

"EL CONTADOR DE ENERGIA USOS Y APLICACIONES"

Tesis previa a la obtención del
título de Ingeniero Eléctrico,
en la especialización de Fuerza
de la Escuela Politécnica Nacion
al.


JOSÉ LUIS SALAZAR ALBÁN.

Q U I T O.

Mayo, de 1931.

C E R T I F I C O Q U E :

El señor José Luis Salazar Albán ha
realizado en su totalidad esta te
sis, bajo mi control como Director
de la misma.



Ing. Julio Jurado M.

Q U I T O

Mayo, de 1981

A M I S P A D R E S

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

Dejo constancia de mi agradecimiento:

A. Sr. Ing. Julio Jurado, director de esta tesis.

A los señores ejecutivos de las empresas eléctricas del país, en el área - de comercialización y distribución.

A todas y cada una de las personas e instituciones que de una u otra forma colaboraron, para la realización de la presente.

EL AUTOR

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

Pág. N°

CAPITULO I.- INTRODUCCION.

1.1	Generalidades	1
1.2	Principios de la medición	2

CAPITULO II.- CONTADORES DE ENERGIA

2.1	Contadores de inducción monofásicos,	
-	trifásicos y otros	5
-	Funcionamiento de los contadores	5
-	Momento Motor	9
-	Momentos de frenado	17
-	Disposición constructiva de los contadores	19
-	Características de Funcionamiento	25
2.1.1	El Contador de energía activa	31
-	Contador monofásico	31
-	Contador trifásico	33
2.1.2	El Contador de energía reactiva	35
-	Construcción	36
-	Contador trifásico de energía reactiva	37
2.1.3	Contadores de energía aparente	40
2.2.	Contadores especiales	41
-	Contador de doble tarifa	41
-	Contador de demanda	43

CAPITULO III.- CONEXION DE CONTADORES.

3.1.	Conexión directa	47
-	Teorema de Blondel.	47
-	Sistema monofásico a 2 conductores	48
-	Sistema monofásico a 3 conductores	48
-	Sistema dos fases, tres conductores	51
-	Sistema tres fases a tres conductores	53
-	Sistema tres fases a cuatro conductores	55
3.2	Conexión indirecta	58
-	Utilización	62
-	Clasificación de transformadores de medida	63
3.2.1	Transformadores de tensión	67
-	Funcionamiento	67
3.2.2	Transformadores de intensidad	70
-	Funcionamiento	70
-	Influencia de los transformadores de intensidad y tensión en la precisión de la medición	73
-	Factor de corrección del error en relación	73
-	Factor de corrección del ángulo de fase	75
-	Ajustes que pueden realizar en los medidores	78
-	Carga secundaria de los transformadores	81
3.3	Selección de equipos	82
-	Proceso de selección	84

CAPITULO IV.- CONTRASTACION DE MEDIDORES.

4.1	Contraste por contador patrón	89
-----	---	----

	Pág. N°
- Método individual	89
- Procedimiento	90
- Pruebas que deben realizarse en los contadores . .	93
- Verificación en conjunto	97
- Instrucciones generales del método	98
4.2 Contraste por vatímetro patrón y cronómetro . . .	100
- Procedimiento	101
4.3 Banco de pruebas	104
- Ubicación	105
- Equipo del taller	105
4.4 Cálculo de errores	110
CAPITULO V.- INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE CONTADORES	
5.1 Experiencia en Empresas Eléctricas	118
- Situación actual	118
- Mantenimiento de contadores	125
- Programa de mantenimiento	129
- Métodos de mantenimiento	129
- Mantenimiento en el sitio	130
- Mantenimiento en el taller	130
- Uso de laboratorios móviles	131
- Factores que deben tomarse en cuenta al realizar el mantenimiento	133
5.2 Recomendaciones generales para la instalación	135
- Instalaciones residenciales	136

	Pág. N°
- Instalaciones comerciales	137
- Instalaciones industriales	138
- Ubicación e instalación	140
- Instalaciones de contadores de energía reactiva y demanda	143
- Instalación de contadores de acuerdo al tipo de servicio	144
- Recepción de lotes	146
5.3 Instructivos de control	146
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.	154
BIBLIOGRAFIA	157

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

Para el logro del desarrollo progresivo del hombre, fue necesario - que este mida y registre sus actividades, inventando para tal fin unidades de medida y por ende aparatos de medición. En lo relativo a la energía eléctrica, desarrollada en el presente siglo, si bien el tiempo de utilización es corto, la importancia de la misma ha incidido decisivamente en la historia de la humanidad.

Esta tesis trata de presentar en su contexto la teoría y aplicación - de medidores kw-h, medidores de Kva-h reactivos, medidores de demanda y transformadores de medida, dando especial importancia a su aplicación, control y mantenimiento.

En el mundo, las empresas estatales o privadas encargadas del suministro de energía eléctrica, deben "medir la energía" y aún mas tratar de que las lecturas de los contadores se mantenga siempre dentro de los límites de tolerancia establecidos, con lo cual se estimará lo mas - exactamente posible en el tiempo la energía transferida, sin perjuicios a las partes. Por tal razón en esta tesis se da especial importancia a este asunto. Haciendo recomendaciones, en base a investigaciones llevadas a cabo en las Empresas Eléctricas, relativas a como cada una de ellas realiza la instalación, calibración, mantenimiento y control de los equipos de medición, llegándose a recomendar el equipo mínimo de taller de mantenimiento y contrastación que deberá tener una empresa suministradora del servicio.

Adicionalmente las estadísticas que se consiguen de las lecturas de los contadores de energía significan para las empresas suministradoras de energía las siguientes ventajas:

- 1.- Conocimiento exacto de lo que pasa en una instalación, pudiendo apreciarse con un control adecuado, en cualquier momento, anomalías en el servicio y otras causas que implican variaciones apreciables de consumo.
- 2.- Seguridad, ya que gracias a los elementos de medición se pueden tomar precauciones para proteger las instalaciones contra sobrecargas excesivas.
- 3.- Establecimiento de registros de consumo, para estudio de nuevas instalaciones en un sector o área a servirse.
- 4.- Organización racional de las actividades de la industria con el objeto de conseguir una economía en el consumo de energía y por tanto de combustibles, controlando las horas de mayor o menor consumo, introduciendo sistemas mixtos de tarificación, evitando de esta manera la concentración del uso de energía etc.

1.2. PRINCIPIOS DE LA MEDICION. -

La medición de la energía eléctrica se realiza por medio de instrumentos llamados contadores eléctricos de energía, entendiéndose por energía el producto de una potencia por un tiempo, la unidad mas empleada de energía es el kilovatio-hora.

Galileo Ferraris, demostró la existencia de el flujo magnético girato-

rio que tiene la propiedad de arrastrar en movimiento giratorio una masa metálica, con un instrumento sencillo formado por 2 circuitos dispuestos en ángulo recto entre sí y en el medio un pequeño tambor pendiente de un hilo. Ambos circuitos eran alimentados por corrientes alternas defasadas entre sí 90°, es decir un cuarto de período como se puede observar en la figura N°1, los circuitos A y B están dispuestos en ángulo recto entre sí y en el medio se halla un cilindro de cobre C que puede girar libremente.

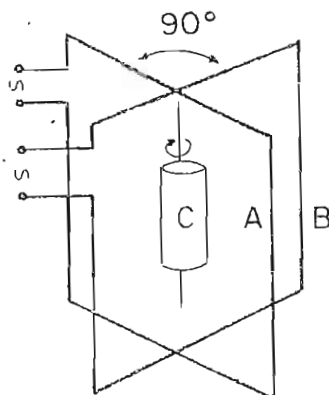


FIGURA N° 1

La reacción de las corrientes inducidas y los flujos magnéticos que los producen, crean un par motor en el cilindro metálico.

El campo magnético así producido puede compararse con el campo de una sola bobina que está conectada a una fuente de corriente continua, que gira alrededor de un eje perpendicular al eje del campo.

El par motor o el momento de giro, producido por el campo giratorio que lleva consigo al cilindro (Conductor en cortocircuito), depende de la magnitud de los flujos alternos θ_1 y θ_2 que producen las bobinas. Este momento se determina por la siguiente fórmula.

$$M = c \theta_1 \times \theta_2 \times f \times \sin \alpha$$

donde θ_1 y θ_2 son los flujos magnéticos de ambas bobinas

f es la frecuencia común de ambos flujos.

α es el ángulo entre los 2 flujos, igual al desfase de las corrientes.

C es una constante.

Como la frecuencia f es constante, resulta que el momento M es proporcional solamente a la variación de los dos flujos y de ahí a la variación de las dos corrientes que circulan por las bobinas A y B.

Con este principio se construyen, amperímetros, voltímetros, watímetros y contadores de energía, si el momento de giro produce el movimiento de una aguja o disco, proporcionales al producto de las corrientes.

Actualmente los contadores de energía relativamente sencillos son ampliamente usados, y gracias a los progresos de la ingeniería y la investigación se han desarrollado técnicas en favor de su solidez, precisión y confiabilidad bajo todas las condiciones de carga para las cuales están diseñados y construídos.

56
10
2

C A P I T U L O I I

2.1. CONTADORES DE INDUCCION MONOFASICOS, TRIFASICOS Y OTROS.-

FUNCIONAMIENTO DE LOS CONTADORES.-

La energía suministrada o empleada puede determinarse de la siguiente manera : cuando una instalación recibe una intensidad i , bajo una tensión v donde i , y v , pueden variar con el tiempo, la potencia instantánea es : $p = v.i$ y la energía utilizada e entre los instantes t_1 y t_2 puede expresarse por :

$$e = \int_{t_1}^{t_2} p dt = \int_{t_1}^{t_2} v \cdot i dt$$

la función del contador es sumar y registrar este trabajo eléctrico que corresponde a un consumo de energía en forma continua. En consecuencia, la medición de la energía es la medición de la potencia con integración simultánea en el tiempo, un contador de energía es por tanto un vatímetro de inducción giratorio provisto de un sistema numerador- integrador .

Los medidores de energía pueden ser adoptados para medir los diferen -

tes tipos de energía: activa, reactiva y aparente, teniéndose así - mismo tres clases de contadores de energía.

Las unidades y relación para los diferentes tipos de energía se dan a continuación.

Para energía activa se tiene

$$E_p = \int_{t_1}^{t_2} u \cdot i \cdot \cos \varphi' dt \quad (\text{W-h}) ; (\text{KW - h}) ; \text{MWh}$$

energía reactiva.

$$E_q = \int_{t_1}^{t_2} u \cdot i \cdot \text{sen } \varphi' dt \quad (\text{var-h}) ; (\text{K var-h}) (\text{M var - h})$$

energía aparente

$$E = \int_{t_1}^{t_2} u \cdot i dt \quad (\text{va-h}) ; (\text{Kva - h}) ; (\text{Mva - h})$$

Las partes esenciales de un contador son las siguientes:

- 1.- El mecanismo motor, que es un electroimán.
- 2.- El mecanismo de frenado compuesto de uno u dos imanes permanentes.
- 3.- El mecanismo de registro que es movido por el disco y registra la energía medida, totalizando el número de revoluciones del disco durante un tiempo determinado.

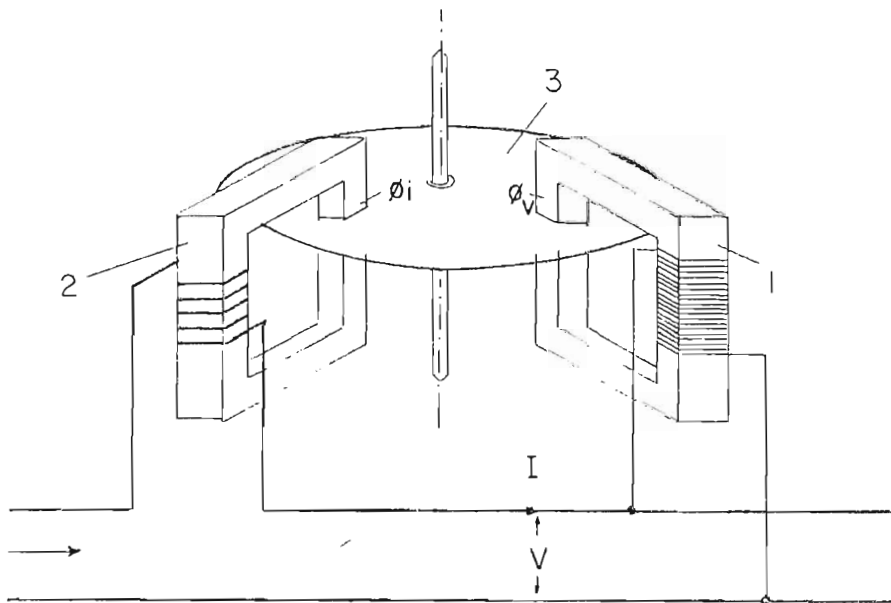


FIGURA II. 1

Vista del medidor monofásico de inducción.

- 4.- El rotor o disco giratorio que es el mecanismo común sirve de acoplamiento a todos los anteriores.

Un medidor monofásico contiene cada uno de los mecanismos arriba mencionados, los medidores polifásicos contienen uno o más de los conjuntos de los mecanismos arriba mencionados.

El sistema motriz consta de 2 electroimanes con sus respectivas -

bobinas de tensión y corriente. La bobina de tensión (1), tiene muchas espiras y muy alta inductancia, a esa bobina se aplica la tensión de la red que alimenta al receptor, la bobina de corriente (2) tiene pocas espiras, es de gran sección y muy baja impedancia, intercalada en serie con el consumidor.

Los electroimanes abrazan al rotor (3) de aluminio montado en un eje vertical.

El electroimán (1) origina un flujo magnético Φ_v proporcional a la tensión V , y el electroimán (2) por el cual circula la corriente del consumidor I produce un flujo magnético Φ_i . El disco móvil corta las líneas de fuerza del campo magnético giratorio creado por los electroimanes, por lo que en su superficie se engendran corrientes inducidas $I \Phi_v$ e $I \Phi_i$, las cuales conjuntamente con los flujos producen el par motor que es proporcional a la potencia que se mide.

El momento en que el disco empieza a girar, el flujo del imán permanente induce corriente en el rotor produciendo el par de frenado M_f proporcional a la velocidad periférica del disco. Las variaciones del flujo cortado correspondiente a los campos electromagnéticos de los electroimanes producen también un par de frenado el cual debe ser compensado, este par de frenado sin embargo es inferior al par motor, y el disco puede adoptar la velocidad de equilibrio correspondiente a cada con-

sumo, este equilibrio en la velocidad se obtiene debido que al aumentar la velocidad del disco, también crece el momento de frenado y se establece la igualdad de los momentos de torsión y frenado.

MOMENTO MOTOR.-

Para que el contador de energía cumpla con sus objetivos el par motor debe ser proporcional a la potencia, y el par de freno M_f proporcional a la velocidad periférica del disco, así :

$$M_m = C_1 \cdot P$$

$$M_f = C_2 \cdot v$$

C_1 : es una constante que depende de las características constructivas del sistema motor.

C_2 : es una constante que depende del imán y su posición respecto al disco .

v : es una velocidad uniforme cuando los pares del motor y frenado son iguales, v puede expresarse así :

$$v = \frac{d_l}{d_t}$$

Donde : $l = 2 \cdot \pi \cdot r$ y significa el recorrido de un punto del disco cuya distancia al eje es igual a una unidad de longitud.

Si se reemplaza l

$$v = \frac{d (2 \cdot \pi \cdot n)}{d_t} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{(d n)}{(d_t)}$$

Igualando los momentos M_m y M_f se tiene :

$$C_1 p = C_2 v$$

$$C_1 p = C_2 \cdot 2\pi \frac{dn}{dt}$$

$$p \frac{dt}{dn} = \frac{C_2}{C_1} \cdot 2\pi \cdot dn$$

$$\text{Si hacemos } \frac{C_2 \cdot 2\pi}{C_1} = C$$
$$p \cdot dt = C \cdot dn$$

Si tomamos un período de medición desde t_1 a t_2 integrando los dos miembros tendremos :

$$e = \int_{t_1}^{t_2} p dt = C \int_{n_1}^{n_2} dn$$

El primer miembro de la ecuación es la energía medida y el segundo el número de vueltas del disco efectuadas en el período de medición.

$$E = C n$$

Por tanto el número de vueltas que da el disco es proporcional a la energía medida.

La constante C es característica de cada tipo de medidores y depende de la construcción del sistema motor y del totalizador o mecanismo de registro, se la llama constante del medidor y se determina para condiciones normalizadas de funcionamiento a valores dados de carga, temperatura y posición del contador, etc.

Si se trata específicamente de un contador de energía activa, una vez que la expresión de la potencia activa es :

$$P = V.I. \cos \varphi$$

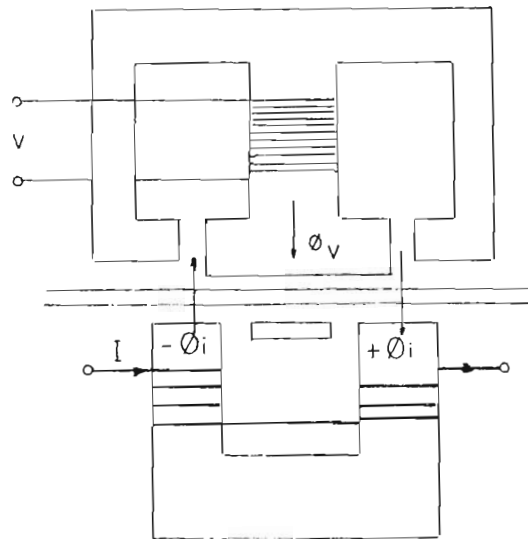


FIGURA II -2

Forma del mecanismo motor de un medidor monofásico.

El momento motor que es producido por los flujos deberá ser proporcional a la potencia activa o sea :

$$M_m = K. V. I. \cos \varphi$$

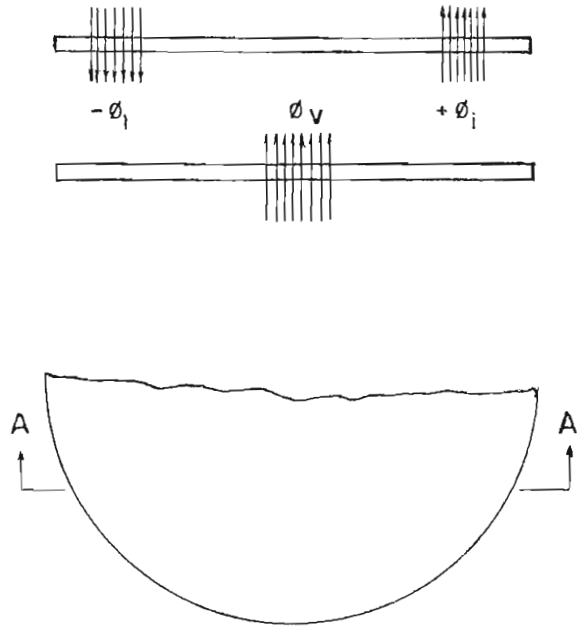


FIGURA II - 3

Disco de un contador y sus flujos.

La figura II.2 muestra una forma aproximada del equipo motor. Como se puede apreciar, los flujos de tensión ϕ_v y de corriente ϕ_i actúan en forma conjunta y producen corrientes inducidas en el disco, - estos flujos se supone que tienen un ángulo de desfaseamiento α . La figura II-3 muestra una sección del disco y el sentido en que actúan los flujos.

