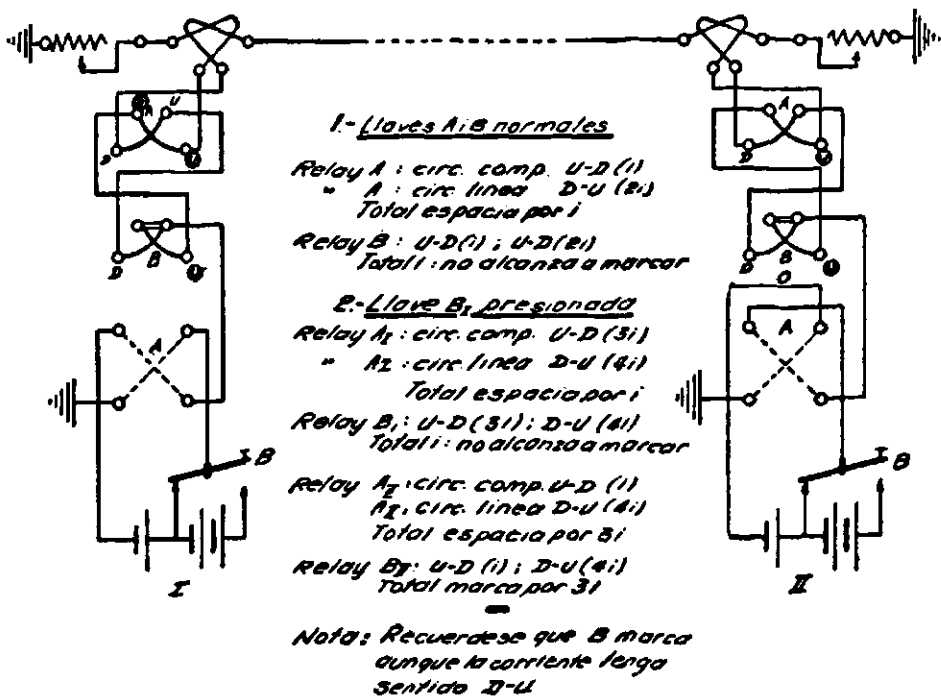


Fig. 42

La armedura del Relay B se desprenderá, pues, durante un intervalo de tiempo igual a la suma de los tiempos necesarios para invertir la corriente y cargar y descargar la línea.

No es posible evitar que el relay dé el golpe B; pero es posible evitar que el receptor comandado por el relay lo repita. Con este objeto se emplea usualmente el diagrama de conexiones del circuito local del receptor en la forma que se indica en el esquema.

Esta solución consiste en poner en paralelo con el receptor una capacidad. Cuando la lengüeta del Relay cae sobre S el circuito de la Batería se cierra sobre el Receptor y capacidad en paralelo. Si el condensador está descargado, en el primer momento el valor de la corriente será muy grande y para evitar que los contactos del relay se fundan se coloca una resistencia en serie. Una vez cargada la capacidad, la corriente hará funcionar el receptor. Si mientras el receptor funciona el relay da un «golpe B», éste no es repetido por el receptor, pues la capacidad se descarga sobre él tan pronto como la lengüeta se separa de S y lo hace continuar marcando,

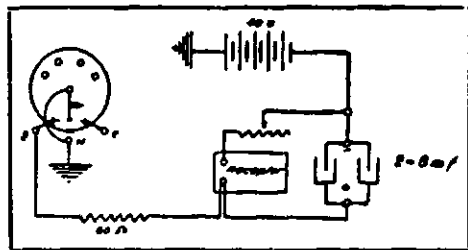


Fig. 43

Con un receptor polarizado también podría evitarse el «golpe B».

## II TELEGRAFÍA AUTOMÁTICA SINCRÓNICA Y ASINCRÓNICA. EL HUGHES Y EL WHEATSTONE

1. Se llama *Telegrafía Impresora Automática*, el sistema que permite transmitir los signos del alfabeto ordinario, por medio de un transmisor semejante a una máquina de escribir, y cuya recepción la hace un mecanismo arreglado en forma que imprime en una huincha de papel las letras del alfabeto ordinario que han sido transmitidas.

2. La *telegrafía impresora automática directa* se funda en el principio siguiente: Dos discos giran en sincronismo uno en cada puesto y llevan grabados en su periferia los signos por transmitir. Frente a un índice fijo pasa en el mismo instante el mismo signo en cada uno de los puestos telegráficos. Si el disco receptor tiene grabadas las letras del alfabeto, debidamente entintadas por un dispositivo especial, y un electroimán obliga a una cinta de papel a apoyarse sobre el disco cada vez que el manipulador es accionado en la estación transmisora, y si éste lo es cuando v. gr. la letra *c* pasa frente al índice del disco transmisor, la letra *c* quedará impresa en la huincha de papel de la estación receptora.

3. Los sistemas automáticos sincrónicos difieren entre sí:

- a) En el modo de mantener en sincronismo los discos;
- b) En el modo de disponer el transmisor para conseguir que puedan transmitirse el mayor número de signos en el menor tiempo, y utilizando una sola línea;
- c) En el código empleado.

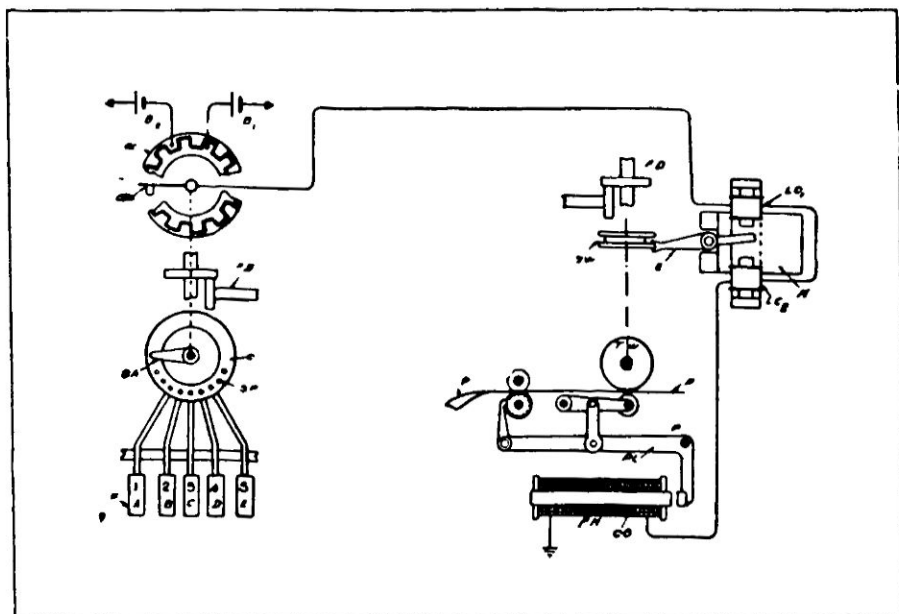


Fig. 44

4. La manera más simple de realizar el principio explicado en el N.º 2 es el sistema automático denominado «de rueda de escape» (step by step) y cuyo uso

está limitado a las informaciones telegráficas de la especie de las que mandan las Bolsas de los grandes Centros comerciales a todos los Bancos de la localidad, para mantener al público que los visita al corriente de las alteraciones del mercado de valores.

El dispositivo para mantener en sincronismo los discos consiste en una transmisión por fricción FD que mueve una escobilla CBA sobre un colector CC cuyos segmentos alternados van unidos a las Baterías B<sub>1</sub> y B<sub>2</sub> con polos opuestos a tierra. Al girar CBA conecta la línea con una y otra batería, con el resultado de enviar impulsos alternativos. En el mismo eje principal hay un brazo SA que gira sobre una plataforma circular C con una serie de agujeros por los cuales pueden levantarse los topes SP. En posición normal estos topes quedan por debajo del plano en que gira SA; pero pueden levantarse, al ser presionada la tecla correspondiente, lo suficiente para detener a SA en su movimiento giratorio. En este caso la transmisión de fricción FD resbala y CBA también se detiene y prolonga, entonces, el impulso correspondiente a ese instante.

En el puesto receptor hay un eje principal que recibe movimiento por una transmisión por fricción igual a la del otro lado (transmisor). Este eje lleva calada la rueda impresora y un sistema de escape SW que consiste en dos ruedas dentadas fijas al eje y desplazadas una con respecto a la otra en la mitad del paso de un diente. El brazo de escape E, en sus oscilaciones, toma alternativamente los dientes de cada una de las ruedas SW y p. c. el eje gira paso a paso, mientras el brazo E oscila y se detiene cuando éste se detiene. El brazo E oscila por obra de las dos bobinas de línea LC<sub>1</sub> y LC<sub>2</sub>, pues se mantiene polarizado por un imán permanente M.

Los impulsos de la línea pasan a tierra por el electro imán inscriptor PM. en serie con LC<sub>1</sub> y LC<sub>2</sub>. Este electro-imán es insensible a los impulsos alternados rápidos que manda a la línea el colector CBA; pero responde a los impulsos más largos originados por la depresión de las teclas de la estación transmisora, y obliga a la cinta de papel a hacer contacto con la rueda impresora TW.

De este sistema son el Wheastone ABC y el Siemens Teletyper.

5. En este sistema la velocidad de trasmisión no puede ser muy alta, porque la velocidad de los ejes sincrónicos no puede sobrepasar unas 120 revoluciones por minuto por no permitirlo el empleo de una rueda de escape como sincronizador.

Se estima que en término medio se pueden transmitir dos letras por cada revolución. Por consiguiente, si el eje gira a razón de 2 R p. S. en un minuto se podrán transmitir  $2 \cdot 2 \cdot 60 = 240$  signos; y como en término medio cada palabra consta de 6 letras, las palabras transmitidas por minuto serán a lo sumo:  $\frac{240}{6} = 40$ .