La tensión V provoca en la bobina de tensión el paso de una corriente i que puede ser expresada por :

$$i = \frac{V}{Z} = \frac{V}{\sqrt{R^2 + (WL)^2}}$$

En la bobina de tensión por ser muy inductiva, el valor de la reactancia es mucho mayor que el de la resistencia por lo que podemos desprestigiar este último valor, teniéndose por tanto :

$$i = \frac{V}{\omega L} = \frac{V}{2 \pi f L}$$

Como el coeficiente de autoinducción de una bobina es constante la expresión anterior puede escribirse en la siguiente forma :

$$i = K_1 \frac{V}{f}$$

El momento motor producido por los flujos ϕ_v y ϕ_i es :

$$M = C.f. \phi_v \cdot \phi_i \cdot \text{sen}(\phi_v, \phi_i)$$

donde :

(ϕ_v, ϕ_i) es el ángulo entre los flujos \approx

f , es la frecuencia de los flujos

C , es una constante

Conectando las bobinas de una manera apropiada el disco rotor puede ser atravesado por tres flujos magnéticos ϕ_v , ϕ_i y $-\phi_i$ como puede verse en la figura II-3, existirán por tanto 3 momentos parciales :

$$M_1 = C_1 \cdot f \cdot \phi_v \cdot \phi_i \cdot \text{Sen}(\widehat{\phi_v, \phi_i})$$

$$M_2 = C_2 \cdot f \cdot \phi_v \cdot (-\phi_i) \text{Sen}(\widehat{\phi_i, -\phi_i})$$

$$M_3 = C_3 \cdot f \cdot \phi_i \cdot (-\phi_i) \text{Sen}(\widehat{\phi_i, -\phi_i})$$

Los momentos actúan en dirección desde el flujo adelantado hacia el

atrasado, el ángulo de desfase entre $\varnothing i$ y $-\varnothing i$ es: 180° de modo que $\text{Sen}(\widehat{\varnothing i, -\varnothing i}) = \text{Sen } 180^\circ = 0$, por tanto $M_3 = 0$

Los momentos restantes M_1, M_2 se suman teniéndose el momento total resultante que impulsa al disco.

$$M_t = M_1 + M_2$$

$$M_t = C_1 \cdot f \cdot \varnothing v \cdot \varnothing i \cdot \text{sen}(\widehat{\varnothing v, \varnothing i}) + C_2 \cdot f \cdot \varnothing v \cdot (-\varnothing i) \cdot \text{Sen}(\widehat{\varnothing v, -\varnothing i}).$$

Como el ángulo existente entre los flujos es \sphericalangle se tiene :

$$M_t = C.f. \varnothing v. \varnothing i. \text{sen } \sphericalangle$$

Debido a la disposición constructiva de los medidores, los flujos pueden considerarse proporcionales a las corrientes que los producen de modo que :

$$\varnothing i = k_2 \cdot I$$

$$\varnothing v = k_3 \cdot i$$

Reemplazo estos valores de $\varnothing i$ y $\varnothing v$ se obtiene :

$$M_t = C.f. k_3 \cdot i \cdot k_2 \cdot I \cdot \text{sen } \sphericalangle$$

Como $i = k \cdot \frac{V}{f}$ entonces

$$M_t = C.f.k. k_3 \cdot \frac{V}{f} \cdot k_2 \cdot I \cdot \text{sen } \sphericalangle$$

y haciendo $K_3 = C.k_3.k_2$ tendremos

$$M_t = K_3 \cdot V \cdot I \cdot \sin \alpha$$

El diagrama vectorial para estas condiciones se tendrá según la figura II. 4.

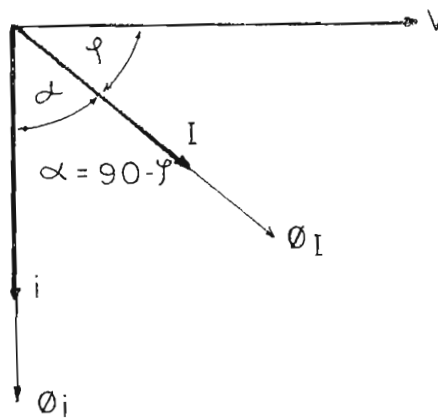


FIGURA II - 4

Angulo de desfase entre la corriente i , de la bobina de tensión y la corriente de carga I , condición ideal.

Pero por cuanto se trata de demostrar que :

$$M = K \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi$$

Tendría que concluirse que $\sin \alpha = \cos \varphi$ y esto es así puesto que - debido al acoplamiento de los flujos magnéticos con las magnitudes medidas (V, I), cualquier variación del ángulo, φ origina una igual variación del ángulo α . Como la bobina de tensión se construye de forma que presente una autoinducción muy elevada, se obtiene un desfase de 90° entre la tensión V y la corriente i que atraviesa esta bobina. Se tiene entonces que $\alpha = 90 - \varphi$ o sea que α y φ son ángu -

los complementarios, por tanto :

$$\text{Sen } \alpha = \text{Cos } \varphi$$

Entonces :

$$M = K.V.I. \text{Cos } \varphi$$

Que es lo que se quería demostrar :

Sin embargo en la práctica la bobina de tensión además de la inductancia tiene también cierta resistencia ohmica, por lo que el desfase entre V e i no es exactamente 90° y el diagrama Vectorial es como el de la figura II.5; de igual manera el flujo de la bobina de corriente no está en fase con la corriente I . En la sección correspondiente al contador de energía activa se anotan los elementos accesorios del medidor, para conseguir que se cumpla la condición de desfase 90°

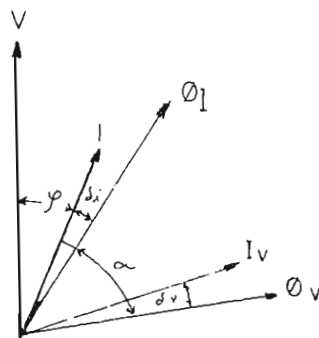


FIGURA II . 5

Angulo de desfase entre i la corriente I condición real.

MOMENTOS DE FRENADO. -

Cuando el medidor está en marcha, el par motor M_m está equilibrado por el momento de frenado M_f , el cual proviene principalmente del imán permanente M_{im} . Además se originan otros momentos de frenado eléctrico debido a los flujos de tensión \emptyset_v y \emptyset_i , M_i y M_v . Finalmente se tiene un pequeño momento de frenado debido a la fricción M_{fr} , de las distintas partes móviles del medidor como son: Cojinetes, registrador etc, en consecuencia el momento de frenado total es la suma de los momentos parciales.

$$M_f = M_{im} + M_i + M_v + M_{fr}$$

Momento M_{im} . -

El momento de frenado M_{im} del imán permanente depende del flujo del imán y de la velocidad del disco. Al girar el disco se genera en él, una fuerza electromotriz E_d que provoca una corriente de Foucault I_d , la fem E_d es proporcional al flujo del imán y a la velocidad del disco.

$$E_d = C_1 \cdot \emptyset_{im} \cdot n$$

Donde C_1 es una constante que depende de las características constructivas del medidor.

Las corrientes de foucault son proporcionales a la fuerza electromotriz E_d así :

$$I_d = C_2 \cdot E_d = C_2 \cdot C_1 \cdot \phi_{im} \cdot n$$

Esta corriente origina con el flujo ϕ_{im} un momento de freno opuesto al sentido de rotación del disco.

$$M_{im} = C_3 \cdot I_d \cdot \phi_{im}$$

$$M_{im} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot \phi_{im} \cdot n \cdot \phi_{im}$$

$$M_{im} = C_4 \cdot \phi_{im}^2 \cdot n$$

Por cuanto a una determinada potencia la velocidad angular del disco es constante y el par de frenado M_{im} es igual al par motor; el momento de frenado depende de la posición del imán respecto al disco, por tanto el momento de frenado se puede disminuir, reduciendo el área de acción de los polos sobre el disco, o disminuyendo el radio de aplicación.

Momentos M_{fv} y M_{fi} .

Los momentos de frenado adicionales M_{fv} y M_{fi} dependen de la tensión y la intensidad respectivamente. Como la tensión generalmente se conserva constante, el momento M_{fv} varía solo con la velocidad del disco, mientras que el momento de frenado M_{fi} varía además, con la intensidad de la corriente de carga I . Debido a que ésta pueda producir un frenado excesivo, con grandes cargas (50% sobre la carga nominal) este momento de frenado se corrige con un shunt magnético instalado en la bobina de corriente.

Momento M_{fr} .

El momento originado por la fricción se hace notorio, especialmente -

cuando se tiene cargas pequeñas, en las que además influye la falta de linealidad de la curva de permeabilidad del material del núcleo del electroimán de intensidad, para corregir este efecto se crea un par motor adicional, variando el flujo del electroimán de tensión ,

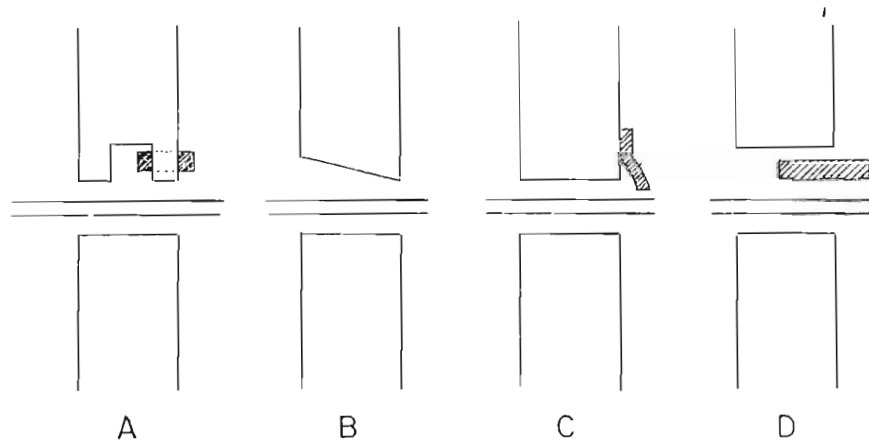


FIGURA II.6

Dispositivos para obtener un par auxiliar regulable.

con procedimientos, como se indica en la figura II.6.

- Espira en corto circuito en el electroimán de tensión
- Entrehierro desigual
- Lengüeta de hierro ajustable
- Chapa de cobre ajustable en el entrehierro

DISPOSICION CONSTRUCTIVA DE LOS CONTADORES

SISTEMA MOTOR.-

Los núcleos de los electroimanes que conforman el sistema motor del contador se construyen generalmente de láminas de acero al silicio y

pueden tener diversas formas según los fabricantes: los núcleos de las bobinas de tensión e intensidad pueden estar contruídos por separado (AEG, FUJI, CONTELECA) o como una sola pieza (GENERAL ELECTRIC, WESTINGHOUSE). Las láminas con las que se construyen los núcleos deben tener alta inducción magnética y una permeabilidad lo más constante posible. Esto es necesario para que se cumpla la condición de proporcionalidad entre los flujos producidos por las bobinas de tensión y corriente y las respectivas corrientes que los originan.

ROTOR. -

El rotor es un disco de aluminio de espesor no mayor a 1.5 mm., está -

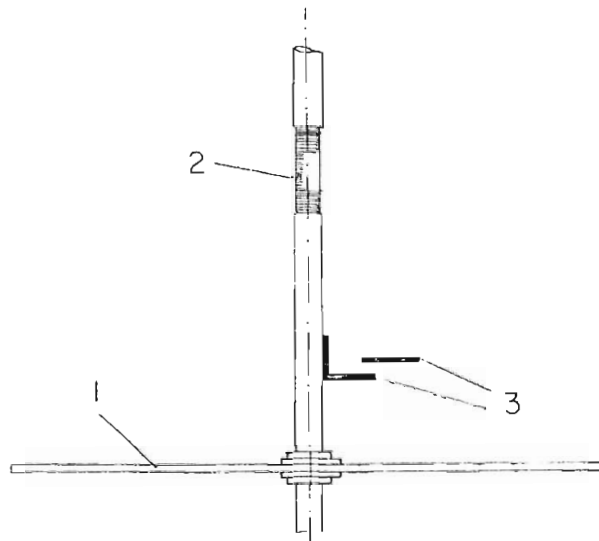


FIGURA II. 7

Vista del rotor 1.- disco; 2.- Sinfín; 3.- Lenguetas antia_{rrastre}.

fijado al eje y provisto de un sinfín que engrana con el registrador, ver figura II.7 . El Sinfín puede ser sobrepuesto o fresado sobre el

mismo eje, la mayoría de los medidores tienen una escala estampada sobre la periferie del disco, la cual permite el contraste del medidor.

Para evitar la marcha en vacío, sobre el eje se monta una lengüeta de hierro, otra lengüeta está fijada al núcleo de tensión y es excitada por el flujo del electroimán de tensión, cuando el disco gira lentamente y las lengüetas se encuentren frente a frente estas se fijan, deteniéndose el disco.

COJINETES. -

Los cojinetes constituyen una parte importante del medidor ya que sobre estos se apoya el eje del rotor, y producen los errores de fricción. Como el eje tiene una posición vertical: existen dos tipos de cojinetes, el superior y el inferior. Desde el punto de vista mecánico el rotor se apoya sobre el cojinete inferior, y el superior impide su inclinación, en consecuencia, el cojinete inferior reacciona a las fuerzas verticales y el superior a las fuerzas laterales.

Existen en general dos tipos de suspensión: la magnética y la mecánica; en la suspensión magnética se aprovecha las fuerzas de atracción o repulsión entre los polos de un imán para ubicar al rotor en su posición correcta y en la suspensión mecánica se hace descansar el eje del rotor sobre una esfera generalmente de zafiro sintético de gran dureza, este zafiro a su vez descansa sobre un muelle para evitar su rotura.

Configuraciones típicas se muestran en la figura II - 9.

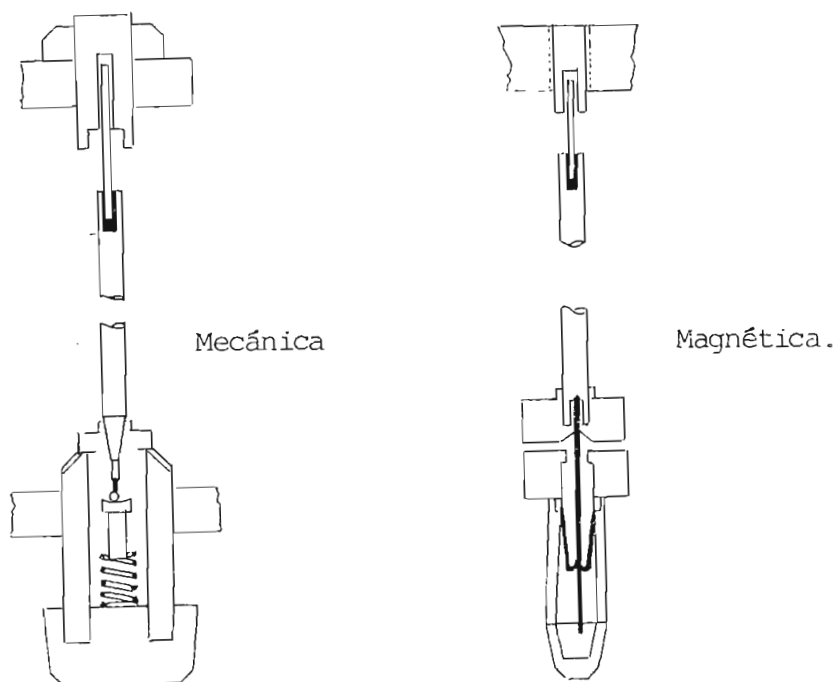


FIGURA II - 9

Tipos de suspensión de los contadores.

IMAN DE FRENO.-

Por ser uno de los elementos mas importantes en el ajuste de los me
di
do
re
s, es muy conveniente que cumpla con determinadas caracterís-
ticas: Alta estabilidad magnética, gran fuerza coercitiva, y mínima
sensibilidad a los cambios de temperatura.

Los nucleos de los imanes tienen forma de U en su sección longitudi-
nal y se los fabrica de alnico que es una aleación de aluminio y de
acero, que cumple con las características anotadas. Para compensar
los efectos de la variación de la temperatura se coloca un shunt mag-

nético, cuya capacidad de conducción térmica disminuye con mayor rapidez al aumentar la temperatura del material del imán. De este modo la pérdida de flujo del imán a temperaturas elevadas, es compensada por el flujo del shunt.

MECANISMO REGISTRADOR. -

La función del registrador es totalizar la energía medida, esencialmente indica el número de revoluciones del disco. Consiste de una serie de esferas o rodillos engranados entre sí con una relación de 1:10 de una a otra, de manera que cada rodillo o esfera indica las unidades, decenas, centenas y millares de kilovatios-hora. Existen 2 tipos de mecanismos registradores que difieren en su construcción y lectura. Uno denominado ciclométrico o de tambor y el otro de esferas o numerador de agujas.

El de tipo ciclométrico es de mayor utilización por prestar una lectura mucho más cómoda y rápida.

El tipo de esferas es menos usado por cuanto debe tomarse en cuenta que las agujas giran en sentido contrario, pudiendo ocasionar errores en los lectores, señalándose que este tipo tiene un menor momento de fricción.

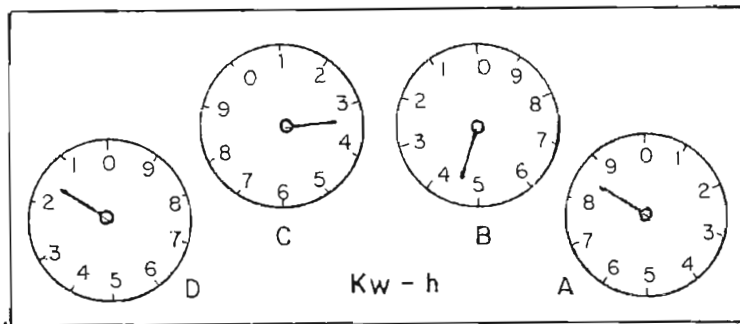
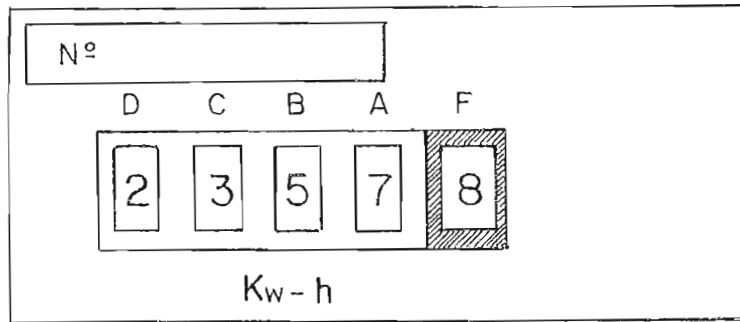


FIGURA II 10

Tipos de Registradores

- A = UNIDADES
- B = DECENAS
- C = CENTENAS
- D = MILLARES
- F = DECIMAS

Cuando en el registrador de esferas se tiene la aguja entre dos números, se toma como dato la cantidad menor.

BASE Y CUBIERTA. -

Todos los componentes anteriormente descritos son montados y alineados

dos sobre una base la cual también provee los medios de conexión eléctrica, una cubierta protectora generalmente de vidrio o metálica provista de su respectiva ventana aísla los componentes del medidor del medio ambiente y agentes contaminantes que pueden producir error en los medidores.

La forma como se realizan las conexiones eléctricas del medidor de termina dos tipos de medidores.

1.- Medidor con base tipo bayoneta o enchufable (Socket).

En este tipo las conexiones se realizan por la parte posterior del medidor, en forma de cuchillas que se introducen en receptáculos de una base porta medidor prefabricado para cada tipo de medidor.

2.- Medidor con conexión terminal en su parte inferior (BOTTOM).

En el cual las conexiones se realizan en una caja de conexión del medidor, ubicada en la parte inferior del mismo.

En ambos tipos se dispone de accesorios sobre los cuales se coloca sellos en la cubierta para evitar el acceso de personal no autorizado a los componentes del medidor.

CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS CONTADORES.-

001936

Las variaciones de las condiciones de servicio pueden influenciar en el funcionamiento y exactitud de los contadores. Las mismas se dan a continuación :

- a) Variaciones de la carga
- b) Variaciones de tensión.
- c) Variaciones de la temperatura ambiente.

Influencias de las variaciones de la carga.-

Los errores en la medida que se introducen en los contadores por este concepto, se deben, sobre todo a los rozamientos en las partes móviles. Para pequeñas cargas, en las que la energía perdida para eliminar estos rozamientos constituye una parte apreciable, los errores son mayores. Para grandes cargas, los errores disminuyen y el registro del medidor es mas exacto.

La norma INEN 280 admite un error de $\pm 2,5\%$ para cargas pequeñas y de $\pm 2\%$ para cargas medianas y grandes.

Una curva típica de como varían los errores debido a la carga, se da en la figura II.11.

Aunque las pérdidas por rozamientos es el factor que más influye en la exactitud de los medidores, existen también otros factores que dependen de la carga como son: el flujo magnético del imán permanente y el flujo magnético de las bobinas de tensión y de intensidad que en conjunto con las corrientes inducidas producen pares de frenado.

El par de frenado producido por la corriente inducida por la bobina de tensión, es invariable si la tensión permanece constante. Este par puede ser anulado ajustando adecuadamente la posición del imán respecto al disco.

El par de frenado debido a la corriente inducida en el disco por el flujo de la bobina de intensidad, es proporcional al valor de la corriente que atraviesa dicha bobina y depende, por tanto de la corriente de carga. Como el par de frenado principal (Imán permanente) depende también de esta misma corriente, resulta que el par de frenado total es proporcional al cuadrado de la corriente de carga.

El efecto de frenado total se compensa generalmente dando una buena calidad y alta fuerza coercitiva del imán. Además se coloca un shunt magnético en el núcleo de la bobina de corriente de manera que al aumentar la carga, el flujo debido a la corriente crece más rápidamente que la propia corriente. (4)

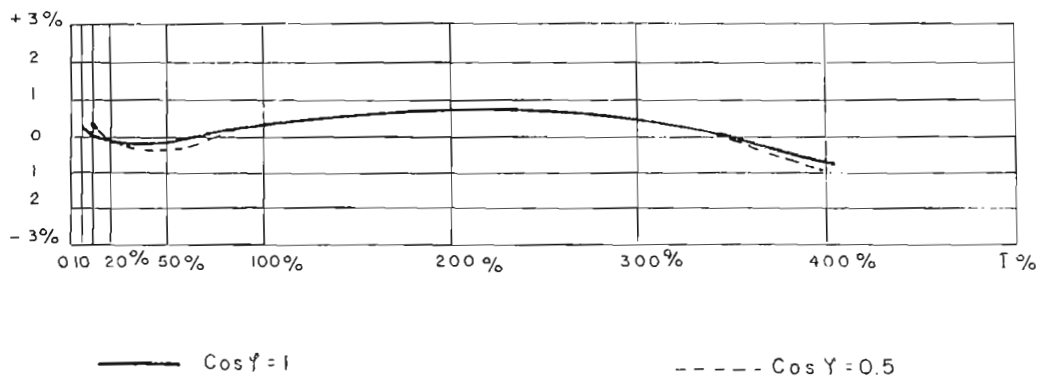


FIGURA II. 11
Curvas de errores debido a las variaciones de la carga.

Influencia de las variaciones de la Tensión

En teoría las variaciones de registro de los contadores deben ser proporcionales a las variaciones de la tensión de la red, en la práctica esta proporcionalidad se cumple cuando las fluctuaciones de la tensión están entre más o menos un 20% de la tensión nominal, cuando las variaciones son superiores a estos límites, las indicaciones del medidor se notan de la siguiente forma :

- 1.- Al aumentar la tensión el medidor registra menos energía de la que en realidad se consume. (error negativo)
- 2.- Al disminuir la tensión se registra más energía que la real. (error positivo).

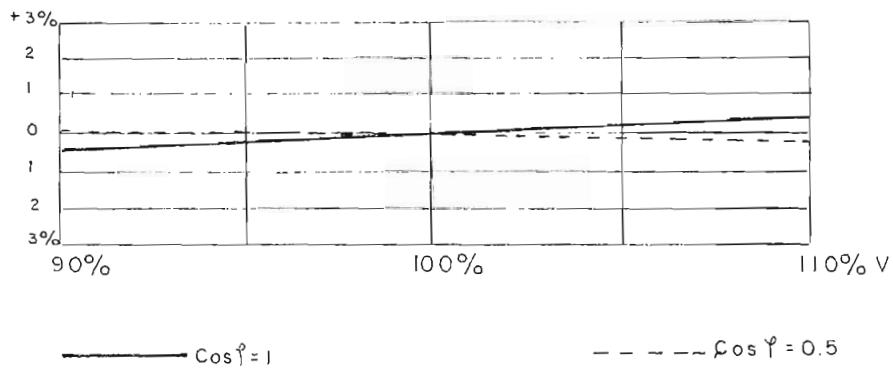


FIGURA II. 12
Curva de errores debido a las variaciones de tensión

Esto se explica debido a que al aumentar la tensión se aumenta el flujo ϕ_v y con ello el par motor, pero también aumenta en mayor cuantía el par de frenado M_{fv} (por ser proporcional al cuadrado del flujo ϕ_v) registrando el medidor menos energía de la consumida.

Si las variaciones de tensión son superiores al 20% los errores que pueden introducirse en la medición son serios, presentándose el fenómeno de deslizamiento del disco cuando el medidor se encuentra sin carga.

Contadores diseñados para trabajar con 120 voltios podrían trabajar con tensiones de 110 o 127 voltios sin ninguna objeción, sin embargo con un aumento de tensión pueden tener "arrastre", el mismo que requiere de un ajuste conveniente para cargas livianas.

Influencia de las variaciones de temperatura.-

Las variaciones de temperatura tienen un pequeño efecto en la exactitud del contador, debido a que el incremento de temperatura también aumenta la resistencia eléctrica del disco. Se ha observado que si la temperatura del disco aumenta en 10°C , su resistencia ohmica aumenta en un 4%. Por lo tanto disminuyen en la misma proporción las corrientes que se inducen en el disco y de ahí que disminuye también el momento de giro en aproximadamente un 4%. Pero en esta misma proporción disminuye el par de frenado y por las mismas razones el par motor. La figura II-13 nos muestra las variaciones de la medición respecto a la variación de la temperatura.

El flujo del imán permanente también varía con los cambios de temperatura. Si esta aumenta el 10% el flujo del imán permanente disminuye alrededor de 0.3%; siendo el momento de freno proporcional al cuadrado de este flujo, dicho momento disminuirá en esta relación y el medidor tendrá una lectura ligeramente superior.

Se puede compensar la influencia de la temperatura mediante un shunt magnético montado en el imán permanente o empleando aleaciones de níquel en una parte de los núcleos de hierro de las bobinas de intensidad y tensión, ya que la permeabilidad de dichas aleaciones se reduce cuando aumenta la temperatura, disminuyéndose también el valor de los flujos, que provocan el par motor. Con un diseño apropiado se puede conseguir que las disminuciones del par de frenado se compense

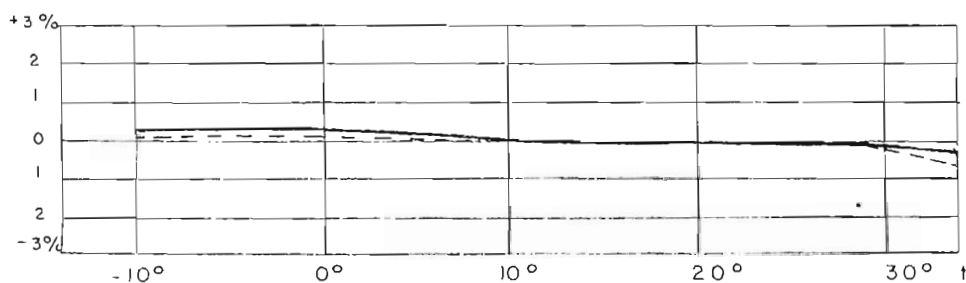


FIGURA III - 13

Curva de errores debido a las variaciones de temperatura con una disminución del par motor. (4)

En los medidores modernos pueden conseguirse lecturas satisfactorias dentro de los límites de tolerancia requeridos en los rangos de variación de . - 20°C a + 52°C.

2.1.1 EL CONTADOR DE ENERGIA ACTIVA.-

CONTADOR MONOFASICO.-

El principio de funcionamiento del contador de energía se ha analizado anteriormente. En corriente alterna monofásica el valor de la energía activa es :

$$W = V.I. \cos \varphi . t.$$

La medida de esta energía cuando se trata de medidores monofásicos se realiza por medio de l sistema impulsor que actúa sobre un mismo disco de aluminio el que es frenado por un imán permanente, los dos sistemas generadores de flujo tienen colocados sobre sus núcleos las bobinas de tensión y de corriente.

Cuando se trata de un medidor de corriente activa, la bobina debe caracterizarse por tener impedancia elevada y es imprescindible que esta impedancia sea totalmente inductiva, o sea que la intensidad i , - que circula por la bobina de tensión quede desfasada 90° con respecto a la tensión aplicada a la red. Esto en la práctica no sucede debido a que la bobina tiene un gran número de espiras y por tanto, una considerable resistencia ohmica (entre 300 y 600 Ω), dependiendo este valor de la marca, modelo y la tensión nominal del contador. El máximo desfasaje que se consigue entre la tensión v y la corriente -

magnetizante i en este electroimán es el orden de 80°

Por estar la bobina de tensión conectada permanente a la red es de mucha importancia que la potencia que ésta disipa sea la menor posible, es aceptable que éste valor sea del orden de 1 watio por cada 100 voltios.

Los métodos para conseguir los ajustes finales y exactos del desfase de 90° entre el flujo de la bobina de corriente más frecuentemente usados son los siguientes:

- 1.- Colocando espiras en cortocircuito sobre el shunt magnético del núcleo del electroimán de la bobina de tensión (1).
- 2.- Colocando algunas espiras sobre el núcleo del electroimán de tensión cortocircuitadas por una resistencia regulable (2).
- 3.- Colocando pocas espiras sobre el núcleo del electroimán de intensidad cortocircuitadas por una resistencia variable (3).
- 4.- Regulando el entrehierro "d" del shunt magnético del núcleo del electroimán de tensión.
- 5.- Colocando un shunt magnético variable entre los polos del electroimán de intensidad. (5).

6.- Colocando una chapa magnética regulable de cobre en el entre -
hierro (4).

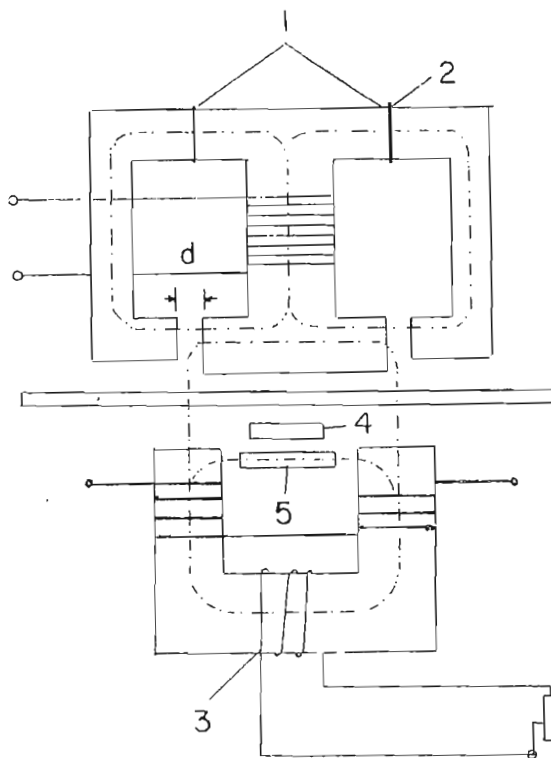


FIGURA II - 14
Accesorios requeridos para los ajustes.

CONTADOR TRIFASICO.-

EL medidor trifásico de energía activa integra los pares motor de
2 ó 3 sistemas monofásicos por medio de un eje común que acciona un

solo registrador, el que totaliza la energía consumida en una instalación trifásica, esto es válido puesto que energía total de un sistema trifásico es :

$$W = 3.V_f \cdot I_f \cdot \cos \varphi \cdot t.$$

Donde

V_f = tensión de fase - neutro

I_f = corriente de fase

Según el sistema de la red se pueden tener medidores de 2 ó 3 sistemas motor debido a que también la expresión anterior puede expresarse de la siguiente forma

$$W = \sqrt{3} \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi \cdot t.$$

Donde

V es la tensión entre fases

I es la corriente de línea.

Los medidores trifásicos de tres sistemas motor pueden tener las siguientes variantes.

- a) Un rotor con 3 discos montados sobre el mismo eje, y con un sistema o mecanismos motor aplicado a cada disco
- b) Un rotor de 2 discos; sobre el primer disco están aplicados dos sistemas motor y sobre el segundo disco el restante y el imán de freno.
- c) Con el rotor de un solo disco sobre el cual actúan los 3 sistemas motor.

El imán o imanes de freno pueden ser aplicados sobre cualquiera de los discos independientemente del sistema motor. La construcción sin embargo debe permitir que los flujos de dispersión de un sistema motor no influyan en los flujos producidos por el sistema vecino.

Cuando los dos sistemas motor actúan sobre un mismo disco se colocan los sistemas motor diametralmente opuestos para que no se produzcan acciones mutuas entre los flujos.

2.1.2 CONTADORES DE ENERGIA REACTIVA.-

Los contadores de corriente alterna reactiva, registran el consumo de una corriente defasada en 90° en adelanto o en retraso durante - cierto tiempo, [✓] su utilización es de particular importancia en el control de energía de usuarios cuyas tarifas tienen cláusulas de factor de potencia que influyen en el costo de servicio. Aunque la componente reactiva de la energía no genera ningún trabajo efectivo, el - transporte de la misma provoca pérdidas en las líneas y redes de distribución, tarifas con cláusulas que penalizan el bajo factor de potencia obligan a los usuarios a ajustar sus instalaciones para compensar estas pérdidas .

La manera como el factor de potencia es tomado en cuenta puede variar según la tarifa; en algunos casos se toma en cuenta el promedio men -

sual de factor de potencia.

Otra manera puede ser el tener cargos por demanda de voltamperios reactivos, usualmente se aplican las cláusulas de f.p. a consumidores industriales con altas potencias instaladas y cargas predominantemente inductivas. Cuando se desea determinar el factor de potencia promedio en el período de tarifación, se toman lecturas de kilowatios-h y de kilovars; este promedio está dado por

$$(F_p) \text{ promedio} = \text{Cos} \left(\text{tang}^{-1} \frac{\text{Kilovars} - \text{hora}}{\text{Kilovatios-hora}} \right)$$

CONSTRUCCION. -

En la construcción del medidor de energía reactiva se utiliza el

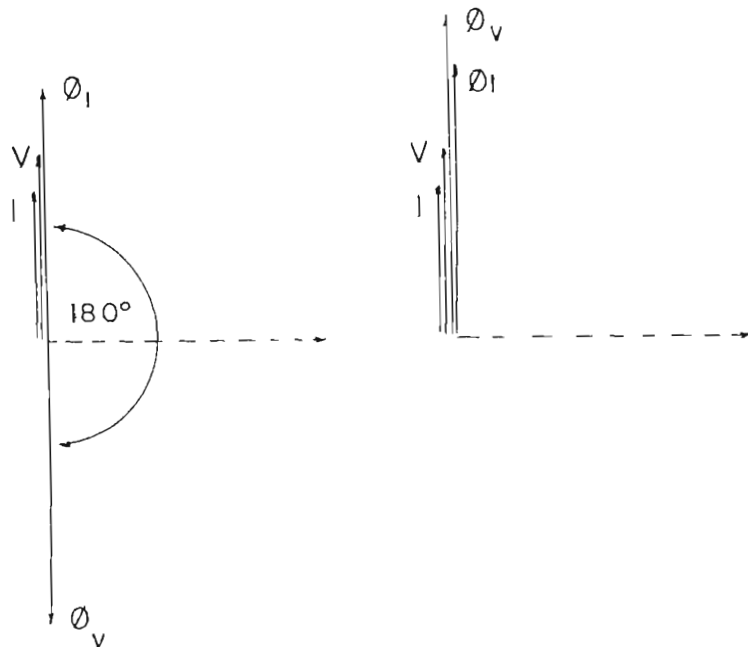


FIGURA II 17

Diagrama vectorial para un contador de energía reactiva.

mismo sistema motor que en los medidores de energía activa. Esto es

factible debido a que $\sin \varphi = \cos (90-\varphi)$. En los medidores de energía activa los flujos ϕ_i y ϕ_v estas desfasados 90° . Según lo expuesto anteriormente, las máximas revoluciones del rotor de un medidor de energía activa deben producirse cuando el ángulo es igual a cero. En el medidor de energía reactiva, las máximas revoluciones del rotor deben producirse cuando el desfase φ es igual a 90° - - ($\cos \varphi = 0$). Este efecto puede producirse desfasando el flujo ϕ_v en otros 90° más, o sea hasta 180° también colocando el vector i_v de la bobina de tensión en fase con el vector de tensión V . (Fig.II-17).

La desviación necesaria de los flujos en un contador de energía reactiva se consigue colocando una resistencia pura en serie con la bobina de tensión y otra resistencia pura en paralelo con la bobina de intensidad. La figura demuestra el símbolo normalizado de un contador de energía reactiva.

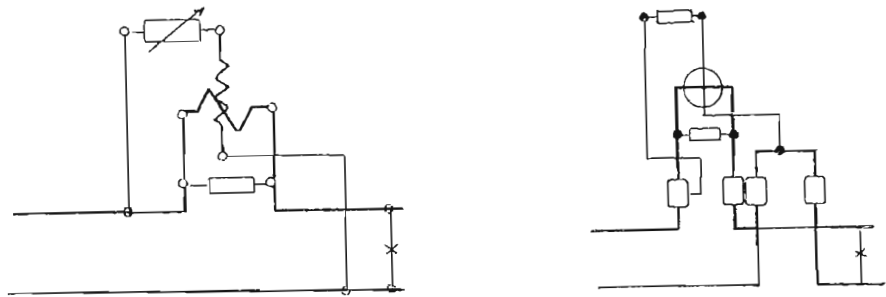


FIGURA II - 18

MEDIDORES DE ENERGIA REACTIVA TRIFASICOS-

En este caso se usa el mismo sistema aplicado en la construcción de medidores de energía activa trifásica. Es decir utilizando dos o tres

sistemas motor monofásicos reactivos que actúan sobre un mismo eje. Sin embargo, en medidores trifásicos de energía reactiva, se pueden evitar las dificultades que se presentan al realizar el desplazamiento de los flujos magnéticos de 90° a 180° o de 90° a 0° ; la simplificación se consigue en base a las características propias de las redes trifásicas, o sea el desfase existente entre la tensión fase-fase y la tensión fase-neutro. Aplicando por ejemplo a la bobina de tensión perteneciente al sistema motor 1, la tensión entre fases existente en el sistema trifásico, cuyo vector está desfasado 90° con respecto al vector de la tensión del sistema motor 1, lo mismo se hace con los otros sistemas motor N° 2 y N° 3 respectivamente. Del diagrama vectorial de la figura, puede verse que la tensión V_{23} está desfasada 90° con respecto a la tensión V_1 de la fase 1, se podrá entonces tener lo siguiente :

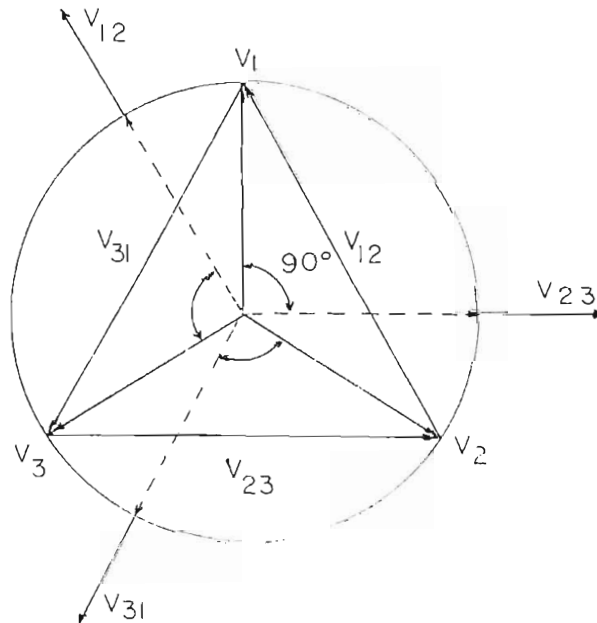


FIGURA II - 19

Diagrama vectorial de un sistema trifásico.