6. De todos los telégrafos impresores ideados de 1840 a 1870, el único que se sigue usando en líneas comerciales es el Hughes y ello se debe a que sus ejes isócronos son libres (no comandados por ruedas de escape) y que su sincronismo se mantiene por obra de la misma transmisión de signos.

Como en el sistema de «rueda de escape» los signos se identifican por el instante en que se cierra el circuito; pero la línea no está ocupada permanentemente por los impulsos alternados para mantener el sincronismo, como en aquel sistema.

El aspecto exterior del transmisor Hughes es el de un teclado de piano. El receptor consiste en un disco giratorio que lleva grabados los signos, y en un electroimán cuyo oficio es liberar en el momento oportuno los mecanismos que ponen la rueda impresora en contacto con la huincha de papel. En el Hughes la rueda im-



presora no se detiene, sino que en el momento de la impresión el mecanismo está arreglado de manera que la velocidad lineal de la huincha de papel sea la misma

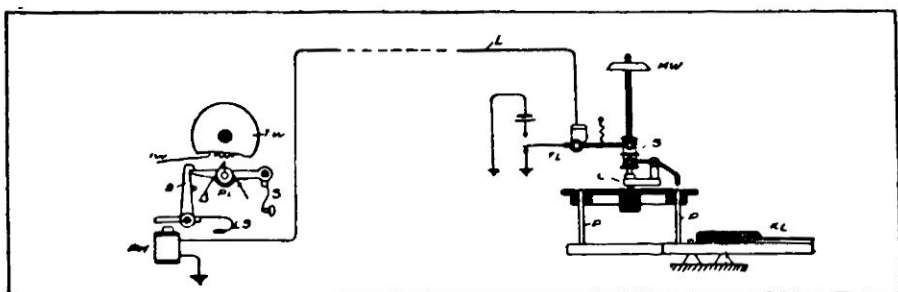


Fig. 45

que la de un punto de la rueda impresora (flying print) y de este modo se obtiene una impresión clara del signo sin necesidad de detener el mecanismo en su movimiento.

«El principio general del instrumento Hughes se indica en el diagrama. P, P son unos vástagos colocados en un círculo y que reposan en el extremo de una de las palancas correspondientes a las teclas KL. Un manguito deslizable S va colocado en el eje vertical que recibe su movimiento por intermedio de un engranaje MW de un motor con regulador no indicado en la figura. Si el manguito S desciende la palanca transmisora TL es accionada en forma de conectar la batería a la línea. Las llaves (teclas) imprimen este movimiento a TL del modo siguiente: A la depresión de cualquier tecla, el vástago correspondiente P se levanta sobre el nivel de la plataforma. Solidaria del eje vertical una pieza C (chariot) a la cual va acoplada una palanca de doble brazo que la liga al manguito S, y gira con él. El extremo libre de la palanca pasa sobre los vástagos P. Si uno de éstos está levantado, cuando la palanca de C pasa por encima de él se levanta y hace descender el manguito S y obliga a TL a conectar la Batería a la línea. El instante en que la batería quede conectada dependerá de cual de los vástagos ha sido accionado, y, por consiguiente, la identificación de las letras depende de la época en que aparecen durante el tiempo cíclico (una revolución). En el extremo receptor la línea pasa por un electroimán PM. La rueda impresora TW continuamente gira a la misma velocidad que la pieza C (chariot) en la estación transmisora, y es puesta en fase con ella mediante el dispositivo que se explicará más adelante. La palanca impresora PL, que lleva un rodillo, bajo la acción de un resorte S, tiende a levantarse contra la rueda impresora, pero se lo impide el gancho D. Cuando el impulso eléctrico llega, PL es liberado y se levanta contra la rueda impresora y así se imprime una letra en la huincha de papel. La palanca impresora lleva un solo diente que engrana con una rueda de engranaje IW solidaria de la rueda impresora. Esta rueda permite un contacto momentáneo del rodillo y la rueda impresora y en seguida obra sobre el diente de PL y la obliga a bajar reponiéndola en la posición que indica la figura».

La rueda impresora recibe su movimiento del eje principal por una transmisión de fricción. Los ejes principales de ambas estaciones se hacen marchar a la misma velocidad y se ponen en fase, es decir, se arreglan en forma que frente a un punto fijo pase en ambas estaciones el mismo signo en la misma época, de modo que al presionar la tecla A en la estación transmisora se imprima la A en la re-

ceptora. Se comprende que por muy perfecta que sea la regulación de los motores una pequeña diferencia del vel. ang. tendrá siempre que subsistir entre ambos y que por muy pequeña que ella sea, al cabo de un tiempo más o menos largo el defasaje será considerable, ya que esta acción es cumulativa. Para salvar esta dificultad en el Hughes, se aprovecha el mismo magneto impresor. La rueda dentada solidaria de la rueda impresora y que se denomina rueda de corrección, al ser excitado el electro-imán engrana con un camo de corrección: si la rueda impresora está en avance la cara frontal de un diente de la rueda de corrección será presionada por el camo y la rueda será detenida, resbalando la transmisión de fricción. Si la rueda está en retraso, el camo caerá sobre la parte de atrás de un diente y haría avanzar a la rueda de corrección en un ángulo equivalente a una fracción de diente, resbalando de nuevo la transmisión por fricción. Así pues la diferencia de velocidad permisible entre los ejes de ambas estaciones, debe ser tal que la corrección requerida sea menor que la mitad del paso de los dientes.

De esto se desprende que si el Hughes permanece un tiempo sin usarse, es necesario volver a ajustar sus fases. En efecto, sea la velocidad angular de uno de los ejes de  $2\pi$  radianes por segundo. Sean 56 los dientes de la rueda de corrección

y sea  $2\pi + \frac{2\pi}{5600}$  la velocidad del eje de la otra estación. Tomemos como origen del

tiempo el instante en que ambos ejes están en fase y se cesa de transmitir; al cabo de 100 segundos, el eje de la segunda estación estará en avance sobre el otro en

$\frac{2\pi}{56}$  o sea en un diente de la rueda de corrección, si en ese momento se manda un

impulso, el camo de corrección caerá sobre el espacio adyacente entre los dientes de la rueda de corrección al que debería caer y en consecuencia la rueda impresora imprimirá la letra del lado y no la presionada en la estación transmisora.

La velocidad de rotación de los ejes del Hughes nunca es superior a 180 R. P. M. y, por consiguiente, no puede obtenerse con él una velocidad de transmisión supe-

rior a  $\frac{180 \times 2}{6} = 60$  palabras por minuto.

Sin embargo, un operador diestro puede agrupar las letras de cada palabra en grupos tales que en término medio pueda transmitir tres letras por revolución y en ese caso la velocidad alcanzaría a 540 signos por minuto (90 palabras).

7. ¿Cuáles son las ventajas del Hughes sobre el sistema de rueda de escape? En una línea larga los impulsos alternados llegan muy debilitados al extremo receptor y como el Hughes suprime esta manera de sincronizar y los impulsos que utiliza como señales son relativamente mucho más largos, es posible con él trabajar en líneas de mayor longitud y más desfavorables. En efecto, impulsos cortos alternados pueden asimilarse, como lo veremos más adelante, a corrientes alternas de mayor frecuencia mientras más corto el impulso, p. c. la impedancia de la línea será mayor mientras más cortos los impulsos.

La otra ventaja del Hughes es su gran sencillez como disposición eléctrica.

8.—En una línea cuyo costo de primera instalación es elevado por una parte, y que por otra parte tiene tales características que permiten trabajar en ella con velocidades de transmisión de 150 a 200 palabras por minuto, es evidentemente antieconómico el uso de los sistemas automáticos examinados, con los cuales no es posible sobrepasar velocidades de transmisión de 60 palabras por minuto.

Esta situación dió origen a la orientación de la investigación técnica hacia la manera de obtener con los sistemas automáticos velocidades de transmisión mayores.

#### TELEGRAFÍA AUTOMÁTICA ASÍNCRONA

9.—Si en lugar de emplear un operador para transmitir los telegramas, se emplea un aparato automático, se comprende que la velocidad de transmisión será independiente de la destreza del telegrafista. Si se renuncia a la impresión directa, por otra parte, y se recibe el telegrama en un inscriptor corriente polarizado, cada telegrama transmitido automáticamente del lado transmisor, puede ser traducido por un telegrafista y se pueden ocupar tantos de éstos como sean suficientes para llevar al día la traducción de los telegramas inscritos por el receptor.

Un sistema basado en este principio es el Wheastone automático.

El receptor, lo repetimos, es en este sistema un inscriptor Morse polarizado muy sensible y p. c. nada más hay que agregar a lo que ya se ha dicho respecto a estos aparatos en el capítulo correspondiente.

El transmisor consta de dos partes independientes y bien diferentes. La primera es un perforador que tiene tres teclas: una corresponde a los (.), otra a los espacios ( ) y la tercera a las rayas (—). Una huincha de papel se desliza a una cierta velocidad por el perforador; el operador escribe el telegrama en alfabeto Morse, presionando las teclas y la huincha sale de esta especie de máquina de escribir preparada. Su aspecto es el de una pieza de fonola de pequeñas dimensiones. Esta huincha se coloca en seguida en el transmisor propiamente dicho, donde la toman unos rodillos dentados y la hacen deslizar sobre un juego de palancas que son presionadas cuando pasa papel no perforado sobre ellas y a las cuales las levanta un resorte cada vez que pasa frente a ellas un agujero. Estas palancas gobiernan los movimientos de un transmisor del tipo de doble corriente, modificado en sus dimensiones y forma de manera que esto sea posible.