<u>SISTEMA MOTOR.</u> -	Nº 1	Nº 2	Nº 3
Intensidad de fase	I1	I2	I3
Tensión aplicada	V 23	V 31	V 12

En el medidor trifásico de energía reactiva no se necesita por tanto las resistencias puras conectadas en serie o paralelo, la única diferencia constructiva consiste en un mayor número de espiras necesarios en la bobina de tensión debido a que la tensión fase-fase es $\sqrt{3}$ veces la tensión fase - neutro.

Cuando el $\text{Cos } \varphi = 1$, $\text{sen } \varphi = 0$ y los vectores de tensión y corriente están en fase, los desplazamientos de los flujos de los electroimanes de tensión y corriente es 180°

De esto resulta que el par motor es igual a cero cuando $\text{Cos } \varphi = 1$ y viceversa, el par motor tiene su máximo valor cuando $\text{Cos } \varphi = 0$. En consecuencia el medidor registra correctamente la energía reactiva.

Por lo general, este tipo de medidores está provisto de un dispositivo que impide su marcha atrás (desfase capacitivo).

ES necesario al conectar el medidor tomar en cuenta la secuencia de fases (R-S-T) o (A-B-C), para un correcto registro.

El desfase en contadores trifásicos de energía puede conseguirse también colocando auto-transformadores de desfase. Estos pequeños auto -

transformadores están provistos de derivaciones que proporcionan tensiones iguales y desfasadas 90 grados, cuando estos auto-transformadores se aplican al medidor es necesario que las bobinas de corriente y tensión sean independientes. Sin embargo deben tomarse consideraciones respecto a la precisión de estos auto-transformadores.

Los contadores de energía reactiva por tener la misma construcción del contador de energía activa tiene las mismas conexiones interiores y los mismos ajustes. La medición de cargas reactivas capacitivas pueden realizarse también con este tipo de medidores cambiando las conexiones de las bobinas de intensidad.

2.1.3 CONTADORES DE ENERGIA APARENTE.-

Los contadores de energía aparente registran la energía aparente de un sistema eléctrico, este tipo de energía no representa magnitudes físicas sino puramente numéricas, sin embargo pueden utilizarse este tipo de contadores en la estimación de máximas potencias aparentes utilizadas.

Una vez que estos contadores no tienen utilización práctica en la comercialización de la energía no se hace un análisis del mismo en el presente trabajo.

2.2. CONTADORES ESPECIALES. -

Dentro de esta categoría podemos ubicar los contadores que tienen que ver con la máxima economía en la producción y distribución de la energía eléctrica, la cual depende de si el factor de carga del sistema es más o menos alto. Durante el día generalmente las empresas de servicio eléctrico suministran la energía para los consumos industriales y durante la noche para iluminación, teniéndose períodos de operación de las plantas que pueden funcionar casi en vacío. Si se ofrece al abonado la energía a un precio más bajo en las horas de menor utilización se pueden conseguir que utilice la energía durante estas horas, en cargas o receptores que no dependen de un horario laboral o fijo. Estos fines se consiguen aplicando los medidores de doble tarifa o tarifa múltiple. Mejoras en la economía pueden conseguirse también con los medidores de demanda máxima como veremos mas adelante.

CONTADORES DE DOBLE TARIFA. -

Este tipo de contador es básicamente un contador normal de energía al cual se ha incorporado un registrador doble, se tiene entonces dos numeradores, uno para tarifa normal y el otro para tarifa baja. Un mismo rotor mueve los dos registradores y la commutación se efectúa por medio de un relé, A, Fig. II 20, el cual es controlado mediante un reloj exterior de contacto. Para mantener los momentos de

fricción de los engranajes constantes se coloca un dispositivo de planetarios de modo que puede funcionar de uno y otro lado. El reloj es programable para que puedan ajustarse los períodos diarios de tarificación de energía y en algunos casos semanal, cuando se tienen tarifas de utilización con diferentes costos los días sábados y domingos.

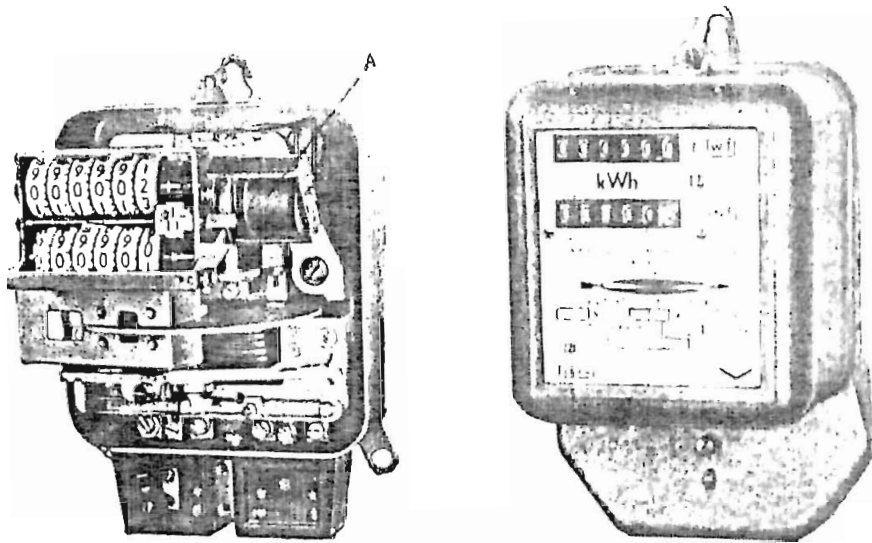


FIGURA II - 20

La figura II-20, demuestra una vista de un medidor de tarifa doble típico. Las conexiones para este tipo de medidores tanto monofási -

cos como trifásicos son similares a las de un contador de energía activa.

CONTADOR DE DEMANDA. -

El control de la potencia máxima requerida por el usuario durante ciertas horas del día es importante con el objeto evitar la necesidad de instalar potencias excesivas en generación, potencias que obviamente implicarían una alta demanda durante ciertas horas del día para luego funcionar con poca carga en otras.

En general los costos del servicio eléctrico al consumidor pueden ser separados en dos categorías.

- 1.- El costo de la energía para producir kilovatios-hora, que pueden traducirse en gastos de operación y mantenimiento, diésel, gas, carbón, personal etc.
- 2.- El costo de los equipos, centrales generadoras, líneas de transmisión y distribución, transformadores para entregar esa energía.

La influencia del segundo costo puede aclararse con el siguiente ejemplo.

Asumamos que a la red eléctrica están conectados 2 abonados : A y B. El abonado "A" dispone de un equipo de bombeo el cual trabaja las 24 horas del día con una carga instalada de 50 Kw . El abonado "B"

tiene una pequeña industria con una potencia instalada de 150 Kw pero trabaja solamente las 8 horas del día. Ambos abonados consumen diariamente 1.200 kilovatios hora. Sin embargo el caso del abonado B por tener una demanda máxima de 150 Kw requiere de una mayor inversión en generadores líneas y transformadores, además de tenerse una potencia no utilizada durante las diez y seis horas restantes.

Se deduce por tanto que el abonado "A" debería pagar la energía consumida con una tarifa más económica que el abonado "B" , ya que él no influye en los gastos fijos de instalación no aprovechable en los equipos en un 100%. Esta variación en la tarifa se consigue aplicando los cargos por demanda, y la forma como se determina los kw de demanda es a través de los registradores de demanda, mediante los cuales se obtiene el valor medio de la potencia máxima requerida durante un tiempo determinado . Exigencias como ésta puede obligar al usuario "B" a reducir el consumo de energía en cargas no indispensables.

En los medidores de demanda, la indicación de los kw requeridos se consigue como un resultado del cálculo del consumo de kw-h dividido por el tiempo durante el cual el consumo es registrado. En consecuencia, los medidores con indicador de demanda máxima están provistos, además del numerador que registra la energía consumida en kw-h o kvar-h de una escala graduada en kw o kvar, con una aguja que indica la carga media máxima durante el lapso de tiempo predeterminado.

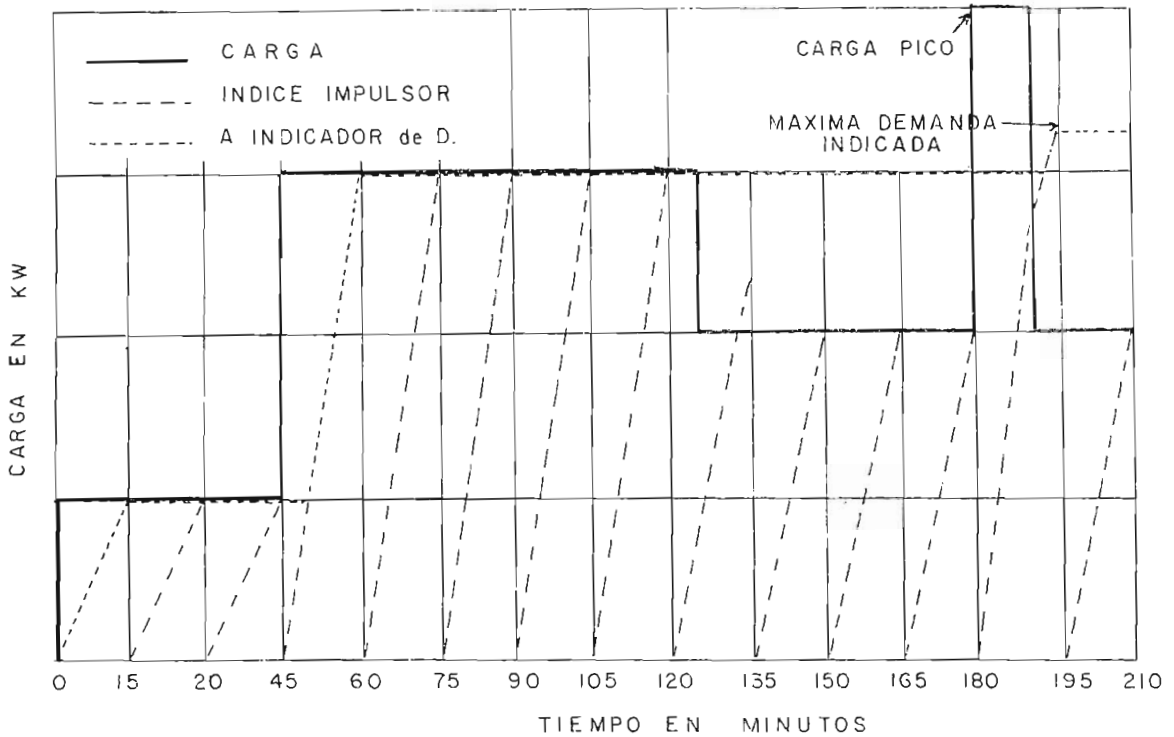


FIGURA II - 21

Curva de un registrador de demanda, intervalo 15 minutos

Los períodos de integración son generalmente 15 ó 30 minutos y se entiende que cuanto mas corto es el período, mas exacta resulta la medición.

La figura II-21, demuestra como puede conseguirse los valores promedio de demanda en los períodos de 15 minutos con un medidor de demanda máxima, en ella se dan la curva de carga, valores del indicador de máxima y valores indicados por el impulsor.

En los medidores de energía con indicadores de demanda máxima, el rotor impulsa a través de el tornillo sin fin el mecanismo registrador

de Kw-h y también el mecanismo indicador de la demanda durante el período de integración, en este tiempo el índice se desplaza en un ángulo proporcional a la potencia media del período y arrastra la aguja de indicación de demanda máxima. Al final del período de integración se desembraga el accionamiento y un resorte vuelve a cero el índice impulsor, mientras la aguja indicadora de máxima demanda permanece sobre la posición alcanzada y el proceso empieza para un nuevo período.

Cuando se realiza la lectura mensual, se puede tomar lectura de la máxima demanda mensual y se debe regresar manualmente a cero la aguja indicadora de máxima demanda.

Los períodos de integración se consiguen fijar en el medidor con relojes eléctricos, motores sincrónicos que comandan relés que desembragan el mecanismo impulsor. Como el dispositivo indicador de demanda es movido por el rotor del contador, pueden aparecer errores adicionales debido a los acoplamientos y fricciones de los engranajes, lo que exige una mayor precisión del medidor que indudablemente eleva el costo de los mismos.

Existe otro tipo de indicadores de demanda que tienen su base de funcionamiento en la desviación que puede conseguirse térmicamente a un elemento bimetálico cuando por él circula corriente, es decir, estos indicadores de demanda térmicos funcionan con el calor producido por la corriente de consumo, son más sencillos y compactos además de ser independientes del contador de energía.

C A P I T U L O I I I

CONEXION DE CONTADORES.-

3.1 CONEXION DIRECTA.-

Los medidores se construyen de tal manera que puedan ser aplicados directamente a la red siempre y cuando las condiciones de carga y tensión lo permitan: cuando estas condiciones sobrepasan ciertos valores, la conexión debe realizarse a través de transformadores de medida.

Dependiendo del sistema utilizado por las empresas, puede disponerse de los siguientes tipos de servicios mas comunes : sistema monofásico a 2 hilos, monofásico a 3 conductores, trifásico a tres conductores y trifásico a cuatro conductores.

TEOREMA DE BLONDEL.-

El teorema de Blondel, se aplica a la medida de potencia que fluye a una red de cualquier número de conductores y establece lo siguiente : Cuando se suministra energía a una red, a través de n conductores, la potencia total del sistema está dada por la suma algebraica de las lecturas de n vatímetros arreglados de tal manera que cada uno de los n conductores contienen una bobina de corriente, y su co -

respondiente bobina de tensión está conectada entre el conductor y un punto común a todos los circuitos de tensión. Si el punto común es uno de los conductores de la red se requieren solamente $n-1$ vatímetros para la lectura total.

Cuando en un medidor se tiene que el torque es proporcional a la potencia entregada a la carga y el mismo ha sido ajustado correctamente, se puede excluir el tiempo para realizar los análisis posteriores, se puede aplicar entonces el teorema de Blondel sin ninguna restricción para la medición de energía.

SISTEMA MONOFASICO A 2 CONDUCTORES.-

La conexión de este tipo de medidor se ha estudiado en el capítulo anterior y no es necesario ningún análisis si se supone que el medidor está calibrado perfectamente para su correcto registro. A la bobina de tensión se aplica la tensión de la carga y por la bobina de corriente circula la corriente de carga.

SISTEMA MONOFASICO A 3 CONDUCTORES.-

De ordinario se tienen cargas residenciales a 3 conductores con tensiones de 120 y 240 voltios que provienen de transformadores monofásicos.

La conexión del medidor es como en la figura III. 1

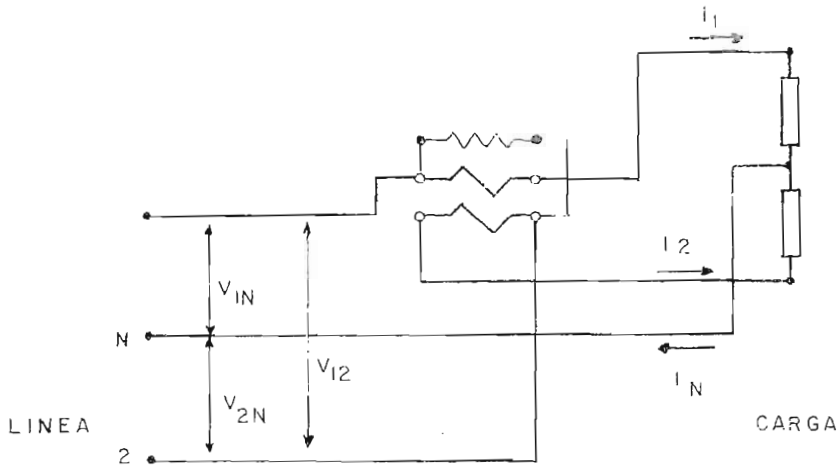


FIGURA III. 1
Medida de un circuito monofásico a 3 conductores

Se tendrá también el siguiente diagrama vectorial

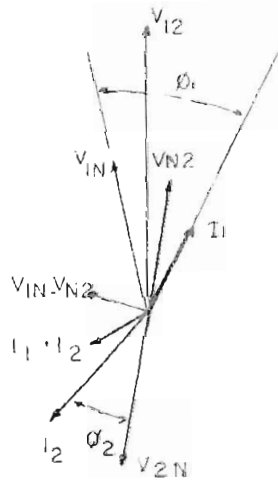


FIGURA III .2
Diagrama vectorial para un circuito monofásico
a 3 conductores.

Cuando las tensiones son balanceadas como sucede en la generalidad de los casos se tendrá :

$$\begin{aligned} P_t &= V_{1n} I_1 + V_{2n} I_2 \\ &= V_{1n} I_1 - V_{n2} I_2 \end{aligned}$$

Si las tensiones son balanceadas :

$$V_{1n} = V_{n2} = \frac{V_{12}}{2}$$

entonces

$$\begin{aligned} P_t &= V_{1n} I_1 - V_{1n} I_2 \\ &= \frac{V_{12}}{2} (I_1 - I_2) \end{aligned}$$

La potencia medida por el contador será

$$P_t = V_{12} \frac{(I_1 - I_2)}{2}$$

Entonces un contador de un solo rotor con una bobina de tensión, a la cual se le aplica la tensión compuesta y que tiene dos "medios" devanados de corriente en polaridad opuesta, es útil para aplicarse a este sistema.

Sin embargo, cuando los voltajes son desbalanceados o provienen de una fuente trifásica, un contador de 2 estatores debe ser aplicado para que el registro sea correcto. Lecturas de solo el 75% de la real,

pueden conseguirse cuando se utiliza el medidor de un rotor.

SISTEMA DOS FASES, TRES CONDUCTORES.-

De acuerdo al teorema de Blondel se requieren dos medidores monofásicos o un medidor de 2 estatores para un correcto registro, el diagrama vectorial y la forma de conexión están dados en las figs. III.3a y III.3 b.

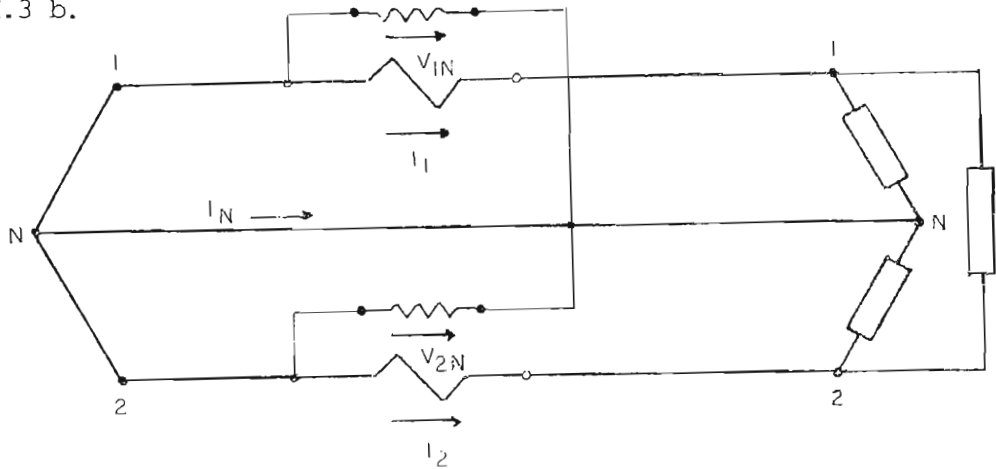


FIGURA III. 3 a

Medida de servicios de 2 fases a 3 conductores.