Se comprende que se pueden usar tantos perforadores trabajados por distintos operadores, como telegramas permita transmitir la línea por unidad de tiempo. Así, si la línea permite enviar 180 palabras por minuto, y un solo operador es capaz de transmitir 60 palabras por minuto, se ocuparán tres operadores en tres perforadores y las huinchas preparadas por ellos se harán pasar por el transmisor dando a los rodillos de éste la velocidad angular necesaria para deslizar la longitud de huincha correspondiente a 180 palabras por minuto.

10. Un paso más en el sentido del automatismo se puede conseguir, reemplazando el receptor Morse por un aparato que perfore una huincha de papel igual a la preparada por el perforador en el lado transmisor. El aparato ideado de acuerdo con este principio es el «receptor perforador Creed». Su principal ventaja es permitir la retransmisión de un telegrama sin necesidad de volver a escribirlo en un perforador.

11. Se comprende la posibilidad de idear un mecanismo perforador que con un teclado de máquina de escribir perfore la huincha en signos Morse,

En este principio se basan los perforadores Gell y Kleinschmidt, adaptados al Wheastone automático.

De este modo el operador que prepara la huincha no necesita saber telegrafía, basta que sepa escribir a máquina.

12. Fácil es comprender también que la confección de una máquina por la cual se pase la huincha perforada, y controlada por ésta imprima su contenido en caracteres romanos, no es un imposible.

La realización de esta máquina es el impresor telegráfico Creed.

13. De este modo queda, pues, constituido un sistema impresor telegráfico cuyos caracteres distintivos son:

- a) Se escribe en caracteres romanos un telegrama, que el perforador traduce en la huincha perforadora a signos Morse.
- b) Esta huincha preparada pasa por el transmisor Wheatstone que transmite por la línea los signos Morse.
- c) En el lado receptor el «receptor perforador Creed» prepara una huincha análoga a la que sirvió para transmitir en la otra estación.
- d) Esta huincha perforada se pasa por el «impresor telegráfico Creed» que la traduce e imprime en caracteres romanos.

## 12. CÓDIGOS TELEGRÁFICOS Y SISTEMAS TELEGRÁFICOS AUTOMÁTICOS BASADOS EN OTROS CÓDIGOS QUE EL MORSE

1. En el sistema Wheatstone-Creed que acabamos de examinar se emplea el alfabeto Morse, pero este alfabeto adolece de un defecto: cada letra tiene un largo diferente. Se comprende que para la construcción de los aparatos telegráficos automáticos este es un defecto grave, pues complica grandemente todos los mecanismos. Fuera de esto, el hecho de ser cada signo de largo diferente obliga a separar cada uno de ellos por un espacio para poder distinguir uno de otro. En efecto, el código Morse se confecciona con corrientes unitarias cuya duración es la que corresponde a un (.) separadas por espacios de la misma duración. Una raya (—) es una corriente de duración triple que el punto (.) ; y el espacio que separa un signo completo de otro es doble del que separa las rayas y los puntos dentro del signo. Así en el Código Morse empleado en líneas terrestres la letra J es:

Si el telégrafo que trasmite es de doble corriente, las areas sobre la línea de referencia significan impulsos positivos y bajo ella impulsos negativos; los primeros hacen marcar al receptor y los segundos espaciar.

Cuando se trata de transmisión submarina el código se confecciona con impulsos positivos que son los (.), con impulsos negativos que son las rayas (—) y con intervalos de corriente nula que son los espacios entre signo y signo. Así la letra J es

Fig. 46

Fig. 48

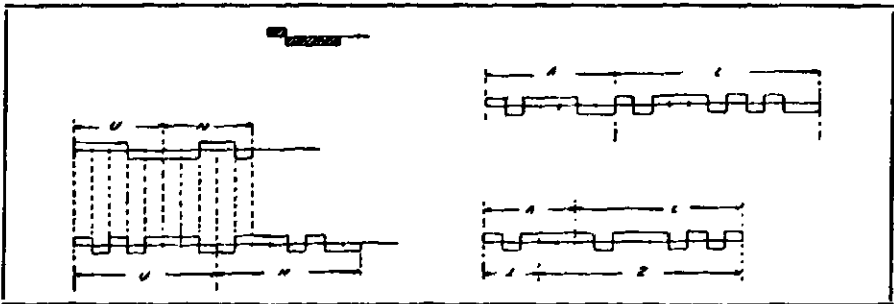


Fig. 47

Fig. 49

como se ve por la representación gráfica, rayas y puntos son impulsos de misma duración pero de dirección distinta, y el espacio entre signos es un elemento de corriente cero de misma duración que el punto y la raya. Como se sabe, el receptor

submarino es del tipo Deprez-D'Arsonval e inscribe una especie de senoide. De paso conviene hacer notar que para aumentar la capacidad de las líneas submarinas, se emplea el sistema de transmisión «Baronio», cuyo principio es utilizar el código Morse para formar signos taquigráficos, cuyo resultado sea acortar la duración de la transmisión.

2. Si los signos de un código son todos de igual largo no se requiere el espacio entre signos, puesto que su mismo largo los identifica. Así, si todos tienen la duración de 5 elementos de tiempo, como en el código de 5 unidades, basta contar en la inscripción 5 elementos para distinguir un signo de otro. Por ejemplo, en este código la palabra «un» y en el Morse:

Para evidenciar la necesidad del espacio entre signos en el código Morse escribamos la palabra «AL»

y ahora escribámosla sin el espacio entre signos:

Habría, pues, ambigüedad: podría leerse «AL» o «IZ».

3. El telégrafo automático Murray está basado en el mismo principio que el Wheastone-Creed, con la única diferencia de emplear el código de cinco unidades en lugar del Morse.

4. El código de cinco unidades, no es más que un sistema numérico que emplea sólo dos signos simples 1 y 0. Así en este sistema numeral el número 31 es

$$31 = 2^0 + 2^1 + 2^2 + 2^3 + 2^4 = 11.111$$

$$31 = 1 + 2 + 4 + 8 + 16 = \underline{\underline{\quad\quad\quad}}$$

Podremos, pues, hacer por este procedimiento 31 signos compuestos de cinco elementos, representando 1, por ejemplo, por un impulso positivo y 0 por un impulso negativo.

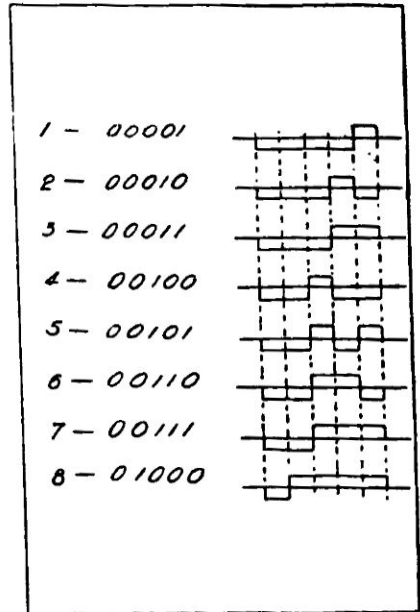


Fig. 50

5. Para transmitir los signos del código de 5 unidades, en lugar de emplear como en el sistema Murray un impulso (+) para representar el (1) y un impulso (—) para representar el (0), se pueden emplear 5 llaves en el transmisor que correspondan a 5 receptores al otro extremo de la línea. Estas 5 llaves serían  $2^0$   $2^1$   $2^2$   $2^3$   $2^4$  y se podría formar presionando unas u otras 31 combinaciones diferentes. La manera más burda de realizar esto sería el esquema de la figura 51.

Si presionamos p. ej. las llaves 1, 2, 4, al otro lado tendremos accionados los relays 1, 2, 4, y leeremos:  $2^0 + 2^1 + 2^3 = 11$ .

«La disposición de la figura es, por supuesto, impracticable, debido al exceso de material de línea que significa, pero la figura a continuación representa la disposición efectiva en uso. Se emplean conectores rotatorios movidos en sincronismo en cada extremo de la línea. En el extremo transmisor el conector recoge sucesi-

vamente las señales dispuestas por las 5 llaves, y en el extremo opuesto el conector rotatorio receptor los distribuye a los relays  $PR_1$  a  $PR_5$ .

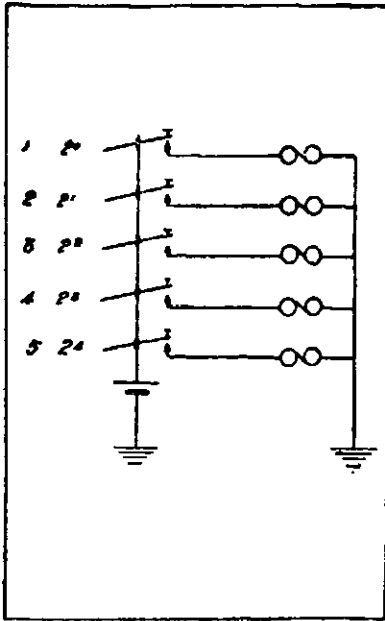


Fig. 51

«Dos condiciones fundamentales presiden la disposición de esta figura. El signo debe encontrarse *compuesto* o dispuesto antes que el brazo de la escobilla de contacto empiece a frotar sobre los segmentos colectores del distribuidor transmisor; en tanto que en el extremo receptor ya que las señales son transientes (momentáneas) el aparato receptor debe poder almacenar los impulsos elementales de la señal, y la *traducción* no debe verificarse hasta que los 5 relays receptores hayan sido accionados. Nótese que las llaves  $K_1$  a  $K_5$  están provistas de gatillos correspondientes a uñas de retención caladas todas en una barra común gobernada por la armadura de un magneto de enclavamiento L. M. Antes que el brazo colector pase sobre el segmento N.º 1 del conector transmisor cierra el circuito sobre el relay L. R. de la batería L. B. Este relay gobierna a su vez al magneto L. M. que hace oscilar a la barra de las uñas de retención y así cualquiera de las llaves presionadas en la vuelta anterior son liberadas. Al mismo tiempo una campanilla

son liberadas en la vuelta anterior son liberadas. Al mismo tiempo una campanilla