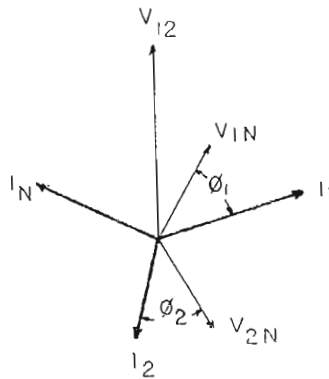


FIGURA III. 3 b

Diagrama vectorial para medida de circuitos bifásicos a 3 conductores.

Cada estator medirá la carga respectiva a la cual está conectada la bobina de intensidad.

Se tendrá entonces :

$$P_1 = V_{1n} I_1 \quad \text{y} \quad P_2 = V_{2n} I_2$$

$$P_t = P_1 + P_2 = V_{1n} I_1 + V_{2n} I_2$$

Para cargas conectadas en la tensión compuesta línea a línea de un estator registrará

$$P_1 = V_{1n} I_1$$

El segundo estator

$$P_2 = V_{2n} I_2$$

Pero en este caso

$$I_2 = - I_1$$

La medida neta será :

$$P = P_1 + P_2 \quad \text{reemplazando}$$

$$P = (V_{1n} - V_{2n}) I_1 = (V_{1n} + V_{n2}) I_1$$

$$P = V_{12} I_1$$

Como la potencia real de esta carga es $V_{12} I_1$ el medidor de 2 estatores registra correctamente las cargas de línea a línea, además de las línea a neutro.

En estos sistemas es necesario conectar medidores de 2 estatores que desde luego tienen 2 bobinas de tensión y 2 de corriente completamente independientes. Las bobinas de tensión están diseñadas para aplicar la tensión fase-neutro.

SISTEMA 3 FASES A 3 CONDUCTORES.-

Para este sistema se requiere según Blondel también 2 medidores monofásicos o un medidor de 2 estatores.

Los diagramas de conexión y vectorial están dados en las figuras : - III.4 a y III- 4b.

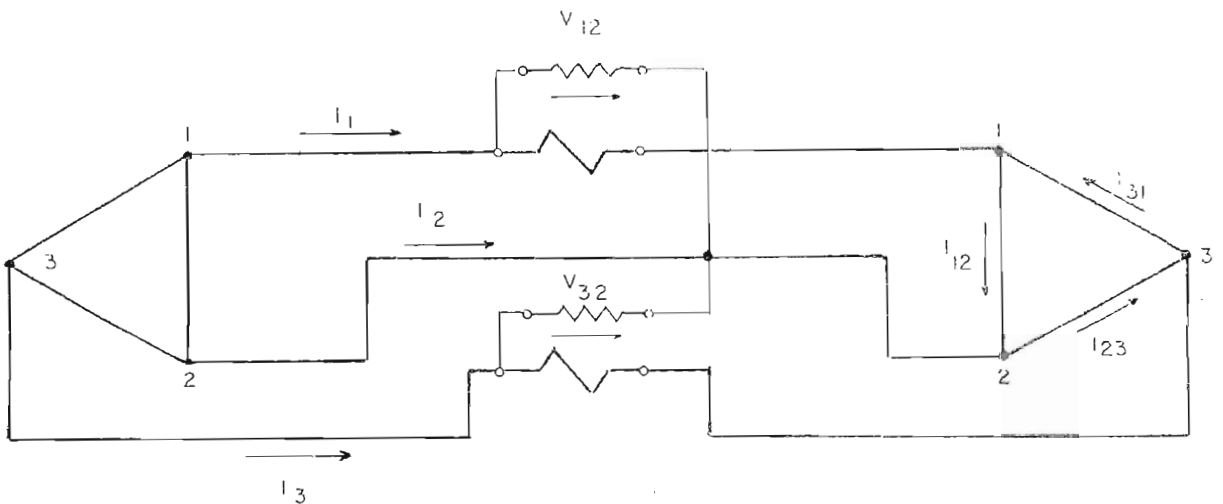


FIGURA III - 4 a

Medida de energía en sistemas trifásicos a 3 conductores

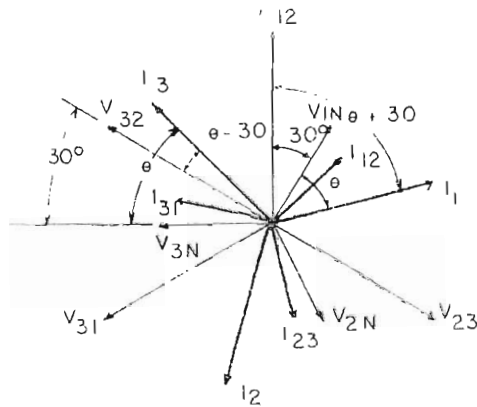


FIGURA III. 4b

Diagrama vectorial para medida de energía en sistemas trifásicos a 3 conductores

El sistema mas utilizado a 3 conductores es el sistema delta, generalmente en alta tensión, sin embargo el análisis se aplica a la conexión directa, y puede ser aplicado también indirectamente a través de transformadores de medida.

En este sistema cada una de las bobinas de tensión se conecta entre la fase que tiene la bobina de corriente y la fase que no tiene bobina de corriente, que es el conductor común.

La potencia que registrará el medidor será :

$$PM = P_1 + P_2$$

$$P_1 = V_{12} I_1 \quad \text{Y} \quad P_2 = V_{32} I_3$$

$$PM = V_{12} I_1 + V_{32} I_3$$

La potencia real para la conexión delta es :

$$P = V_{12} I_{12} + V_{23} I_{23} + V_{31} I_{31}$$

Para la conexión delta se tiene

$$V_{12} + V_{23} + V_{31} = 0$$

$$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

$$I_1 = I_{12} - I_{31}$$

$$I_2 = I_{23} - I_{12}$$

$$I_3 = I_{31} - I_{23}$$

Reemplazando valores en la fórmula de la potencia delta

$$\begin{aligned} P &= V_{12} I_{12} + V_{23} I_{23} - I_{31} (V_{12} - V_{32}) \\ P &= V_{12} I_{12} + V_{23} I_{23} - I_{31} V_{12} + I_{31} V_{32} \\ P &= V_{12} I_{12} - V_{32} I_{23} - I_{31} V_{12} + I_{31} V_{32}. \\ P &= V_{12} (I_{12} - I_{31}) + V_{32} (I_{31} - I_{23}). \\ P &= V_{12} I_1 + V_{32} I_3. \end{aligned}$$

O sea el medidor puede registrar correctamente en estas condiciones.

SISTEMA TRIFASICO A CUATRO CONDUCTORES. -

De acuerdo al teorema de Blondel se requiere un medidor de 3 estados para el servicio de cuatro conductores, sin embargo si se tiene

tensiones balanceadas, la medición puede realizarse con un medidor conocido como de 2 1/2 estatores o conexión "Z" . Como en servicios industriales se tienen los voltajes balanceados, este tipo de medidores puede ser utilizado con igual precisión que el medidor de 3 estatores.

En la conexión directa esto no puede ser muy importante en términos económicos, pero cuando la medición se realiza con instrumentos de medida, el costo de los transformadores de potencial es muy importante. El diagrama de conexión para el medidor de 3 estatores se da a continuación.

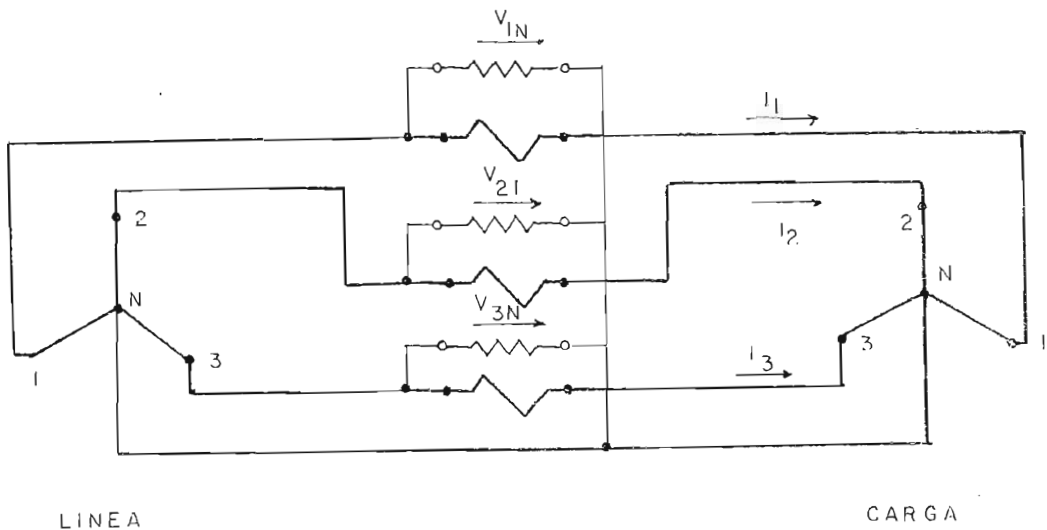


FIGURA III. 5

Medida de un sistema trifásico a 4 conductores.

La Potencia verdadera es :

$$Pt = V_{1n} I_1 + V_{2n} I_2 + V_{3n} I_3.$$

Que es la potencia medida por el contador de 3 estatores en vista de que se ha conectado su respectiva bobina de potencial entre la fase y el neutro.

Si los voltajes son balanceados puede utilizarse el contador llamado de 2 1/2 estatores o conexión en "Z" . El diagrama de conexiones - están dados en la figura N° III.6.

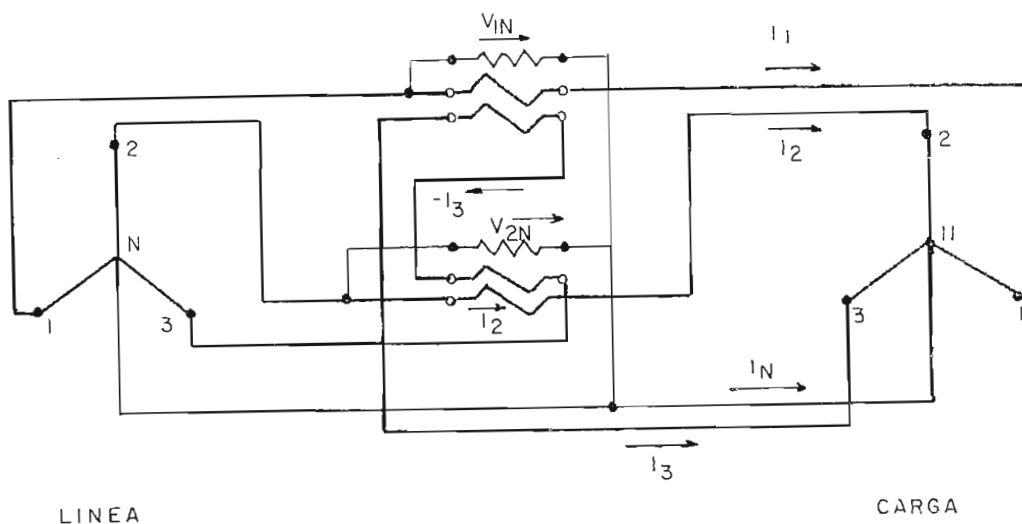


FIGURA III - 6.

Medición de energía en un sistema trifásico de 4 conductores con un contador de 2 1/2 estatores.

La potencia es :

$$Pt = V_{1n} I_1 + V_{2n} I_2 + V_{3n} I_3.$$

Como los voltajes son balanceados tendremos :

$$V_{1n} + V_{2n} + V_{3n} = 0$$

$$\begin{aligned} Pt &= V_{1n} I_1 + V_{2n} I_2 - (V_{1n} + V_{2n}) I_3 \\ &= V_{1n} (I_1 - I_3) + V_{2n} (I_2 - I_3). \end{aligned}$$

En este contador de 2 1/2 estatores las bobinas de corriente de cada estator se dividen en 2 devanados. Un devanado de corriente en cada estator lleva la corriente de fase y en el mismo estator se aplica el voltaje de la fase correspondiente, mientras que el otro devanado de corriente de ese estator lleva el negativo de la corriente de la fase en la cual la tensión no es medida, esto se consigue dividiendo - las bobinas de cada estator en 2 devanados los cuales son colocados con polaridades opuestas.

Esta conexión sin embargo puede presentar errores en la medición cuando a más de no tener los voltajes balanceados, se conectan cargas en la fase en la cual no se aplica la tensión al medidor.

3.2 CONEXION INDIRECTA. -

Cuando las corrientes exceden de 200 amperios y para tensiones superiores de 240 voltios, es conveniente en la práctica usar transformadores de medida para la medición de energía o lo que equivale a decir conectar indirectamente los instrumentos de medición. Los transforma

dores de medida son dispositivos que reducen la tensión o corriente a los valores que están bajo los límites anteriormente indicados.

La utilización de transformadores de intensidad y corriente presenta las siguientes ventajas :

- 1.- Permiten medir altas tensiones y altas intensidades con instrumentos de bajos rangos, teniendo diseños prácticos y económicos.
- 2.- Aislan eléctricamente del circuito de servicio a los contadores, lo cual permite efectuar mediciones de alta tensión con instrumentos de baja tensión, protegiendo a las personas que puedan tener contacto con los equipos.
- 3.- Hacen posible la ubicación de los contadores a distancia de los circuitos controlados. Esto evita la influencia de campos magnéticos externos, permitiendo inclusive la colocación de los contadores en lugares convenientes. (tableros)

Un transformador de medida entrega al medidor al cual está conectado; corrientes y tensiones siempre proporcionales a la corriente o tensión primaria. Generalmente las tensiones secundarias fluctúan entre 100 y 120 voltios, según los fabricantes. las corrientes son generalmente de 5 amp.

Un transformador de medida tiene 3 partes esenciales, un circuito eléctrico primario, un circuito eléctrico secundario y el circuito -

magnético o núcleo, el devanado primario es conectado a la fuente de alimentación y el secundario a los aparatos de medida, los circuitos primario y secundario están aislados eléctricamente y son acoplados magnéticamente.

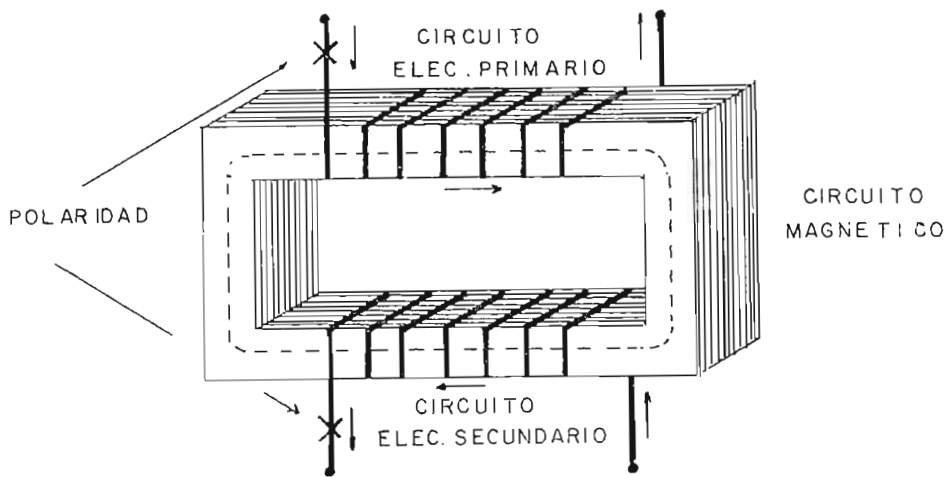


FIGURA III - 7

Partes esenciales de un transformador de medida.

Los transformadores de medida se dividen en transformadores de intensidad y transformadores de tensión, la conexión indirecta de los contadores de energía puede realizarse de manera similar a la conexión directa, dependiendo del sistema de distribución de energía utilizado. El número de transformadores de medida necesarios para cada instalación y su forma de conexión depende del número de bobinas del contador.

Debe tomarse especial atención al instalar contadores de energía con

transformadores de medida de tal manera que sus núcleos y carcasas queden puestos a tierra.

Esta puesta a tierra es requerida ya que existe la posibilidad de - falla del aislamiento entre los arrollamientos primario y secundario, por lo cual tensiones primarias peligrosas podrían aparecer en los - circuitos secundarios con el consiguiente riesgo para el personal y los equipos. Otra de las razones de la conexión a tierra es evitar - que se originen diferentes potenciales en los elementos conectados al circuito secundario con respecto a tierra.

La conexión a tierra en instalaciones monofásicas se realiza conectando un terminal secundario de entrada o salida. Cuando se trata de instalaciones trifásicas o sea cuando se utiliza mas de un transformador, deben conectarse a tierra los terminales de un mismo lado. (entrada o salida).

Para que la puesta a tierra sea efectiva la resistencia, deberá ser inferior a 0.1 ohmios y puede realizarse con varillas de acero galvanizado o copperweld.

Desde el punto de vista de los contadores mismos no es conveniente realizar la conexión directa cuando las corrientes sobrepasan los límites indicados, puesto que dependiendo de las cargas conectadas, los medidores pueden estar expuestos a condiciones extremas de operación, un ejempl

pló típico se da con el empleo de soldadores eléctricos en una instalación, en los cuales existe la posibilidad de que las diferentes variaciones de corriente alteren la magnetización del imán permanente, y en consecuencia de su campo magnético, lo cual se traduce en una - variación del par de frenado y consecuentemente en un funcionamiento incorrecto del disco y por lo tanto en el registro de la energía consumida.

Por otro lado las grandes corrientes pueden producir la dilatación - del conductor de las bobinas de corriente, que también pueden ocasionar un funcionamiento incorrecto del contador.

Estas posibilidades de anomalía son obviadas si se utilizan transformadores de intensidad.

UTILIZACION.-

Como se dijo anteriormente cuando los voltajes de línea a línea, o línea a neutro exceden de 240 voltios es deseable el uso de transformadores de corriente y tensión. Cuando los voltajes utilizados sobrepasan los 600 voltios deben necesariamente utilizarse los transformadores de medida, debido a que los medidores no se construyen para voltajes superiores a 600 Voltios.

Para servicios de 380 o 440 voltios la medida directa incrementa grandemente los riesgos personales y las posibilidades de falla del medidor son altas .

A menudo cuando las tensiones no sobrepasan de 300 Voltios, y con corrientes elevadas pueden utilizarse en la instalación solamente transformadores de corriente, esto en la práctica es aceptable cuando las cargas de pico están por debajo de los 1.200 amperios. Si por cualquier razón se instala un medidor directamente para una carga con un pico de 150 amperios y se espera un crecimiento a 200 amperios en un futuro próximo, es más económico instalar desde el principio transformadores de medida.

CLASIFICACION DE TRANSFORMADORES DE MEDIDA.-

Los transformadores de medida se clasifican de acuerdo a :

- 1.- Función particular
- 2.- Método de instalación
- 3.- Tipo de Aislamiento
- 4.- Construcción Mecánica.

En el cuadro N° III.1 se da la clasificación general. Esta clasificación puede aplicarse tanto a transformadores de potencial como de co -

riente, exceptuando la parte correspondiente a su construcción mecánica que es aplicable solo a transformadores de intensidad.

El tipo de la instalación conlleva una diferencia en la construcción, teniéndose transformadores para instalación interior y exterior. Las características de funcionamiento son esencialmente las mismas para ambos tipos, aunque su apariencia y accesorios metálicos son diferentes. El tipo exterior es diseñado para soportar los agentes atmosféricos y la contaminación, mientras que el de tipo interior es instalado generalmente en las cámaras de transformación las cuales eliminan la acción de los agentes atmosféricos. Así la mayoría de los tipos para intemperie tienen su superficie ondulada, lo cual provee mayor aislamiento desde los terminales primarios a los terminales secundarios y la base que se encuentra puesta a tierra. Para transformadores tipo exterior, los accesorios metálicos deben ser de material no corrosivo. La orientación de los terminales primarios también difiere, en transformadores para interior los terminales son generalmente adecuados para instalación por barras, mientras que los tipo exterior sirven para montarlos generalmente en postes.

Por su construcción los transformadores de tensión son del tipo devanado, los transformadores de intensidad pueden ser también del tipo devanado y ellos tienen el primario y secundario en forma de bobinas separadas por el núcleo magnético, completamente aislado el primario -

que puede tener una o más vueltas.

Otro tipo común de construcción del transformador de corriente es el llamado tipo ventana, en el cual el secundario es de tipo devanado y no dispone del primario, dejando en su lugar un orificio, por el cual puede ser introducido el conductor que lleva la corriente de carga, y, representa una vuelta del devanado primario en el transformador tipo devanado.

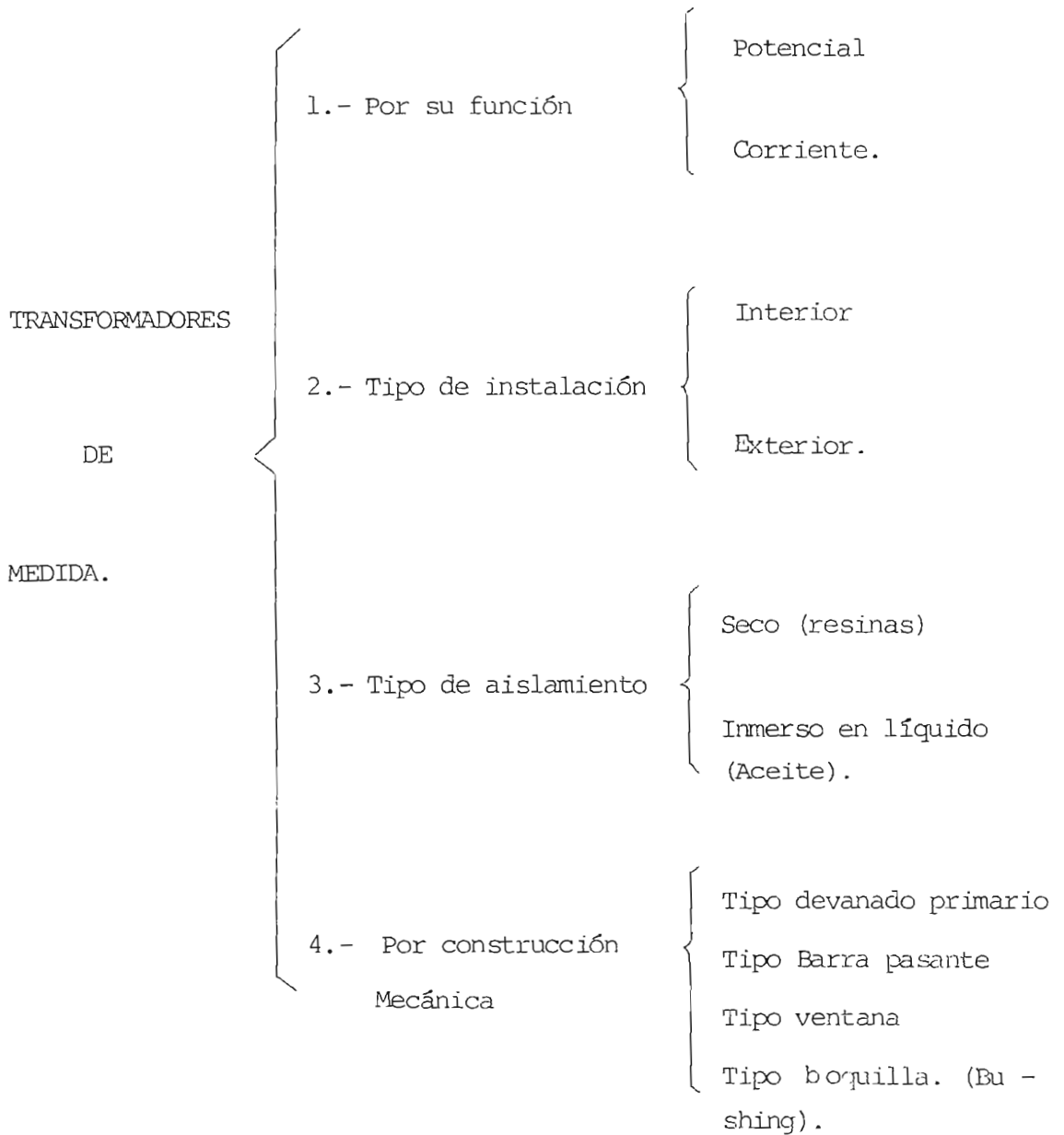
Este tipo es esencialmente útil en vista de que puede utilizarse con diferentes relaciones de transformación, si al primario se incrementa el número de vueltas a través de la "ventana" del transformador.

Un transformador de relación 200:5 puede ser aprovechado como de relación 100:5 si en lugar de pasar una vez el conductor por la ventana del transformador se colocan dos espiras.

El transformador de corriente de tipo barra, es similar al tipo ventana, con la diferencia que el fabricante provee una barra pasante como parte del transformador y tiene su secundario aislado y fijo al núcleo.

C U A D R O I I I . 1

CLASIFICACION DE TRANSFORMADORES DE MEDIDA



3.2.1. TRANSFORMADORES DE TENSION .-

FUNCIONAMIENTO.-

La función del transformador de tensión es producir en su lado secundario un voltaje aplicable a las bobinas de tensión de los medidores, que guarde una proporcionalidad con el voltaje primario aceptable, de igual manera la relación del ángulo de fase entre el lado primario y secundario, debe ser aceptable, el primario de los transformadores de potencial se conecta en paralelo con el circuito que se quiere medir la tensión, al lado secundario también en paralelo, van las bobinas de los equipos de medición.

Cualquier variación de la tensión primaria, origina una variación de la tensión secundaria y por ende la tensión aplicada a las bobinas de tensión del medidor, que por tener alta impedancia originan pequeñas corrientes no mayores a las que producen el efecto de la corriente de excitación.

En un transformador de potencial ideal, el voltaje secundario es proporcional al primario en la relación del número de vueltas y opuesto en fase al primario (dependiendo de la designación de referencia). Sin embargo en la realidad, el voltaje secundario es cercanamente igual al voltaje primario dividido por la relación de número de espiras $\frac{N_1}{N_2}$; debido a las pérdidas en el hierro impedancia de dispersión

o la corriente de excitación que se requiere para la magnetización en el circuito magnético.

Las caídas de tensión debido a la corriente de excitación y corriente de carga I_2 , originan que el voltaje secundario sea menor y ligeramente fuera de fase (γ) que el voltaje primario como puede apreciarse del diagrama vectorial de la Fig. III-8 en la cual para una mayor facilidad de apreciación se ha tomado una relación : 1:1 y se han exagerado las magnitudes de los vectores de corriente y caída de tensión. Un transformador de potencial puede ser analizado con suficiente seguridad a partir del diagrama vectorial indicado.

Del diagrama se puede analizar que, la carga secundaria (magnitud y factor de potencia) tiene un efecto pronunciado en la precisión con que el voltaje secundario representa al primario.

Las impedancias propias del transformador y sus pérdidas, la caída -

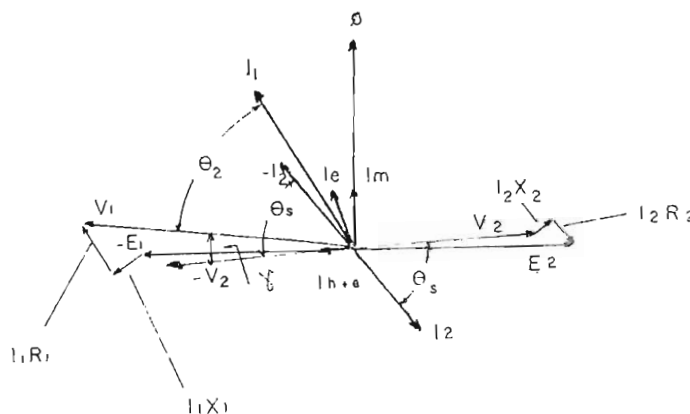


FIGURA III-8
Diagrama vectorial del transformador de tensión.

de voltaje debido a la corriente de excitación I y la corriente de carga I_2 , producen un voltaje secundario ligeramente menor para factores de potencia atrazados generalmente usuales, y, ligeramente fuera de fase con el voltaje primario.

Hay por tanto 2 errores en la medición producidos por el transformador de tensión, uno debido a la desviación de la relación verdadera a la relación de placa llamada "error de relación" y otro debido al desplazamiento de voltaje secundario invertido con respecto al voltaje primario o "error de ángulo de fase".

La influencia del error de la relación y ángulo de fase para un valor particular de voltaje primario y carga secundaria, determina la precisión del transformador a esa condición de voltaje primario y carga secundaria. Esta influencia varía directamente con la carga secundaria conectada, y puede ser minimizada haciendo bajas las reactivancias y resistencias de los devanados. En los transformadores modernos, los errores de relación y ángulo de fase son generalmente pequeños dentro del rango de capacidad nominal del transformador, la precisión del transformador permanecerá constante a lo largo del tiempo de funcionamiento si no se producen en él fallas eléctricas o desperfectos mecánicos.

3.2.2. TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD

FUNCIONAMIENTO. -

El transformador de intensidad se lo conecta en serie con la línea, y su función es producir una corriente secundaria que conserva una estrecha relación con la corriente primaria, al circuito secundario se conectan los medidores y otros equipos. En algunos casos la corriente primaria puede estar dentro de los rangos de utilización indicados, sin embargo, puede ser necesario el uso de transformadores de corriente para aislar el circuito primario del circuito al que es tán conectados los instrumentos, si en el circuito primario se usan altas tensiones. Así mismo, aunque el voltaje primario se encuentre dentro de los límites aceptables, (240 voltios) la magnitud de la corriente puede exceder la capacidad de los instrumentos. En ambos casos es necesario la aplicación de transformadores de corriente, los cuales producen pequeñas corrientes para alimentar a los medidores siempre conservando una proporcionalidad aceptable y una relación de ángulo de fase también aceptable.

En un transformador de corriente, la corriente primaria es determinada por la carga medida y no es influenciada por la carga secundaria, la densidad de flujo y la corriente de excitación son variables y son determinadas por la corriente primaria y la carga secundaria.

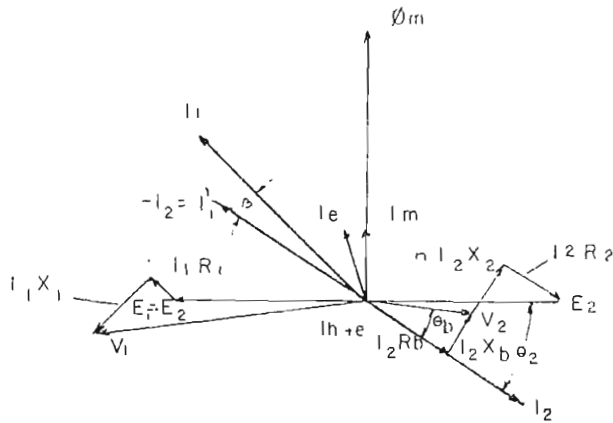


FIGURA III - 9

Diagrama vectorial para un transformador de intensidad

En el transformador de corriente los amperios vueltas primarios pueden ser considerados como compuesto de dos partes, una pequeña parte que sirve para magnetizar el núcleo y suplir sus pérdidas y otra parte que alimenta a la corriente de trabajo, estos últimos son siempre exactamente iguales a los amperios vueltas secundarios.

Si la corriente de excitación I_e podría reducirse a cero, los amperios vueltas secundarios podrían ser iguales a los amperios vueltas primarios y estar en fase (desfasados exactamente 180°). El transformador entonces podría producir una corriente en el medidor que bajo todas las condiciones sea proporcional a la corriente de línea.

La figura III-9 indica una desviación de la verdadera relación de vueltas o el error de relación, una vez que el vector I_2 no es exactamente igual en longitud al vector I_1 si la relación es $1 : 1$ y también demuestra una desviación o desplazamiento del ángulo de fase, ya que el vector I_2 no está exactamente opuesto en ángulo al vector I_1 .

Estas alteraciones que producen los errores son causados por las pérdidas en el hierro, por esta razón los transformadores son construídos de tal manera que la densidad de flujo y las pérdidas resultantes sean bajas.

Si la corriente de excitación decrece exactamente en proporción al decrecimiento de I_1 todos los vectores de la figura III-9 decrecerían en la misma relación, sin embargo esto no ocurre como puede verse en la figura III-10.

Así el error de relación y ángulo de fase varían con la corriente primaria tanto como con la corriente secundaria. Es posible compensar los errores de relación añadiendo devanados adecuados o con núcleos especiales de níquel cadmio.

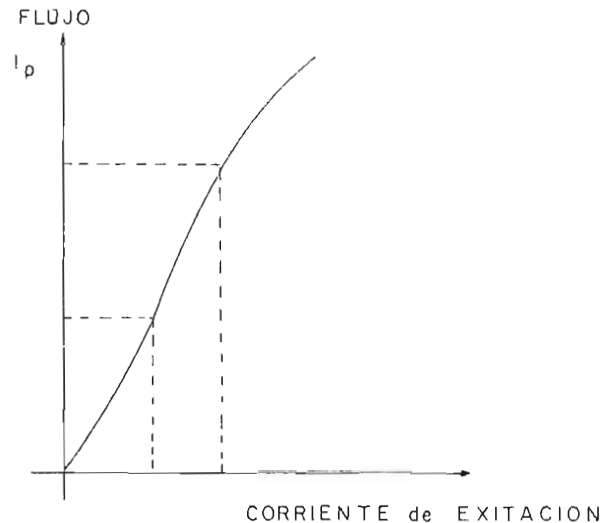


FIGURA III - 10
Curva típica de la corriente de excitación.

En los diseños modernos se consigue la compensación para todos los valores de corriente primaria y carga secundaria dentro de un rango especificado.

La suma del error de relación y el ángulo de fase a un valor particular de corriente primaria y secundaria determina la precisión de un transformador de corriente a esa condición de corriente primaria y carga secundaria.

INFLUENCIA DE LOS TRANSFORMADORES DE INTENSIDAD Y TENSION EN LA
PRECISION DE LA MEDICION

Los valores del error de relación y ángulo de fase causan errores en la medición cuando los transformadores de medida son usados en conexión con medidores de energía.

Usualmente esos errores son puestos en forma de factores por los cuales deben multiplicarse las lecturas para obtener los valores verdaderos o correctos, estos factores se llaman "factores de corrección". Sin embargo en los transformadores de medida actuales, los errores son despreciados por ser muy pequeños, en la generalidad de los casos no es necesario tomarlos en cuenta sino solamente donde se desean resultados muy precisos.

FACTOR DE CORRECCION DEL ERROR DE RELACION .-

Como se vió anteriormente el error de relación para los transformadores de tensión o corriente es la diferencia entre la relación verdadera de tensión o corriente, bajo una condición de servicio y la

relación de placa dado por el fabricante.

Si la relación verdadera es mas grande que la relación de placa, la cantidad real secundaria es menor que la indicada por la relación de placa y un medidor conectado al secundario puede dar una lectura mas baja si se considera solamente la relación de placa. Similamente si la relación real es mas baja que la de placa la lectura del medidor será proporcionalmente mas alta.

El factor por el cual hay que multiplicar la relación de placa de un transformador de medida para obtener la relación verdadera es llamado "factor de corrección de relación". FCR. El FCR es también el porcentaje de registro al cual el medidor debe ser ajustado para que la lectura sea correcta. El error de relación es igual a : $FCR - 1$.

Si la relación verdadera es mayor que la relación de placa, el FCR será mayor que 1 y viceversa.

Por ejemplo si un transformador tiene un $FCR = 1.005$, el error de relación es $+ 0.005$ y el transformador puede dar una lectura mas baja que estaría dado por $(\frac{1}{1.005} - 1) \times 100$, o sea 0,5 y para propósitos prácticos la lectura del medidor debe ser corregido o ajustado a 100.5% de registro.

Cuando se usan transformadores de tensión y corriente para la medi -

ción el factor de corrección combinado es :

$$FCR_K = FCR_E \times FCR_I$$

Donde FCR_K = Factor de corrección de relación combinado

FCR_E = Factor de corrección de relación del transformador de tensión.

FCR_I = Factor de corrección de relación del transformador de intensidad.

FACTOR DE CORRECCION DEL ANGULO DE FASE.-

El ángulo de fase en un transformador de potencial es el ángulo entre el vector voltaje primario y el voltaje secundario invertido y se lo designa con la letra γ .

El ángulo de fase en un transformador de corriente es el ángulo entre el vector de corriente primario y el vector de corriente secundario invertido designándose con la letra β , el cual se considera positivo cuando el vector del lado secundario invertido, adelanta al vector primario y se da usualmente en minutos.

El factor por el cual se debe multiplicar la lectura del contador conectado a los transformadores de medida para corregir el desplazamiento del ángulo de fase se denomina el factor de corrección del ángulo de fase FCAF. El FCAF es también el porcentaje de registro al cual el

medidor debe ser ajustado, para corregir el ángulo de fase a una carga y factor de potencia dados.

Una vez que se tiene por convención un signo para ángulos δ y β , el ángulo del factor de potencia se considera positivo cuando el vector de corriente atrasa al vector voltaje y viciversa.

La figura III.11 demuestra el diagrama vectorial para un transformador de potencial cuando es usado solamente con medidores, δ , es el ángulo

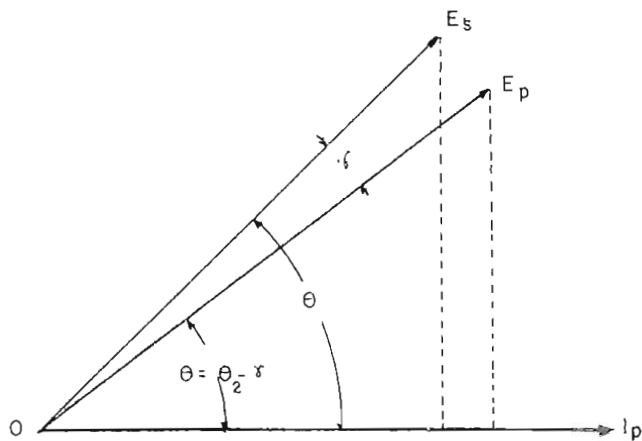


FIGURA III. 11

Efecto del desplazamiento del ángulo de fase en un t. de potencial.

gulo de fase positivo una vez que el vector secundario de tensión invertido adelanta al vector primario de tensión, θ es el ángulo de factor de potencia de la carga medida y θ_2 es el ángulo entre el vector secundario y la corriente que se mide, y, es llamado ángulo de factor de potencia aparente, la diferencia entre θ_2 y θ es muy pequeña y para los cálculos del FCAF puede ser realizado sin ningún error si se los considera iguales.

La figura III-12 demuestra un diagrama vectorial para un transformador de corriente cuando se lo utiliza para medir energía.

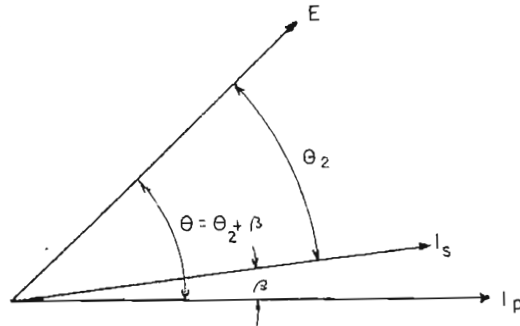


FIGURA III-12
Efecto del desplazamiento del ángulo de fase para un t. de corriente.