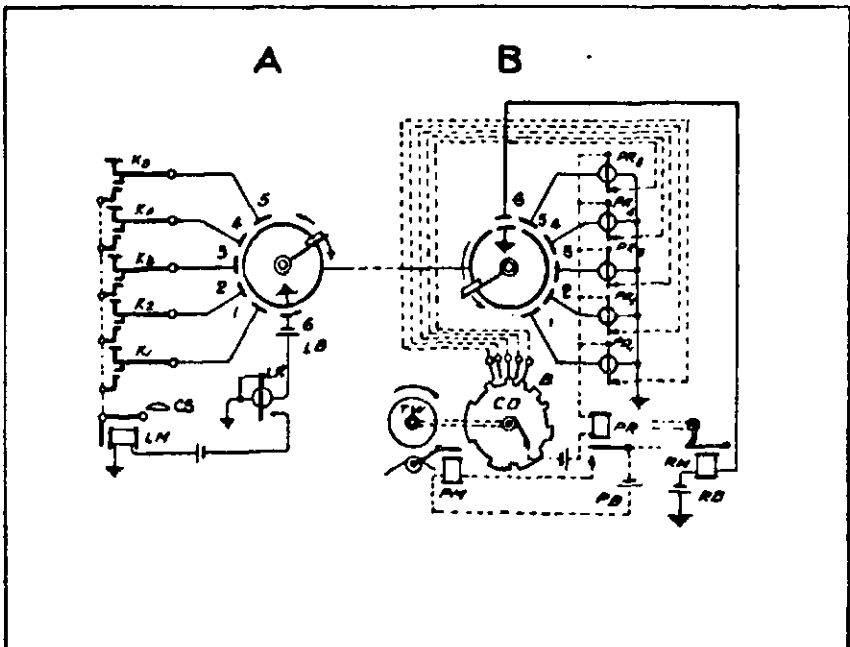


Fig. 52 (8)

suenan, para indicar al operador que la señal siguiente debe ser compuesta. Cualquiera llave que se presione en este momento queda enclavada y mantenida en posición inversa hasta que la señal completa ha sido transmitida a la línea. En caso contrario el operador podría soltar las llaves demasiado luego (antes que la llave la retenga) y ser transmitida una señal falsa. La indicación automática (campanilla) al operador, o señal «de cadencia», como se la llama, fué inventada por Brunett en 1860. La disposición de las llaves enclavadas por Whitehouse en 1853. Los 5 relays receptores son polarizados y sus armaduras permanecen en cualquiera posición en que se coloquen. Esto constituye un medio sencillo de almacenar los impulsos elementales de la señal. El «traductor» o «translador» indicado en el diagrama consiste en una rueda impresora T W y en un disco combinador C D, llamado así porque combina la señal compleja representada por la posición de los 5 relays en el impulso simple que ejecuta la impresión. Esta combinación de partes va montada en un eje que tiende a girar, pero mantenido en reposo por el magneto de liberación R M, y que liberado completa una revolución. Esto tiene lugar después de completado el ciclo, como se deduce del diagrama sin mayor explicación. El impulso impresor se genera como sigue: P R es un relay accionado por una batería cuyo circuito incluye al disco C D, las 5 escobillas B y las lengüetas de los 5 relays si uno o varios de los relays son operados habrá una cierta parte de la revolución en que el circuito mencionado es roto. El relay P R es desexcitado y cierra el circuito de P B a través del magneto impresor P M. En la posición del diagrama la excitación de P R<sub>3</sub> y P R<sub>4</sub> verificaría esta situación». (Harrison).

Este es el principio teórico del conocido sistema Baudot.

6. ¿Cuál es la ventaja del sistema Baudot sobre el Hugues, el Wheastone-Creed o el Murray?

—La ventaja que presenta el Baudot sobre el Hughes es en primer lugar el permitir el Baudot el uso del transmisor automático con huincha perforada; pero aun considerado como telégrafo de transmisión manual, aunque presenta en este caso la desventaja con respecto al Hughes, que el operador debe aprender a transmitir con el transmisor de 5 teclas y el código de 5 unidades, tiene sobre él la ventaja de ser posible su uso en líneas más desfavorables. En efecto, en una línea telegráfica determinada hay una duración mínima del signo-elemental (impulso) necesaria para que el receptor funcione. Ahora bien: la duración del impulso en el Hughes es:

$$\frac{1}{31} \text{ de revolución (tiempo cíclico)}$$

si hay 31 signos en la rueda impresora, y la duración del impulso en el Baudot es

$$\frac{1}{5} \text{ de revolución (tiempo cíclico)}$$

Luego, a igualdad de velocidad de transmisión (ya que la velocidad de rotación es proporcional en ambos sistemas a la de transmisión) los impulsos del Baudot son 6 veces más largos que en el Hughes.

Con respecto al Wheastone-Creed y al Murray, el Baudot presenta la ventaja de ser un impresor directo, pero en realidad esta circunstancia no es, en todo caso, una verdadera superioridad. Por ejemplo, si se trata de retransmitir un mensaje es preferible tener la huincha perforada para colocarla inmediatamente en el otro transmisor, sin traducirla previamente. Desde luego se puede afirmar que cada uno de estos sistemas tiene su campo de aplicación. Esta materia será tratada definitivamente después de haber estudiado la posibilidad del Multiplex en cada uno de estos sistemas.

7. «Los sistemas telegráficos impresores de alta capacidad, son en general de dos tipos:

- a) de simple-vía.
- b) de multi-vía.

«En ambos tipos, el trabajo de varios operadores está concentrado en una línea única; pero en el primer caso, un solo transmisor y un solo receptor son empleados, mientras que en el segundo hay tantos organismos transmisores y receptores como hay vías disponibles».

«En Gran Bretaña es costumbre clasificar estos dos tipos como *Automático* y *Multiplex*. En Alemania el duplex corriente y cuadruplex corriente de circuito Morse, también se clasifican como sistemas Multiplex, como también en América. Una transmisión automática que incluye máquina, es designada en Alemania como «Máquina Telegráfica»; telégrafos Morse duplex o cuadruplex son clasificados como *Gleichzeitig Mehrfach* (múltiples simultáneos); y los sistemas multiplex basados en la división del tiempo de ocupación de la línea, como *Absatzweise Mehrfach* (múltiples intermitentes)».

Antes de continuar citando a Harrison conviene aclarar lo que se entiende por *multiplex*. Cuando se transmite con un Wheastone automático, por ejemplo, el transmisor recibe trabajo de varios operadores que perforan la huincha cada uno en su máquina, esto equivale a un telégrafo múltiple, o sea a un número de telégrafos igual al de operadores, de aquí el nombre de multiplex. En general, todo sistema que absorbe el trabajo de varios operadores es un múltiplex.

«El sistema automático o máquina de simple-vía y alta velocidad, puede tomar dos formas que tienen ciertos detalles comunes».

«Son idénticos en que ambos tienen un solo transmisor T de alta velocidad, alimentado por tres o más unidades perforadoras KP manejadas, por supuesto, por otros tantos operadores perforadores».

«Un método difiere del otro en el modo de trasladar las señales de la línea a caracteres de imprenta combinados y ordenados en la huincha-telegrama final. En el primer diagrama, el telegrama en el instrumento receptor es registrado primero en un receptor-perforador, que suministra un duplicado de la huincha o huinchas perforadas, pasadas por el transmisor en el extremo A de la línea. Este proceso es el empleado tanto en el Murray Automático como en el Wheastone-Creed, la diferencia de un caso al otro consistiendo únicamente en el alfabeto empleado: Morse en el segundo, de cinco-unidades en el primero. Sólo se muestra un impresor P en el diagrama, pero la huincha perforada puede subdividirse y distribuirse entre dos o más impresores. De esta manera, la velocidad de los impresores puede mantenerse baja y evitarse así el desgaste excesivo. El perforador-receptor tiene, por lo general, un mayor margen de velocidad de trabajo que los impresores».

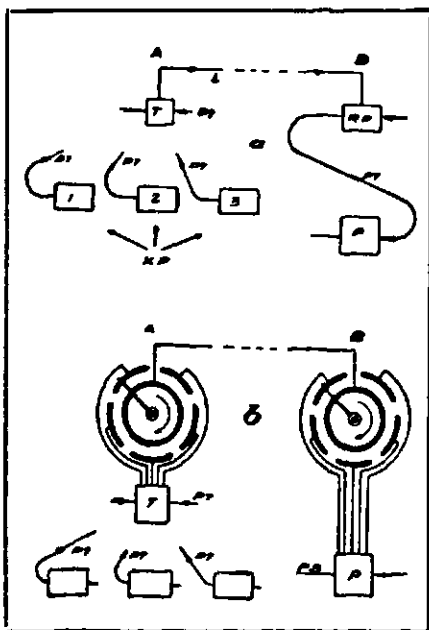


Fig. 53



«Con este sistema, el medio de coleccionar y distribuir en ambos extremos de la línea es la huincha perforada». «El segundo método ilustrado en el diagrama inferior, se sirve de distribuidores rotatorios sincrónicos en ambos extremos de la línea, e imprime directamente gobernado por las señales de la línea, sin la intervención de una huincha perforada. En el extremo transmisor, el transmisor T está engranado al brazo distribuidor que gira continuamente. El único ejemplo de este sistema es el Telégrafo automático de alta-velocidad de Siemens-Halske».

Hasta aquí los sistemas multiplex, que han sido clasificados por Harrison como de simple-vía. A continuación nos da el mismo autor la descripción de los de multi-vía, cuyo representante genuino es el Baudot.