La figura III demuestra el diagrama vectorial para corrientes y tensiones cuando se aplican a la medición, transformadores de corriente y tensión. En el caso de aplicar solo transformadores de tensión el ángulo verdadero de factor de potencia es $(\theta_2 - \delta^1)$, y $(\theta_2 + \beta)$ cuando se usa solo transformadores de corriente. El ángulo verdadero cuando se aplican los dos conjuntamente es $(\theta_2 + (\beta - \delta^1))$ por tanto el FCAF para cuando se aplican los 2 transformadores será igual a la relación entre el factor de potencia verdadero y el aparente o sea.

$$\text{FCAF}_k = \frac{\text{Cos } (\theta_2 + \beta - \delta^1)}{\text{Cos } \theta_2}$$

El factor de corrección total en el que se incluyen los 2 errores para los 2 transformadores se llama "factor de corrección de los transformadores o "FCT" . El FCT es el factor por el cual se debe multiplicar la lectura de los medidores para corregir los efectos

de error de relación y ángulo de fase para los transformadores de tensión y corriente, este factor también puede ser llamado factor de corrección final y es dado por :

$$FCF = FCT = FCR_k \times FCAF_k$$

Como el factor de corrección final es el producto de los factores de corrección del ángulo de fase y factor de corrección del error de relación, es notorio que existe la posibilidad de que los efectos de cada uno sean balanceados produciéndose un factor de corrección mínimo para un amplio rango de medidas.

AJUSTES QUE PUEDEN REALIZARSE EN LOS MEDIDORES PARA COMPENSAR LOS
ERRORES DE LOS TRANSFORMADORES..

La aplicación de los factores de corrección para determinar el porcentaje de ajuste que debe ser realizado en los medidores generalmente son innecesarios para la totalidad de los casos de registro de energía en los servicios que comprenden el estudio de esta tesis, una vez que errores de $\pm 2\%$ en el consumo son internacionalmente aceptados en el registro de los medidores, los cuales pueden conseguirse si se toma en cuenta en la selección de los transformadores de medida, la precisión de los mismos, de acuerdo a las condiciones requeridas y si las cargas secundarias no exceden el valor del diseño.

Sin embargo cuando grandes cantidades de energía son registradas por el medidor, con los datos proporcionados por el fabricante pueden determinarse los ajustes que deben ser realizados en el medidor, si se desea una gran precisión. Los ajustes normalizados que se realizan en un medidor son : (2)

a plena carga	100%	In	Fp = 1
a carga liviana	10%	In	Fp = 1
a plena carga	100%	In	Fp = 0,5

Los cálculos pueden realizarse como se señala en el cuadro III-2.

Los límites de factores de corrección de errores para transformadores de medida determinados por la ASA se dan a continuación, estos a su vez determinan la precisión que deben tener los transformadores para ser utilizados.

TABLA III - 1
LÍMITES DE FACTORES DE CORRECCION

PRECISION PARA MEDIDA DE ENERGIA.	TRANSFORMADORES DE POTENCIAL a \pm 10% DEL VOLTAJE NOMINAL.		TRANSFORMADORES DE CORRIENTE			
	Mínimo	Máximo	a 10%	In	a 100%	In
0.3	0,997	1.003	0,994	1.006	0,997	1.003
0.6	0,996	1.006	0,988	1.012	0,996	1.006
1.2	0,988	1.012	0,976	1.024	0,998	1.012

C U A D R O III - 2

CALCULO DE AJUSTES DEL MEDIDOR				
<u>D E S C R I P C I O N</u>	C A R G A			
	SIMBOLO	Liviana	Plena	Inductiva
		Factor de Potencia 1		F. Potencia 0,5 inductivo.
		10% In	100 % In.	
ANGULO DE FASE				
Transformador de corriente	β	+ 10'	- 2'	- 2'
Transformador de potencial	δ	+ 8'	+ 8'	+ 8'
Efecto combinado	$\beta - \delta$	+ 2'	- 10'	- 10'
Factor de Corrección	FCAF	1.000	1.000	1.005
R E L A C I O N				
Transformador de corriente	FCR	1.004	0.999	0.999
Transformador de potencial	FCR	0,998	0,998	0,998
Factor de corrección final	FCF	1.002	0,997	1,002
El medidor debe ser ajustado a :		100,2%	99,7%	100,2%

CARGA SECUNDARIA DE LOS TRANSFORMADORES.-

La carga secundaria de los transformadores de medida es la carga impuesta al secundario de los transformadores por : los medidores, o otros instrumentos, y los conductores, y, puede ser expresada en unidades de resistencia (Ohmios) y reactancia (Milihenry) como una impedancia , o en voltamperios a un factor de potencia especificado.

La carga secundaria de un transformador de potencial se expresa usualmente en Voltamperios a un valor particular de factor de potencia , voltaje secundario y frecuencia.

La carga secundaria de un transformador de intensidad es usualmente expresada en ohmios de impedancia a un valor particular de frecuencia con los valores de resistencia e inductancia dados, también es expresada más comunmente en voltamperios en base a la corriente secundaria generalmente 5 amperios.

Las normas ASA tienen estandarizadas las cargas secundarias para propósitos de medición, tanto para transformadores de corriente como para transformadores de tensión; las mismas se dan a continuación:

TABLA III - 2

CARGAS SECUNDARIAS NORMALIZADAS PARA TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

DESIGNACION	V . A.	LIMITES DE FACTOR DE POTENCIA
0,1	2,5	0,9
0,2	5	0,9

DESIGNACION	V. A	LIMITES DE FACTOR DE POTENCIA
0,5	12,5	0,9
0,9	22,5	0,9
1,8	45	0,9

TABLA III - 3

CARGAS SECUNDARIAS NORMALIZADAS PARA TRANSFORMADORES DE POTENCIAL.

DESIGNACION	V. A	FACTOR DE POTENCIA
W	12,5	0,1
X	25	0,7
Y	75	0,85
Z	200	0,85
ZZ	400	0,85

3.3. SELECCION DE EQUIPOS.-

Para un transformador de corriente las características que determinan su selección incluyen : la relación en términos de corriente primaria y secundaria, factor de sobrecarga térmica, clase de aislamiento, nivel de tensión de impulso. (BIL), frecuencia, clase de precisión a carga secundaria, frecuencia y corriente determinados conjuntamente con corriente límite dinámica y térmica.

Para un transformador de tensión las características que determinan la selección son : el voltaje primario nominal, relación de transformación , clase de aislamiento y nivel de la tensión de impulso (BIL)

frecuencia de operación, clase de precisión a carga secundaria, voltaje y frecuencia determinados conjuntamente con la capacidad nominal continua.

La clase de aislamiento representa el voltaje de línea del sistema para el cual el transformador de medida ha sido diseñado para operar y no representa el voltaje línea a neutro para operación continua. Por ejemplo un transformador de clase 15 Kv es diseñado para operar en sistemas de 13.8 Kv ó 13.2 Kv, pero no es diseñado para trabajar en un sistema de 24.000 voltios que tienen entre su fase y el neutro 13.800 Voltios.

El nivel básico de aislamiento lo dan las normas correspondientes, para los diferentes voltajes utilizados en suministro de energía, tenemos la tabla siguiente tomando de la norma ANSI C57 B.

VOLTAJE NOMINAL DEL SISTEMA (KV).	MAXIMO VOLTAJE LINEA A TIERRA KV.	BIL (KV)
0,6	0,38	10
2,4	1,53	45
13,8	8,9	95 ó 110
25	16	125 ó 150
34, 5	22	150 ó 200
46	29	250
69	44	350

La determinación de la carga secundaria debe realizarse de acuerdo a los instrumentos conectados, esto es importante ya que la precisión -

del transformador es función de la carga secundaria, si por ejemplo se van a conectar un contador de energía activa, uno de reactiva, y un amperímetro localizados a una distancia de 15 mts. alimentados con un conductor N° 12 AWG de cobre. De los datos de fabricación se toma los valores de watos y vars correspondientes a los instrumentos y el cálculo se realiza como en el cuadro que sigue :

INSTRUMENTOS	WATIOS	VARs
Contador de energía reactiva	0,8	0,8
Contador de energía activa	0,31	0,42
Amperímetro	1,5	0,9
100 mts. de conductor N° 12	4,00	-
TOTAL :	6,61	2,12

$$VA = \sqrt{(6.61)^2 + (2.12)^2} = 6,94 \text{ VA.}$$

El transformador seleccionado sería clase B 0,5 o sea de 12,5 VA, una vez que el clase V 0,3 solo tiene 5 VA. (Tabla III-2).

PROCESO DE SELECCION .-

TRANSFORMADOR DE INTENSIDAD.-

En la selección deben seguirse los siguientes pasos :

1.- Fijar la corriente nominal primaria

$$I_n = \frac{\text{Potencia aparente trifásica}}{\text{Voltaje de línea} \sqrt{3}} \quad (\text{A})$$

Si se toma en cuenta el factor de sobrecarga térmico los rangos de co-

corriente pueden ser mucho mayores.

- 2.- Fijar la corriente nominal secundaria, generalmente 5 Amp.
- 3.- Fijar la carga secundaria.

La potencia elegida no debe exceder a la potencia calculada por un margen muy amplio, ya que, los errores de los transformadores de corriente pueden sobrepasar los valores máximos para potencias muy reducidas (menores que 1/4 de la nominal), a parte de que el tamaño y costo aumentan con la potencia nominal.

- 4.- Fijar la exactitud .

Para este efecto 0.3 % (según Norma ANSI C 57-13).

- 5.- Elegir el tipo de montaje o ejecución (barra pasante, ventana etc.).
- 6.- Elegir el tipo : interior o exterior.

TRANSFORMADORES DE POTENCIAL.-

- 1.-Fijar el voltaje primario y el tipo de conexión a utilizarse.
- 2.- Fijar el voltaje nominal secundario (generalmente $100-120/\sqrt{3}$ Voltios)
- 3.- Fijar la potencia del transformador o carga secundaria.
- 4.- Fijar la clase de exactitud (0.3%)
- 5.- Elegir el tipo de montaje : interior o exterior

Los factores anteriores se resumen en los cuadros III - 3 Y III - 4.

TRANSFORMADORES DE CORRIENTE

=====

REQUERIMIENTOS GENERALES

NORMA DE REFERENCIA _____

CLASE DE AISLAMIENTO O VOLTAJE DE SERVICIO _____ KV.

NIVEL BASICO DE AISLAMIENTO _____ KV.

INTERIOR () EXTERIOR () TROPICALIZADO ()

FRECUENCIA _____ Hz

CORRIENTE PRIMARIA _____ Amp. C. SECUNDARIA _____ Amp.

CARGA SECUNDARIA _____ VA.

CLASE DE PRECISION _____

FACTOR DE SOBRECARGA TERMICA _____

ACCESORIOS EN TRANSFORMADORES A BAJO VOLTAJE

ACCESORIOS DE MONTAJE ()

BARRA DE COBRE () (En tipo de barra)

DIAMETRO DE LA VENTANA () (En tipo ventana)

CAJA DE TERMINALES A PRUEBA DE AGUA ()

TEMPERATURA DE OPERACION.

C U A D R O I I I - 4

TRANSFORMADORES DE TENSION

REQUERIMIENTOS GENERALES

NORMA DE REFERENCIA _____

CLASE DE AISLAMIENTO _____ KV.

NIVEL BASICO DE AISLAMIENTO _____ KV.

INTERIOR () EXTERIOR () TROPICALIZADO ()

FRECUENCIA _____ HZ.

VOLTAJE PRIMARIO _____ VOLTIOS

VOLTAJE SECUNDARIO _____ VOLTIOS

RELACION DE PLACA _____

SISTEMA : SOLIDAMENTE PUESTO A TIERRA ()

NO PUESTO A TIERRA ()

C A P I T U L O I V

CONTRASTACION DE MEDIDORES. -

La prueba o contraste del medidor es necesaria para establecer que el aparato ha sido ajustado inicialmente y también para confirmar su precisión durante los años de servicio, es decir el contraste de los contadores en una empresa eléctrica se requiere cuando el medidor ha sido adquirido, o sea antes de su instalación y luego de un período de años que el medidor se encuentra en funcionamiento.

El contraste o determinación de la exactitud con el cual el medidor registra la energía, determina los ajustes requeridos para que el error quede establecido, dentro de los valores dados por las normas correspondientes.

Cuando se realiza una adquisición de medidores, estos son ajustados en la respectiva fábrica y a su recepción estos deben ser verificados totalmente o por muestreo, en los laboratorios propios de la empresa o en los bancos de prueba del fabricante.

El método más común de verificación es el de comparación. El medidor bajo prueba es comparado con un equipo de precisión para una carga dada.

Existen dos métodos usuales para la contrastación de los contadores:

- 1.- Método denominado de "Medidor Patrón" .
- 2.- Método por vatímetro patrón y cronómetro.

4.1. CONTRASTE POR CONTADOR PATRON.-

El contraste por medidor patrón puede ser realizada en forma "individual" o por verificación en conjunto o " En masa".

METODO INDIVIDUAL.-

El contador patrón es un instrumento de medición de energía expresamente construido para realizar contrastes de los medidores en el sitio de instalación, por lo cual se caracteriza por su fácil transporte y gran flexibilidad para variar las tensiones e intensidades de prueba, las que generalmente son 110, 208, 240, 380 voltios y 1,5, 7.5, 15 y 30 amperios. Además el patrón permite realizar el contraste de medidores monofásicos, bifásicos y trifásicos.

El medidor patrón mas utilizado está provisto de 3 diales, que pueden dar lecturas de decenas, unidades y $\frac{1}{100}$ de revolución del disco, y dispone de un pulsador que permite su arranque o parada, además de otro que encera el aparato. Se puede también tomar lecturas directamente en Kw-h cuando se realiza la prueba de "larga duración", la contras

tación en este caso es la comparación directa de las lecturas de kw-h del patrón y del medidor en prueba.

PROCEDIMIENTO. -

Con un circuito como el indicado en el esquema de la figura IV-1 se procede así :

- 1.- Se aplica la misma carga al medidor patrón y al medidor en prueba
- 2.- Se permite que el disco del contador en prueba gire un número de -

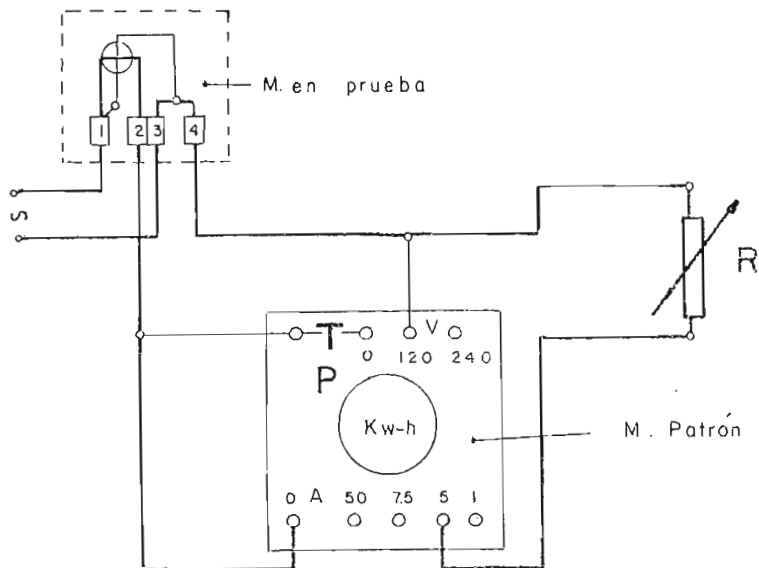


FIGURA N° 1

terminado de vueltas.

- 3.- Se pone en movimiento el disco del patrón , mediante el interruptor "p", generalmente intercalado en el circuito de tensión.
- 4.- Cuando el medidor en prueba ha dado un número determinado de vueltas se para el patrón. (8)

La carga aplicada a los medidores puede ser determinada con el uso de un cronómetro, tomando el valor de tiempo durante el cual el patrón efectúa un número determinado de revoluciones.

Conociendo la constante C del medidor la potencia aplicada está dada por la fórmula :

$$P = \frac{3.600}{C.t.} \quad (\text{kw})$$

Donde C = constante el contador que determina el número de revoluciones del disco por cada kw-h.

t = tiempo que se requiere para que el patrón de n revoluciones

La fórmula de la potencia se puede escribir también : para los medidores norteamericanos como

$$P = \frac{kh. n. 3600}{t} \quad (\text{W}) .$$

donde Kh = constante del contador en $\frac{\text{W} - \text{h}}{\text{revolución}}$.

El error se determina partiendo de la fórmula :

$$E = \frac{W_x - W_p}{W_p}$$

Donde W_x = energía registrada por el medidor en prueba

w_p = energía registrada por el medidor patrón

$$E \% = \frac{\frac{n_x}{C_x} - \frac{n_p}{C_p}}{\frac{n_p}{C_p}}$$

$$E \% = \frac{n_x \cdot C_p - n_p \cdot C_x}{C_x \cdot C_p \cdot \frac{n_p}{C_p}} \cdot 100$$

$$E \% = \frac{n_x \cdot C_p - n_p \cdot C_x}{C_x \cdot n_p} \cdot 100$$

Si el medidor está bien calibrado y considerando n_{pt} como el número de vueltas que debería dar el patrón en esta condición se tendrá :

$$n_x \cdot C_p = n_{pt} \cdot C_x$$

o sea el error = 0

De modo que puede escribirse

$$E \% = \frac{n_{pt} C_x - n_p C_x}{n_p}$$

De donde resulta la fórmula para el cálculo del error

$$E \% = \frac{n_{pt} - n_p}{n_p} \times 100$$

$$\text{donde } n_{pt} = \frac{n_x C_p}{C_x}$$

El cálculo demostrado es para medidores de tipo europeo, en medidores que tienen su constante normalizada ASA como son los procedentes de U.S.A y Canadá, para la aplicación de estas fórmulas se debe convertir kh en c.

$$C = \frac{1.000}{K h} \quad \left(\frac{\text{Rev}}{\text{Kw-h}} \right)$$

PRUEBAS QUE DEBEN REALIZARSE EN LOS CONTADORES.-

Para la verificación de los contadores en general debe seguirse el siguiente orden de pruebas. (Norma INEN 280).

- 1.- Determinación del error con carga nominal y factor de potencia = 1
- 2.- Determinación del error con carga liviana (10% de la nominal) y $\text{Cos } \emptyset = 1$.
- 3.- Determinación del error con carga nominal a factor de potencia 0.5 inductivo
- 4.- Comprobación de la marcha en vacío es decir aplicando solamente tensión al medidor.
- 5.- Comprobación de la corriente de arranque del contador que generalmente se toma un valor no superior a 0,8 % de la corriente nominal.

La calibración de un medidor monofásico puede realizarse con varias verificaciones consecutivas y ajustes, generalmente 3 o más, o siguiendo

el proceso que se detalla a continuación.

MEDIDOR MONOFASICO. -

- 1.- Determinar el error en plena carga sin realizar ningún ajuste.
- 2.- Determinar el error a carga liviana (10% In) y por medio del ajuste de carga liviana, calibrar el medidor de manera que tenga el mismo error en carga liviana como el que se determinó en carga plena.
- 3.- Ajustar el dispositivo de plena carga para dejar al medidor dentro de un error de $\pm 2\%$.
- 4.- Determinar el error a carga liviana. Si se encuentra dentro del $\pm 2\%$ el medidor está calibrado en caso contrario se debe ajustar a $\pm 2\%$.
- 5.- Repetir el paso 3.
- 6.- Repetir el paso 4
- 7.- Verificar que el medidor está calibrado dentro del $\pm 2\%$, tanto en plena carga como en carga liviana.
- 8.- Aplicar al medidor plena carga a f.p = 0.5 y determinar si el error está dentro de $\pm 3\%$ de error. Cuando el medidor se encuentra con un error mayor al $\pm 5\%$ los ajustes que deben realizarse, pueden cambiar las calibraciones de carga plena y carga liviana, por tanto en este caso puede ser necesario repetir los pasos 1 a 7.
- 9.- Aplicar solo tensión al medidor de manera que se pueda verificar el arrastre (El medidor no debe dar una vuelta completa en mas de 15 minutos).