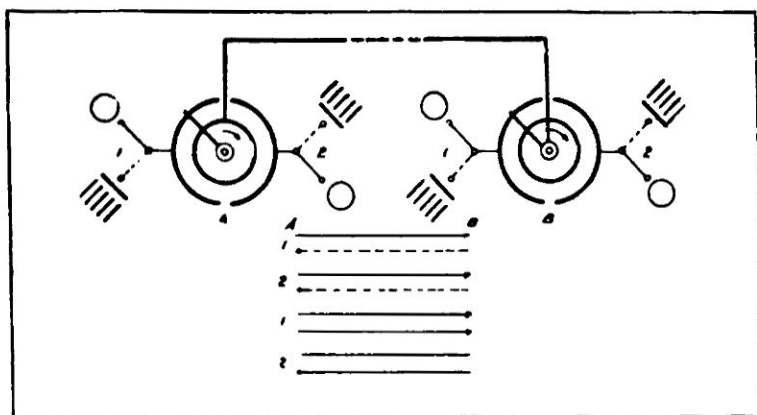


Fig. 54

«La figura es un sistema múltiple que suministra dos vías entre las ciudades A y B. Los impresores están representados simbólicamente por círculos, y los transmisores por cinco barras. En él se emplea el código de cinco-unidades Baudot y cualquiera de las vías puede transmitir o recibir».

Cada uno de los segmentos de círculo de los distribuidores, están en la realidad divididos en 5 segmentos pequeños, formando con el receptor y transmisor de su lado un sistema. Así, durante una media revolución, el brazo distribuidor sirve al sistema 1, y durante la otra media revolución, al sistema 2. En estas condiciones es posible funcionar de cuatro maneras diferentes:

$$1 \begin{cases} A_1 \text{ transmite} & B_1 \text{ recibe} \\ A_2 & \text{ } & B_2 & \text{ } \end{cases}$$

$$2 \begin{cases} B_1 \text{ transmite} & A_1 \text{ recibe} \\ B_2 & \text{ } & A_2 & \text{ } \end{cases}$$

$$3 \begin{cases} A_1 \text{ transmite} & B_1 \text{ recibe} \\ B_2 & \text{ } & A_2 & \text{ } \end{cases}$$

$$4 \begin{cases} B_1 \text{ transmite} & A_1 \text{ recibe} \\ A_2 & \text{ } & B_2 & \text{ } \end{cases}$$

Se comprende que si la línea lo permite, es posible subdividir aun más el distribuidor, y en vez de tener dos vías, tener tres, cuatro, cinco y hasta seis, que es el límite práctico del procedimiento.

Ahora bien, nada impide trabajar en duplex (por balance de la línea) en cada una de estas vías; de manera que estos dos procedimientos combinados (multiplex Baudot y duplex de balance) permiten obtener con una sola línea hasta doce vías diferentes.

8. ¿Cuál es preferible, el multiplex de alta velocidad y simple-vía como el Wheastone-Creed, el Murray, o el automático impresor de alta velocidad Siemens-Halske, o el multiplex de multivía como el Baudot? Es ésta una materia que hasta hoy se debate, y que probablemente no tiene una respuesta única, como bien lo hace notar Harrison en las siguientes líneas: «En cables oceánicos o líneas terrestres extremadamente largas, el sistema obligado es el de simple-vía (por ser necesaria una duración apreciable del signo elemental), pues donde el duplex-balanceado no siempre es posible mantenerlo, es preferible el sistema automático que no se sirve de distribuidores rotatorios (*Wheastone Creed* o *Murray*). Los sistemas que emplean código Morse (*Wheastone-Creed*), presentan la ventaja que las señales pueden ser leídas y anotadas en cualquier punto, y que el impresor y el receptor perforador son los únicos dispositivos que hay que agregar a un *Wheastone* automático no impresor. Una línea aérea larga es una línea costosa y de baja velocidad. Precisa subdividirla e insertar estaciones repetidoras o traspasos, como se hace en el circuito New York-San Francisco, en el cual se obtiene comunicación cuádruplex corriente. Cualquier sistema automático—cinco unidades o Morse—tiene serias desventajas cuando se le compara con un sistema de multi-vía: Los telegramas tienen que ser perforados por partes, generalmente tres, en seguida reunirlos y entregarlos al operador del transmisor. Retardos se originan a pesar del más exagerado cuidado. En especial retardos de importancia se producen en caso que se requieran correcciones». «En el extremo receptor, la huincha perforada, en el caso del Morse, a veces tiene que dividirse entre dos o tres impresores». «Es en la reunión hecha manualmente de las huinchas perforadas en el extremo transmisor y la distribución de su duplicado en el extremo receptor en lo que consiste el defecto fundamental del sistema automático para tráfico de mensajes cortos. Para el trabajo de noticias periodísticas, las condiciones son algo diferentes. No hay rectificación, y el mensaje puede constar de varios miles de palabras dividido en páginas enumeradas. Las páginas pueden recibirse en desorden, pero esto no es inconveniente serio».

«Impresores de alta velocidad son de conservación costosa. La velocidad económica es de 100 a 125 palabras por minuto a lo sumo, mientras que los impresores de un sistema de multi-vía sólo trabajan a razón de 40 a 50 palabras por minuto, y velocidad reducida significa mayor duración del instrumento y costos de conservación más bajos».

«Con el equipo automático de alta velocidad, aparatos de repuesto son indispensables para evitar interrupciones del tráfico. Esta es una carga adicional considerable al capital de instalación en un sistema que ya es costoso de por sí. La descompostura de un transmisor o de un impresor en un sistema multiplex de multi-vía, se traduce únicamente en una reducción parcial de su capacidad. La probabilidad de fallas es mucho menor, ya que la velocidad de todos los mecanismos individuales es baja y el desgaste en proporción, reducido. Además los impresores

imprimen directamente las señales de la línea, y no se requiere consumir huincha perforada en el extremo receptor».

«Es en la economía de personal en lo que triunfa el multiplex (de multi-vía)».

Como se ve Harrison se inclina abiertamente al sistema Baudot en los casos en que es posible usarlo.

En resumen, parece desprenderse de todas estas consideraciones, que siempre que sea posible (que las características de la línea lo permitan) el trabajo en multi-vía, debe preferirse el Baudot; pero en aquellos casos en que no lo sea, el campo pertenece al Wheastone-Creed o al Murray.

### 13 VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN

*Teoría electrostática de propagación de las señales de Kelvin.—Regla KR.—Estudio teórico de A. E. Kennelly.*

1 (J. H. Jeans. Mathematical Theorie of Elec. and Magn. 4.ª edición—pág. 332).  
 »Ya se ha dicho que un cable se comporta como un condensador electrostático de considerable capacidad. Este hecho retarda la transmisión de las señales y en un cable de alta capacidad la velocidad de transmisión puede ser tan reducida que el análisis de este capítulo (corrientes de variación lenta) puede utilizarse sin incurrir en errores graves».

«Sea  $x$  una coordenada que mide las distancias a lo largo del cable, sea  $V$ ,  $i$ , el potencial en  $x$  y la corriente en la dirección de las  $x$  crecientes, y sean  $K$  y  $R$  la capacidad y resistencia del cable por unidad de largo, estas últimas cantidades supuestas independientes de  $x$ . (Uniformemente repartidas)».

La sección del cable entre los puntos  $A$  y  $B$  a las distancias  $x$  y  $x + dx$  es un condensador de capacidad  $Kdx$ , y es al mismo tiempo un conductor de resistencia  $Rdx$ . El potencial del condensador es  $V$ , de modo que su carga es  $VKdx$ . La caída de potencial en el conductor es:

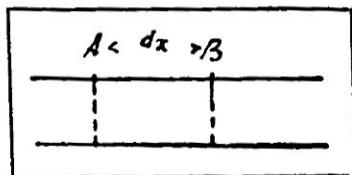


Fig. 55

$$V_A - V_B = - \frac{\delta v}{\delta x} dx$$

por consiguiente se deduce de la ley de Ohm:

$$(1) \quad - \frac{\delta v}{\delta x} dx = i R dx$$

$$\left( i = - \frac{1}{R} \frac{\delta v}{\delta x} \right) \quad \frac{\delta i}{\delta x} = - \frac{1}{R} \frac{\delta^2 v}{\delta x^2}$$

La corriente entra a la sección  $A B$  a razón de  $i$  unidades por unidad de tiempo y la deja a razón de  $i + \frac{\delta i}{\delta x} dx$  unidades por unidad de tiempo. Luego la

carga en la sección decrece a razón de  $\frac{\delta i}{\delta x} dx$  por unidad de tiempo; por consiguiente debe verificarse:

$$(2) \quad \frac{\delta}{\delta t} (VK dx) = - \frac{\delta i}{\delta x} dx$$

Eliminando  $i$  entre las ecs. (1) y (2) se obtiene:

$$(3) \quad \frac{\delta^2 V}{\delta x^2} = KR \frac{\delta V}{\delta t}$$

Por ser esta ecuación una ecuación de diferenciales de 2.º orden, debe contener dos funciones arbitrarias en su solución general (1). Demostraremos sin embargo, que hay una solución particular en que  $V$  es una función de la única variable  $x/\sqrt{t}$ , y esta solución resultará tal que nos dará cuanta información necesitamos en el caso considerado.

Introduzcamos la nueva variable  $u$  dada por la relación

$$u = \frac{x}{\sqrt{t}}$$

y admitamos, provisionalmente, que hay una solución de  $V$  de la ec. (3) que es una función sólo de  $u$ . Para esto debe verificarse:

$$\frac{\delta V}{\delta x} = \frac{dV}{du} \frac{\delta u}{\delta x} = \frac{dV}{du} \cdot \frac{1}{\sqrt{t}}$$

$$\frac{\delta^2 V}{\delta x^2} = \frac{d^2 V}{du^2} \left( \frac{\delta u}{\delta x} \right)^2 = \frac{1}{t} \frac{d^2 V}{du^2}$$

$$\frac{\delta V}{\delta t} = \frac{dV}{du} \frac{\delta u}{\delta t} = -\frac{1}{2} \frac{x}{\sqrt{t^3}} \frac{dV}{du}$$

y así la ec. (3) viene a ser:

$$\frac{d^2 V}{du^2} = tKR \left[ -\frac{1}{2} \frac{x}{\sqrt{t^3}} \frac{dV}{du} \right]$$

(1) La solución general es:

$$V = V_1 \frac{1-x}{1} - 2V_1 \sum_{n=1}^{n=\infty} \frac{1}{n\pi} e^{-\frac{n^2 \pi^2}{KR l^2} t} \operatorname{sen} \frac{n\pi}{l} x$$

$$(4) \quad \frac{d^2 V}{du^2} = -\frac{1}{2} K R u \frac{dV}{du}$$

El hecho de que esta ecuación encierre sólo  $V$  y  $u$ , nos dice que hay una integral de la ecuación original en que  $V$  es una función de sólo  $u$ . Esta integral puede obtenerse fácilmente, porque la ec. (4) puede ponerse en la forma:

$$\frac{d}{du} \left[ \log \frac{dV}{du} \right] = -\frac{1}{2} K R u$$

Luego:

$$\frac{dV}{du} = C e^{-\frac{1}{4} K R u^2}$$

en que  $C$  es una constante de integración

Integrando esta última ec. encontramos:

$$V = C \int^u e^{-\frac{1}{4} K R u^2} du$$

en la cual el límite inferior de la integral es una segunda constante de integración. Introduciendo una nueva variable y tal que  $y^2 = \frac{1}{4} K R u^2$  y cambiando las constantes de integración, puede escribirse la solución en la forma:

$$(5) \quad V = V_0 + C^1 \int_{\infty}^{y = \frac{1}{2} x \sqrt{KR/t}} e^{-y^2} dy$$

Debemos recordar que ésta no es la solución general de la ec. (3), sino simplemente una solución particular. Así ella no puede prestarse a satisfacer condiciones cualesquiera iniciales de tiempo y espacio, sino que representará únicamente la solución correspondiente a un sistema definido de condiciones iniciales de tiempo y espacio. Procederemos ahora a examinar cuáles son estas condiciones.

En la época  $t=0$ , el valor de  $x/\sqrt{t}$  es infinito, excepto en el punto  $x=0$ . Así pues, con excepción de este punto, tenemos  $V=V_0$  cuando  $t=0$ . (ya que los límites de la integral (5) serían  $\infty$  é  $\infty$ ). En este punto ( $x=0$ ) el valor  $x/\sqrt{t}$  es indeterminado para  $t=0$ , pero inmediatamente después de este instante toma el valor  $c$ , que se mantiene durante el resto del tiempo. Luego para  $x=0$ , el potencial constante y vale:

$$V = V_0 + C^1 \int_{\infty}^0 e^{-y^2} dy$$

$$\left( \text{La integral } \int_{-\infty}^0 e^{-y^2} dy = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \right)$$

Llamemos  $V_1$  el potencial en  $x=0$ . Se deduce

$$C^1 = \frac{2(V_0 - V_1)}{\sqrt{\pi}}$$

En  $x=\infty$  el valor de  $V$  es  $V=V_0$  en cualquier momento.

Vemos, pues, que la ec. (5) expresa la solución de la ec. (3) para el caso de la línea infinitamente larga que se encuentra en el momento inicial al potencial  $V=V_0$  y cuyo extremo  $x=\infty$  permanece a este potencial todo el tiempo, mientras el extremo  $x=0$  se eleva al potencial  $V_1$  siendo repentinamente conectado a un terminal de batería en el instante  $t=0$ .

La corriente en cualquier momento es:

$$\begin{aligned} i &= -\frac{1}{R} \frac{\delta V}{\delta x} \left[ \text{de la ec. (1)} \right] \\ &= -\frac{1}{R} \frac{dV}{dy} \frac{\delta y}{\delta x} = -\frac{C^1}{R} \frac{1}{2} \sqrt{\frac{KR}{t}} e^{-\frac{KRx^2}{4t}} \\ (6) \quad i &= (V_1 - V_0) \sqrt{\frac{K}{R\pi t}} e^{-\frac{KRx^2}{4t}} \end{aligned}$$

Vemos que la corriente es nula únicamente cuando  $t=0$  (batería desconectada) y cuando  $t=\infty$  (todos los condensadores elementales cargados). Luego, según la ec. (6) transcurrido un instante infinitamente pequeño después de la conexión a la Batería fluirá ya corriente en todos los puntos del alambre. Debe, sin embargo, recordarse que la ec. (6) es sólo una aproximación, válida únicamente para corrientes lentamente variables, y por consiguiente no hay derecho para aplicarla al instante  $t=0$  en que las corrientes de la ec. (6) varían con una rapidez infinita. Para valores apreciables de  $t$  podemos, sin embargo, admitir que la corriente es la indicada por la ec. (6).

La corriente máxima en cualquier punto resulta, diferenciando (6) con respecto a  $t$ . Este máximo se verifica en el instante:

$$(7) \quad t = \frac{1}{2} KRx^2$$

De modo que mientras más nos alejamos del origen, mayor tiempo demora la corriente en alcanzar su valor máximo.

La corriente máxima tiene como valor:

$$(8) \quad (V_1 - V_0) \sqrt{\frac{2}{R^2 \pi x^2}} e^{-\frac{1}{x}}$$

y es en consecuencia proporcional a  $\frac{1}{x}$ . Luego mientras más nos alejamos del origen ( $x=0$ ) tanto menor será la corriente máxima.

Nótese que K figura en (7) pero no en (8). Así pues la capacidad electrostática de un cable no influye en la fuerza de las señales transmitidas por él, pero influye en la rapidez de su transmisión.

La ecuación (7) expresa lo que se llama comúnmente la «ley KR»—el efecto retardatriz es proporcional al producto de K y R. La teoría que se acaba de desarrollar se conoce comúnmente con el nombre de «Teoría electrostática de propagación de las señales». Fué por primera vez establecida por Lord Kelvin en 1855 en un folleto famoso por haber demostrado la posibilidad teórica de un cable transatlántico».

2. Como lo hace notar el autor citado, de esta teoría se deduce la regla conocida por los telegrafistas con el nombre de «ley KR», que relaciona la capacidad total y la resistencia total de una línea telegráfica con el número de palabras que prácticamente se pueden transmitir por ella en la unidad de tiempo elegida. Herbert presenta la «ley KR» en la forma siguiente:

U = Velocidad de transmisión en palabras por minuto

K = Capacidad total de la línea

R = resistencia total de la línea

A = una constante.

$$U = \frac{A}{KR}$$

La cte. A tiene los valores siguientes para circuitos que trabajen con condensadores en paralelo en el extremo receptor:

n            U

1 = A = 10 para líneas aéreas de hierro

1,2 = A = 12    »    »    »    »    cobre

1,5 = A = 15    »    »    subterráneas o submarinas.

(n = Velocidad de transmisión en letras por segundo)

Por otra parte, la Enciclopedia Británica da la siguiente expresión de la ley KR, aplicable a la Telegrafía submarina, fórmula aceptada por Kennelly:

$$\left( U = \frac{100}{KR} \right) ; n = \frac{10}{KR} \text{ letras por segundo}$$

3. Otra manera de considerar el problema de la velocidad de transmisión es el de asimilar los impulsos telegráficos a una corriente alterna. Para esto es necesario distinguir la clase de telegrafía que se use: simple corriente, doble corriente; código Morse, código de cinco unidades, telegrafía submarina; en cada caso el factor

de proporcionalidad entre la frecuencia y el número de letras por segundo podrá ser diferente.

En el caso de usarse el código de 5 unidades y doble corriente, que es el caso más sencillo, se tiene que cada letra se compone de 5 impulsos elementales, unos positivos y otros negativos, combinados alternativamente en forma variable pero que en término puede aceptarse como compuesta por 2,5 impulsos positivos y 2,5 impulsos negativos alternados, lo que corresponde a 2,5 períodos por letra, de la corriente alterna sinusoidal que le sustituiremos en el cálculo. Así si se tiene una velocidad de transmisión de 200 palabras por minuto, la frecuencia correspondiente será:

$$f = \frac{200 \times 6}{60} \times 2,5 = 50 \sim$$

y en general, siendo  $n$  el número de letras por segundo:

$$f = 2,5 n \quad \omega = 2 \pi n (2,5) = 5 \pi n.$$

Con el Código Morse, según Kennelly, se puede aceptar en término medio que cada letra se compone de 7.7 impulsos elementales. Si se usa corriente doble puede pues aceptarse:

$$f = 3,85 n \quad \omega = 7,7 \pi n$$

Si se usa corriente simple, con el mismo código Morse, el resultado será una corriente pulsante, que puede considerarse, como lo superposición de una corriente alterna sobre una corriente continua. La frecuencia de la corriente alterna será evidentemente en este caso igual que en el caso anterior. Luego:

$$f = 3,85 n \quad \omega = 7,7 \pi n$$

En el Código Morse empleado en telegrafía submarina, las letras se componen de impulsos positivos, negativos y de tiempos de corriente cero, como ya lo hemos visto. En este caso, pues, hay cierta ambigüedad y se podría considerar la corriente alterna ficticia, como constituida por impulsos alternados o por impulsos todos del mismo signo separados por tiempos de corriente cero. Se prefiere sin embargo la primera hipótesis, y por consiguiente se acepta:

$$f = 1,925 n \quad \omega = 3,85 \pi n,$$

Reducido así el problema de la transmisión telegráfica al caso de la corriente alterna sinusoidal, podemos aplicar a su estudio la teoría desarrollada en el capítulo VI. Hemos establecido ahí que  $\beta$ , la cte de atenuación, es la parte real de la cte de propagación y que esta vale

$$\gamma = \sqrt{ZY} = \beta + j \alpha$$

Por otra parte:

$$Z = R + j L \omega$$



$$Y = G + j C \omega$$

$$ZY = RG + j RC \omega + j GL \omega - LC \omega^2$$

$$(\beta + j \alpha)^2 = (RG - LC \omega^2) + j (RC \omega + GL \omega)$$

Luego:

$$\beta^2 - \alpha^2 = RG - LC \omega^2$$

$$\underline{2 \alpha \beta = RC \omega + GL \omega}$$

$$\beta^4 - (RG - LC \omega^2) \beta^2 - \frac{(RC \omega + GL \omega)^2}{4} = 0$$

$$\beta^2 = \frac{1}{2} (RG - LC \omega^2) \pm \frac{1}{2} \sqrt{(RG - LC \omega^2)^2 + (RC \omega + GL \omega)^2}$$

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{2} (RG - LC \omega^2) \pm \frac{1}{2} \sqrt{(RG - LC \omega^2)^2 + (RC \omega + GL \omega)^2}}$$

Si  $G = 0$  y  $L = 0$

$$\beta = \sqrt{\frac{1}{2} RC \omega}$$

Este es precisamente el caso de los cables subterráneos. Si multiplicamos esta expresión por el largo  $l$  de la línea y reemplazamos  $\omega = 2\pi kn$  o sea su valor en función del número de letras por segundo tenemos:

$$\beta^2 l^2 = \frac{1}{2} RC 2\pi kn l^2$$

Luego

$$n = \frac{l}{Rl Cl} \cdot \frac{\beta^2 l^2}{\pi k}$$

$\frac{\beta^2 l^2}{\pi k}$  depende sólo de la atenuación admisible y de la clase de transmisión ( $k$ ).

Por consiguiente podemos representar esta expresión por una cte

$$A = \frac{\beta^2 l^2}{\pi k}$$

y llegamos así:

$$n = \frac{A}{Rl \cdot Cl}$$

o sea a la conocida «ley KR».

Obsérvese que en la expresión de la cte  $A = \frac{(\beta l)^2}{\pi k}$ ,  $\beta l$  está determinado no por las características de la línea  $\beta$  y  $l$  sino por la atenuación de la intensidad de la corriente compatible con el sistema telegráfico empleado. En efecto se tiene:

$$I_1 = I_2 e^{-\beta l} \cdot e^{-j \alpha l}$$

En la generalidad de los casos:

$$I_1 = 20 \cdot 10^{-3} \text{ amp.}$$

$$I_2 = 10 \cdot 10^{-6} \text{ amp.}$$

Luego.

$$e^{-\beta l} = \frac{1}{2000} =$$

$$-\beta l = \log_{10} \frac{1}{2000} = \frac{0 - (3.3010)}{0.4343} = -7.7$$

$$\underline{\underline{\beta l = 7.7}}$$

Ver Jamin Cours de Physique 4<sup>a</sup> II, pág. 67.

*Problema 1.*—¿Qué voltaje se requiere para transmitir en una línea cuya constante de atenuación  $\beta l = 11$ , con un factor de código  $K = 3,85$  y con receptores cuya cifra de mérito es  $I_2 = 1.10^{-6}$  amperes (1 micro ampère)?

$$\frac{I_1}{I_2} = e^{11} = 6.10^4 \text{ como } I_2 = 10^{-6} \text{ amp.}$$

$$I_1 = 6.10^4 \cdot 10^{-6} = 60 \text{ m. a.}$$

Por otra parte:

$$E_1 = I_1 Z_0 = 6.10^{-2} \cdot Z_0$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{Z}{Y}}$$

Datos  $\left\{ \begin{array}{l} C = 0,2 \text{ m f/Km. } n = 2,5 \text{ letras/segundo.} \\ \text{accesorios } \left\{ \begin{array}{l} Z = 5 \Omega \text{ km.} \end{array} \right. \end{array} \right.$

$$\omega = 2 \pi k n = 2 \pi \cdot 3,85 \cdot 2,5 = 60,5$$

$$Y = +j C \omega = +j 0,3 \cdot 10^{-6} \cdot 60,5 = j 18,1 \cdot 10^{-6}$$

$$Z_0 = \sqrt{-j \frac{5}{18,1} 10^6} = 0,53 \cdot 10^3 \sqrt{495}$$

Luego:

$$E_1 = 6 \cdot 10^{-2} \cdot 10^3 \cdot 0,53 \sqrt{495} = 31,8 \sqrt{495} \text{ volts.}$$

La f. e. m. necesaria será de 31.8 volts y estará adelantada en  $45^\circ$  respecto a la corriente.

**Problema 2.**—Sea una línea telegráfica de 1,660 Km. de longitud; con impedancia  $Z = 5$  ohms/Km. y capacidad transversal  $C = 0.3$  mf./Km.; la transmisión se hará con un factor de código  $K = 1,925$  y una velocidad de transmisión  $n = 2,5$  l/s; se usarán aparatos receptores con una cifra de mérito  $I_2 = 10$  microamperes.

Se pregunta la f. e. m. necesaria para trabajar la línea?

$$Z = 5 \text{ ohms/Km.}$$

$$Y = j C \omega = j 0,3 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \pi \cdot 1,925 \cdot 2,5 = j 9 \cdot 10^{-6}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{Z}{Y}} = \sqrt{-j \frac{5 \cdot 10^6}{9}} = 670 \sqrt{45^\circ}$$

$$\gamma = j \alpha + \beta = \sqrt{ZY} = 6,7 \cdot 10^{-3} \sqrt{j} = 67 \cdot 10^{-4} \sqrt{45^\circ}$$

$$\gamma = 67 \cdot 10^{-4} \left( \frac{1}{\sqrt{2}} + j \frac{1}{\sqrt{2}} \right) = (47,2 + j 47,2) 10^{-4}$$

$$\beta = 47,2 \cdot 10^{-4} \quad ; \quad \underline{\beta l} = 1660 \cdot 47,2 \cdot 10^{-4} = 7,8$$

$$\frac{I_1}{I_2} = e^{+7,8} = 2 \cdot 10^3 \quad ; \quad I_1 = 2 \cdot 10^3 \cdot 10^{-5} = 2 \cdot 10^{-2}$$

$$\underline{I_1 = 20 \text{ m. a.}}$$

$$E_1 = 2 \cdot 10^{-2} \cdot 670 \sqrt{45^\circ} = \underline{\underline{13,4 \sqrt{45^\circ}}} \text{ volts.}$$

## 14.—REPETIDORES

1. Cuando una línea aumenta en longitud, su capacidad total y su resistencia total aumentan proporcionalmente a ella, y, por consiguiente, la velocidad de transmisión decrece con el cuadrado de la longitud, como es fácil verificarlo mediante la fórmula:

$$U = \frac{A}{c r l^2}$$

que quedó establecida en el capítulo anterior.

De aquí se deduce que si logramos dividir una línea telegráfica en dos partes iguales, mediante una estación intermedia que *repita* el telegrama a la estación final, cada uno de estos circuitos telegráficos de la mitad de longitud que el primitivo, admitirán una velocidad de transmisión cuatro veces mayor que la posible en la línea antes de ser seccionada; en efecto:

$$U' = \frac{A}{c r \left(\frac{l}{2}\right)^2} = \frac{4 A}{c r l^2}$$

si  $l$  representa como antes la longitud de la línea primitiva.

2. La manera más simple de conseguir la repetición del telegrama, es tener dos aparatos telegráficos en el puesto de «traspaso» y un operador cuyo oficio es retransmitir el telegrama que recibe de la estación transmisora a la estación receptora.

Para evitar este factor humano, se recurre al «aparato repetidor» o «de traspaso» que desempeña su oficio con ventaja, pues no puede equivocarse los signos transmitidos, ni su velocidad de operación está limitada por la destreza de un operador, y se regula exactamente a la velocidad de transmisión del puesto transmisor.

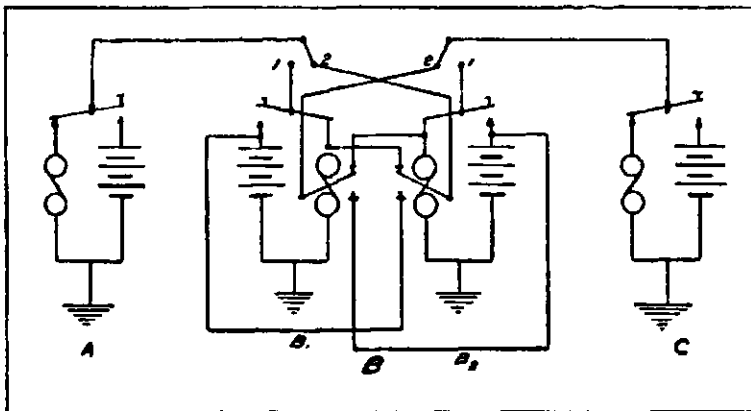


Fig. 56

3. La disposición del traspaso, en un circuito telegráfico simplex de corriente sencilla trabajado en circuito abierto, es la que se indica en el esquema. En esta

clase de instalaciones se usan sonadores-relay o inscriptores-relay; de modo que simultáneamente sirvan de transmisores receptores y ambos en conjunto de traspaso. Para hacerlos funcionar como traspaso se coloca el conmutador en la posición (2). En estas condiciones, si transmite A, la corriente llega al relay B, a través de la lengüeta del B<sub>2</sub> e invierte la posición de la lengüeta B<sub>1</sub> que pone así la Batería B<sub>2</sub> sobre la línea que cierra su circuito a través del sonador C.

4. Para el caso de un simplex de corriente doble, se dispone el traspaso como lo indica el diagrama correspondiente. En este caso se requieren, fuera de los dos relays polarizados principales, otros dos relays no polarizados, cuya función es análoga a la del conmutador de las llaves para corriente doble, es decir, conectando el centro de la lengüeta a la línea, en el momento de transmitir. Estos relays no polarizados son, a veces, de construcción especial y se denominan conmutadores automáticos.

Supóngase que la estación B transmite. Al colocar el conmutador en la posición correspondiente, el polo negativo de la Batería se coloca sobre la línea, y el positivo a tierra. La corriente entra por el relay no polarizado C<sub>1</sub>, para que el relay polarizado C<sub>2</sub> (D-U) (espacia) y vuelve al negativo de la Batería por la lengüeta del relay n. p. C<sub>2</sub> y la línea. El

relay n. p. C<sub>1</sub> es accionado y su lengüeta conecta la lengüeta del relay polarizado C<sub>2</sub> a la línea A. Al presionar la llave B<sub>1</sub> la lengüeta C<sub>2</sub> pone el polo positivo de la batería C<sub>2</sub> sobre la línea A, y, por consiguiente, el receptor A marca.

5. En los sistemas de circuito cerrado no son necesarios los traspasos, pues basta con repartir convenientemente la batería para conseguir el mismo resultado.

Sin embargo, si se trata del sistema de B. C. de la A. T. M., que ha sido descrito y estudiado en el capítulo VII, puede aumentarse la longitud de transmisión con el repetidor del diagrama.

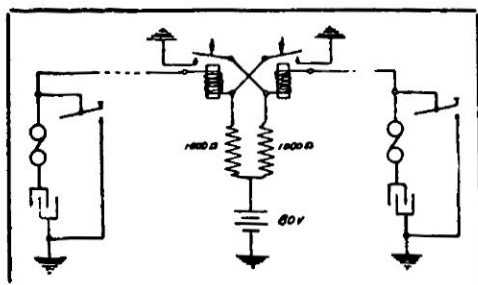


Fig. 58

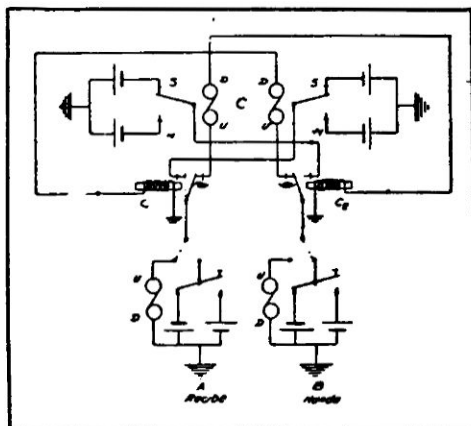


Fig. 57

«La f. e. m. corriente de 80 V se aplica a cada línea a través de una resistencia de 1000 Ω, pero las bobinas de los dos relays van intercambiadas en las líneas. La depresión de la llave de la estación exterior pone a tierra la línea, y la corriente resultante atraviesa el relay que atrae la armadura y pone a tierra la otra línea y así origina una marca en el sonador por la descarga de su condensador. Se agregan manipuladores para que la oficina de traspaso pueda también

transmitir a los otros puestos. Debe evitarse que la descarga del condensador del puesto externo accione el relay, y esto se consigue colocando sólo una de las bobinas de cada relay en la línea y en corto circuito la otra. De esta manera la energía de la descarga instantánea del condensador es absorbida en inducir una corriente

en la bobina en circuito corto, y así resta una cantidad muy pequeña de energía, incapaz de actuar el relay». (Herbert. 666).

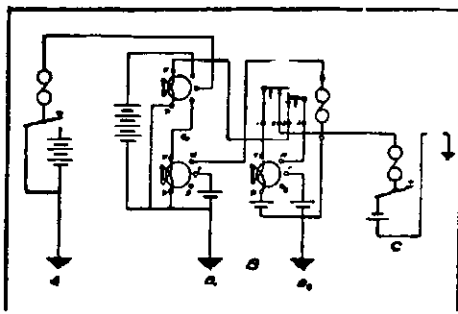


Fig. 59

El relay especial B<sub>2</sub> en su posición normal tiene hechos los contactos (3-4) y (1-2), y su posición invertida hace el contacto (1-4) y deshace los contactos (1-2) y (3-4). Su objeto es impedir que al transmitir A la interrupción del circuito B C en (1-2) reaccione sobre los relays B<sub>1</sub>, lo que haría imposible la transmisión.

7. La figura representa el diagrama de conexiones de un repetidor para un duplex de doble corriente sistema diferencial. Como se ve el repetidor es más sencillo en este caso que en el simplex de doble corriente, pues son innecesarios los conmutadores automáticos, ya que los circuitos locales compensadores R permiten la transmisión simultánea en ambos sentidos. Las conexiones de las baterías A y B corresponden a la posición normal de las llaves transmisoras.

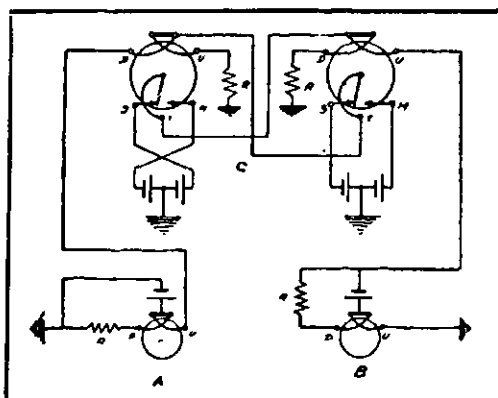


Fig. 60

8. Los descritos son sólo los principales sistemas de repetidores. Para mayores detalles al respecto puede consultarse la obra *Telegraphy* de Herbert, tantas veces citada.



### Reseña Bibliográfica

1. HERBERT.—*Telegraphy*. (Pitman and Sons. London). 1921.—Es una obra elemental, pero muy completa, escrita con el fin de servir de texto de estudio a los aspirantes a telegrafistas del B. P. O. Se puede recomendar para consultar detalles de aparatos ingleses.

2. H. THOMAS.—*Traité de Telegraphie Electrique*. (Beranger. Paris. 1922).—Es un tratado fundamental que se puede decir agota la materia, excepto en lo referente a comunicaciones inalámbricas y a la aplicación de las funciones hiperbólicas a líneas telegráficas. Es también recomendable como fuente de información constructiva.

3. FERRINI CATANI.—*Telegrafía*. (Versión castellana de Antrán. Gili. Barcelona. 1919).—Tratado Elemental sin grandes pretensiones, pero muy completo. Trata bien la telegrafía submarina. Se puede recomendar para consultar detalles de aparatos italianos y sistemas españoles.

4. C. STRECKER.—*Telegrafía y Telefonía*. (Versión castellana. Gili. Barcelona).—Tratado elemental cuya parte teórica vale poco; pero recomendable como obra de consulta en cuestiones prácticas y métodos alemanes.

5. H. H. HARRISON.—*Printing Telegraph Systems and Mechanisms*. (Longmans Green and Co. London. 1923).—Obra de primer orden en cuanto se refiere a telegrafía automática. En ella se encuentra no sólo la descripción más completa y detallada de los aparatos telegráficos automáticos, sino también la teoría de los (códigos) alfabetos telegráficos (Morse, «cinco unidades», etc.)

6. J. G. HILL.—*Telephonic Transmission, theoretical and applied* (Longmans. Green and Co. London. 1920).—Obra de primer orden donde se encuentran los fundamentos teóricos de la aplicación de las funciones hiperbólicas a la transmisión telegráfica y telefónica.

7. COOPER.—*Primary Batteries*. (Benn Brothers Ltd. London. 1920).—Este libro trata de la teoría, construcción y uso de las pilas primarias. Es muy recomendable. Trae especificaciones y da indicaciones para proceder a ensayos.

8. KENNELLY.—*Hyperbolic functions applied to Electrical Engineering*. (Mc. Graw Hill. New York. 1916).—El mejor tratado sobre esta materia. Todo ingeniero electricista debe tenerla en su biblioteca. Su capítulo IX está consagrado a exponer una nueva teoría para el estudio de la transmisión telegráfica que es de gran interés.

9. KENNELLY.—*Electrical Vibration Instruments*. (Macmillan Co. New York. 1923).—Esta obra es dedicada únicamente al estudio de instrumentos vibratorios y en especial al fono o receptor telefónico. Es muy original y será consultada con provecho por todo el que quiera hacer estudios experimentales y teóricos con esta clase de instrumentos u otros análogos, como relays polarizados, etc.

10. F. GERSTENBERG.—*Fernmeldeanlagen*. (Julius Spinger. Berlín. 1922).—Es una obra dedicada a instrumentos de telecomunicación aplicables a la explotación de ferrocarriles. Es obra que puede recomendarse sin reserva. Forma parte del mismo volumen de la «Handbibliothek für Bauingenieure» de Otzen en que viene la obra «Sicherungsanlagen im Eisenbahnbetriebe» por W. Cauer.

11. JAMIN ET BOUTY.—*Cours de Physique*. (Gauthier-Villars. París. 1891).—Curso muy recomendable para el estudio de la teoría de la Electricidad, de la Óptica y de la Acústica. Es un tratado fundamental en cuatro tomos y un apéndice.

12. F. L. HENLEY.—*The Inspection and testing of Materials, Apparatus and Lines*. (Longmans. London. 1923).—Como su título lo indica, este libro está dedicado a dar especificaciones y métodos de ensayos para materiales y aparatos usados en telegrafía y telefonía. En especial trata de las especificaciones del B. P. O. Es un libro muy útil para los ingenieros encargados de la recepción de materiales.