MEDIDOR BIFASICO.-

- 1.- Realizar los pasos de 1 a 4 para cada uno de los estatores energizando solo el un estator a la vez.
- 2.- Conectando los circuitos de intensidad en oposición y aplicando tensión a las bobinas del medidor, ajustar los tornillos de balanceo de los estatores de tal manera que los torques se anulen y el medidor no se mueva.
- 3.- Conectando normalmente la bobina de corriente de manera que los torques se sumen, calibrar el medidor dentro del $\pm 2\%$.
- 4.- Con los 2 estatores energizados verificar y contrastar el ajuste a carga liviana.
- 5.- Energizando un solo estator a la vez aplicar plena carga a f.p 0.5 calibrar para cada vez dentro del $\pm 0.3\%$
- 6.- Energizando las bobinas de tensión de ambos estatores, chequear el arrastre y luego la corriente de arranque.

MEDIDORES TRIFASICOS.-

- 1.- Conectando el medidor normalmente determinar el error a plena carga
- 2.- con carga liviana calibrar el medidor en cada estator para que tenga el mismo error que a plena carga.
- 3.- Conectando los circuitos de intensidad de los estatores 1 y 2 en oposición y a plena carga, ajustar los tornillos de balanceo de tal manera que los torques se anulen.

- 4.- Balancear los estatores 2 y 3 ajustando sólo el correspondiente al estator 3.
- 5.- Con el medidor a plena carga calibrar el mismo dentro de $\pm 2\%$ conectando las bobinas de corriente de tal manera que los torques se sumen.
- 6.- Dejando el medidor completamente energizado contrastar a carga liviana para asegurar que se encuentre dentro del $\pm 2\%$.
- 7.- Calibrar individualmente cada estator a plena carga y a factor de potencia 0.5, dentro del $\pm 3\%$.
- 8.- Energizando los circuitos de tensión solamente, chequear que el disco no gire más de una vuelta completa.
- 9.- Verificar la corriente de arranque.

MEDIDOR DE 2 1/2 ESTADORES-

El medidor de 2 1/2 estatores o en conexión "Z" se lo calibra como un medidor monofásico de 120/240 voltios y de un medidor monofásico de 240 voltios individuales. (II)

VERIFICACION EN CONJUNTO.-

La verificación en conjunto puede utilizarse cuando se trata de contrastar varios medidores de la misma marca, modelo y características, en serie, con pruebas de larga duración, este método está basado en la comparación de las lecturas de los registradores con la energía registrada por el patrón, este método requiere de períodos largos de prueba a veces varios días, permite verificar cantidades apreciables de medidores, y podría ser aprovechado en recepción de medidores nuevos.

Para verificar medidores en "conjunto" o en "masa", se conecta en serie todos los medidores conjuntamente con el patrón, y se aplica cargas determinadas según las normas, 10% I y 100% I a factor de potencia 1 y 100% I a $\cos 0,5$, durante un tiempo prolongado, luego del cual se determinan los errores de los medidores en base de la comparación de la energía registrada por cada uno de ellos y el valor indicado por el patrón.

El valor del error será entonces

$$E = \frac{W_x - W_p}{W_p}$$

donde W_x = energía registrada por cada medidor en prueba

W_p = energía registrada por el patrón.

El verdadero consumo de energía se obtiene multiplicando la diferen -

cia entre las lecturas del contrastador por la constante propia del rango particular usado: Si el medidor en prueba está libre de fallas, este debería indicar la misma energía consumida que la dada por la lectura del contrastador.

Si el promedio del error determinado excede el $\pm 2\%$, el medidor bajo prueba debería ser recalibrado.

INSTRUCCIONES GENERALES DEL METODO .-

El manejo de los contadores patrón, tanto en el transporte como en la conexión, ubicación y manipuleo durante el contraste debe realizarse con mucho cuidado. El patrón no debe colocarse cerca de conductores por los cuales circulan altas corrientes, por que los campos magnéticos de las mismas influyen sobre su exactitud. De igual manera no debe ubicarse cerca de grandes masas de hierro.

El contraste por medidor patrón es menos sensible a las variaciones de carga aplicada para la verificación.

ERRORES PROPIOS DEL PATRON.-

Como los errores del patrón son muy pequeños, especialmente si es del tipo alta precisión, los errores calculados por este método pueden ser considerados como los errores del medidor bajo prueba.

Si las medidas requieren gran precisión, los errores propios del patrón pueden ser tomados en cuenta. El número de revoluciones leídas en el contador de revoluciones del patrón deben ser conseguidos de acuerdo al propio error del aparato.

Para este propósito, el error a una carga dada, debe tomarse de las pruebas especificadas para cada patrón, una buena aproximación se consigue añadiendo los errores del patrón a esa carga en %, la fórmula para el cálculo del error estaría dada entonces por :

$$\% = \frac{n_{pt} C_x - n_p C_p}{n_p C_x} \times 100 + E \text{ en } \%$$

E % = errores del patrón.

En los errores propios del contador patrón debe tomarse en cuenta obviamente el signo positivo o negativo.

En algunos casos el número de revoluciones corregido del patrón se da por :

$$N_c = \frac{100}{100 \pm E_p} \times n_p$$

Donde N_c = Revoluciones del patrón después de admitir su error

E_p = error del patrón obtenido de las especificaciones dadas por el fabricante (signo positivo para errores positivos).

Entonces la fórmula del error estaría dada por :

$$\% = \frac{n_{pt} C_x - N_c C_p}{N_c \cdot C_x} = 100$$

ó

$$\% = \frac{n_{pt} - N_c}{N_c} \times 100$$

4.2. CONTRASTE POR VATÍMETRO PATRON Y CRONOMETRO.-

En este caso, el instrumento de precisión para el contraste es 1,2 o 3 Vatímetros, generalmente de clase 0.5 y un cronómetro con el que pueden medirse hasta décimas de segundos.

Este método consiste en aplicar una carga conocida y fijada por el vatímetro patrón, y, partiendo de la constante del medidor se puede de - terminar si el medidor es lento o rápido, tomando el tiempo que el - disco de medidor en prueba tarda en dar un determinado número de revo - luciones.

En el contraste con vatímetro y cronómetro se debe tomar un "término medio" de carga. Observando las indicaciones de los instrumentos du - rante el tiempo mientras se cuentan las revoluciones del disco.

Pequeñas variaciones de la carga pueden ocasionar errores en el con - traste por lo cual es conveniente tomar en cuenta las fluctuaciones - de voltaje. Las variaciones de la carga son evitadas por medio de - la utilización de bancos de prueba equipados con "cargas ficticias re

gulables.

PROCEDIMIENTO. -

Conociendo la constante C_x del medidor en prueba expresada en $\frac{(\text{rev})}{\text{kw-h}}$ y la potencia P medida en el vatímetro en vatios, se calcula el tiempo teórico o tiempo nominal que debe tardar el disco en efectuar un número n de vueltas.

El tiempo teórico se da por la siguiente fórmula :

$$t_t = \frac{N_x \cdot 1000 \cdot 3600}{C_x \cdot P}$$

Donde N_x es el número de vueltas del instrumento a contrastar.
 C_x la constante del instrumento a contrastar.
 P la potencia indicada por el vatímetro que debe mantenerse rigurosamente constante.

Como al igual que en el método del contador patrón, se requieren realizar las cinco pruebas básicas: de plena carga, carga reducida a $\text{Cos } \varnothing = 1$ y plena carga a $\text{Cos } \varnothing 0,5$ es necesario también montar en el circuito a más del vatímetro, un amperímetro y un voltímetro para medir la potencia aparente y poder calcular de esta forma el factor de potencia de la instalación, para la determinación del error que tiene en

cuenta solo la indicación del vatímetro. Las variaciones del factor de potencia se consiguen en un tablero de pruebas especialmente construido para éste efecto.

El tiempo teórico de un medidor puede expresarse entonces por la siguiente fórmula :

$$t_t = \frac{3,6 \cdot 10^6}{Cx. V_{fn} \cdot I \cdot \cos \phi \cdot N}$$

donde V_{fn} = voltaje fase neutro (Voltios).

$N = 1, 2$ ó 3 para medidores monofásicos bifásicos y trifásicos.

I = Intensidad nominal (Amp.)

El error se determina entonces por la siguiente fórmula

$$E \% = \frac{t_t - t_m}{t_m}$$

donde t_m es el tiempo medido.

Este método es de buena exactitud aunque tiene el inconveniente de ser aplicable individualmente de modo que se puede comprobar un medidor a la vez.

Por ser un método de alta precisión, lo cual depende de la precisión de los instrumentos utilizados, este permite realizar la verificación

y contraste de los medidores patrón utilizados en el método anterior y en casos especiales como son grandes consumidores o medidores que registran intercambio de energía, en vista de que pueden conseguirse exactitudes en el ajuste de hasta el 0,02%.

Quando se tiene que verificar varios contadores de suministro, los cuales tienen las mismas características : modelo, marca etc, se puede utilizar una variante del método del vatímetro patrón. Este método se basa en la comparación visual simultánea de las velocidades de los discos de los medidores en prueba y un medidor similar previamente contrastado y verificado.

El número de medidores que pueden ser contrastados a la vez varía entre 10 y 16, en este sistema se utiliza las marcas que tiene el disco en su periferie y se realiza de la siguiente manera: conectando en serie todas las bobinas de corriente y en paralelo las bobinas de tensión se colocan los discos de los medidores con sus marcas en un punto referencial de manera que queden visibles, aplicándose entonces condiciones de prueba.

Se procede así :

- 1.- Al aplicar una tensión de 120 a 125% de la nominal, los discos no deben moverse, en caso contrario, se realizan los ajustes necesarios.
- 2.- Se vuelven a colocar los discos en sus posiciones iniciales y se aplican las cargas de :

$$100 \% \quad I n a \cos \emptyset = 1$$

$$10 \% \quad I n a \cos \emptyset = 1$$

$$100 \% \quad I n a \cos \emptyset = 0.5$$

Se permite girar el disco patrón 20 vueltas cuando se aplica el 100 % de In; 2 vueltas para 10% In y 5 para 100% In con f.p = 0.5. Al terminar la última revolución se desconecta el circuito de tensión y se verifican las posiciones de los discos de los medidores en prueba . Los errores serán positivos si el disco del medidor queda adelantado respecto al del patrón y viciversa. Por tener el disco 100 divisiones, las lecturas de los errores son directos, es decir cada línea o marca representa el 1% en más o menos. Actuando sobre los dispositivos de ajuste de plena carga, carga liviana y factor de potencia, se ajustan los medidores para que queden dentro de los límites establecidos.

3.- Por último se verifica la corriente de arranque aplicando 0.8% de la corriente nominal.

4.3. BANCO DE PRUEBAS-

En una empresa eléctrica la contrastación y mantenimiento de medidores debe ser realizado en un taller o laboratorio especialmente destinado para este fin, donde se tiene montado un banco de pruebas, equipos y accesorios necesarios para el cumplimiento de esta labor.

UBICACION. -

El taller de medidores debe ser ubicado en un sitio o lugar preferentemente en la implantación general de los ambientes de la empresa, uno de los requisitos básicos es que se encuentre libre de contaminación por el polvo. Puede estar constituido de uno a mas cuartos con adecuada iluminación, teniendo espacio adecuado para almacenamiento.

Además de los tomacorrientes de 120/240 voltios, el taller debe tener fuentes trifásicas para alimentación al banco de pruebas.

Debe también estar provisto de un compresor de aire necesario para la limpieza y el secado de las partes que han sido lavadas y enjuagadas en soluciones adecuadas.

El compresor de aire debe ser convenientemente ubicado fuera del taller de medidores para eliminar las vibraciones mecánicas que pueden alterar la precisión de los procesos de contrastación a mas de provocar ruido molesto.

El equipo que debería disponer un taller de medidores para la realización de su labor específica se da a continuación :

EQUIPO DE TALLER. -

El banco de pruebas o tablero de laboratorio debe incluir la carga fic

ticia y tener posibilidad de realizar la conexión de varios tipos de medidores, estar provisto además de dispositivos para conectar rápidamente el medidor patrón ; es recomendable que este tablero esté equipado de una fuente de tensión con valores entre 1.500 a 2.000 Voltios, para la medición del aislamiento de las bobinas del medidor en prueba. (según lo que establece la norma INEN 280)

De las pruebas que deben realizarse en los contadores se deduce que la mesa de contraste debe tener los siguientes equipos accesorios :

- a) Una fuente de tensión con sus respectivas salidas para obtener voltajes variables, aptos para aplicar a los medidores utilizados usualmente por la empresa, además, debe disponer de la posibilidad de obtener variaciones de voltaje en $\pm 20\%$ de las tensiones nominales para la prueba de marcha en vacío.
- b) Una fuente de corriente que permita las variaciones de carga requerida con una determinación exacta de las mismas y capaz de mantener valores de carga constante.
- c) Un dispositivo que permit variar el factor de potencia
- d) Elementos respectivos para realizar las lecturas.
- e) Patrón de laboratorio que es similar a los contadores comunes y se diferencia de los mismos en algunos aspectos que incluyen : la posibilidad de aceptar varios rangos de corriente y tensión, estar equipado con un dispositivo que encera el aparato, un freno del disco que impide su rota

tación y evita su movimiento cuando por el medidor circula solo corriente, tiene generalmente además un fusible para proteger las bobinas de corriente, todas sus bobinas son sólidamente fijadas y cuidadosamente balanceadas para asegurar su precisión.

Los patrones de los laboratorios deben también ser verificados periódicamente y calibrados por comparación con otro patrón, o determinado su precisión con un cronómetro de alta precisión, en general debe ser recalibrado cuando su error excede el 0.4% .

El banco de pruebas requiere que el patrón sea solamente utilizado en este sitio y nunca debe ser retirado del laboratorio, sino solamente para su calibración.

Es conveniente que los rangos de corriente de este patrón sean superiores a los del patrón portátil y sea apto para contrastar todos los medidores existentes y los que se encuentran programados a instalar. Seleccionar un patrón con intensidades de hasta 50 amperios, convendría en vista de que el crecimiento de cargas residenciales y comerciales lo justifica.

La precisión del patrón de laboratorio es muy importante a lo largo del tiempo, por esto conviene que el patrón esté ubicado en un sitio cómodo y protegido, de manera que no sufra alteraciones por golpes.

Cuando se requiere la calibración del patrón, debe tenerse especial cuidado en el transporte y cuando éstos han sido calibrados deben movilizarse en vehículos livianos y sobre almohadillas.

El conteo de vueltas del disco del medidor en prueba, puede realizarse con mayor precisión si en el banco de pruebas se incluye un dispositivo fotoeléctrico, que consiste básicamente en una lámpara que proyecta un rayo de luz concentrado a través de los agujeros del disco de aluminio del medidor. En cada revolución del disco aparece el rayo luminoso dos veces en una célula fotoeléctrica que está conectada a una caja de control, que detiene el patrón automáticamente una vez que el disco del medidor en prueba, ha dado el número de revoluciones predeterminado .

Patrón Portátil.- Este equipo es requerido para las pruebas de campo o en el sitio de instalación y debe incluir la existencia de cargas ficticias con adaptadores para conexión de medidores tipo enchufe cuando éstos son utilizados en el sistema, el patrón portátil debe ser fácilmente manejable, sólido, confiable y versátil, para las distintas pruebas; debe tener un dispositivo de frenado al disco, así como preferentemente una correa para su transporte. Por la alta movilización a que se encuentra expuesto este contador debe ser verificado con el patrón de laboratorio periódicamente.

Los rangos usuales para este patrón puede ser de 0 , 15 y 30 amperios, con las tensiones mas usuales del sistema.

Cuando se utilizan "cargas ficticias" es importante que esta tenga la posibilidad de variar el factor de potencia, así como sus rangos de corriente.

Otros equipos accesorios, requeridos por el taller del laboratorio son los siguientes :

Ohmetro.- De escala múltiple, que sirve para detectar aperturas de bobinas de tensión y corriente, cortocircuitos en las mismas y alteraciones de su aislamiento. El ohmetro recomendable para este fin es del tipo magneto, con una tensión de trabajo de 500 Voltios, y de escalas 0-10.000 Ω .

Voltímetro.- El laboratorio debe disponer de un voltímetro de precisión entre 0,25 y 0,5% y se lo debe considerar como patrón para todas las verificaciones de indicación de voltaje de los instrumentos de campo. Por lo tanto no debe ser utilizado diariamente o transportado frecuentemente, si se espera que mantenga su precisión. Los rangos de tensión normales para este instrumento deberían ser 0 a 150/300 Voltios de corriente alterna.

Probador de Tensión.- Cuando la mesa no dispone de un dispositivo para conseguir tensiones entre 1.500 a 2.000 Voltios, puede ser dable que esta prueba se realice con un variac de tensión de salida máxima regulable, de 1.500 volts. a 60 ciclos.

Registadores Gráficos.- Estos equipos son útiles para grabar diferentes magnitudes con respecto al tiempo, especialmente cuando la empresa dispone de un número considerable de medidores industriales con indicadores de demanda máxima, es recomendable el disponer de estos equipos en el taller, una vez que los registadores gráficos pueden detectar variaciones notables de las magnitudes con su respectiva impresión en las cintas, lo cual puede exigir mejoras en las instalaciones.

Además de estos equipos se requieren herramientas tales como pinzas, taladros, esmeril, selladores, numeradores etc.

4.4. CALCULO DE ERRORES.-

La precisión de las observaciones para las lecturas depende particularmente de la construcción de los instrumentos y de la pericia del observador o contrastador de los medidores. Si se requiere lecturas precisas es conveniente usar aparatos que tengan indicadores tipo lámina en conjunto con un espejo para evitar falsas apreciaciones.

A continuación se verá como pueden afectar las lecturas en la calibración de los medidores. La diferencia entre el valor obtenido durante la medición X_0 y el valor real X se denomina valor absoluto de la medición

$$\Delta = X_0 - X$$

El valor relativo de la medición se expresa frecuentemente por la relación entre error absoluto y el valor real de la magnitud medida expresada en tanto por ciento.

$$\% = \frac{\Delta X}{X} = \frac{X_0 - X}{X} \cdot 100$$

Los errores se originan debido a varias causas que son las siguientes :

- 1.- El método y/o los instrumentos empleados inadecuadamente.
- 2.- Falta de conocimientos de todas las condiciones relacionadas con la magnitud medida.
- 3.- Experiencia del observador insuficiente.
- 4.- Variación de los parámetros considerados como constantes en la medición.

Estos errores pueden clasificarse como sistemáticos, casuales y por equivocaciones.

Los errores sistemáticos son de origen conocido pueden tener un valor conocido, variar según alguna función, pudiéndose las agrupar de la siguiente manera :

- 1.- Errores sistemáticos que se deben al tipo de medición utilizado, que generalmente pueden derivarse al asumir condiciones ideales de prueba.

- 2.- Errores sistemáticos originados por los instrumentos de medición - cuyas indicaciones se ven afectadas, por acoplamiento eléctrico o magnético externos, influencia de la temperatura ambiente, inestabilidad en la alimentación o posición del equipo.
- 3.- Errores sistemáticos subjetivos, originados por la apreciación de las lecturas de los instrumentos.

Además de estos errores se tienen los errores casuales que pueden determinar apreciables diferencias entre las cifras cuando una misma prueba se realiza varias veces, estos podrían existir cuando se tienen cambios bruscos de temperatura, de tensión o frecuencia.

Los errores sistemáticos influyen en menor grado en el método del medidor patrón por cuanto no se requiere mantener condiciones constantes de carga como en el método vatímetro patrón, una vez que en el método del contador patrón ambos medidores, el que se encuentra en prueba y el patrón miden los mismos vatios y pequeñas variaciones de voltaje y corriente o factor de potencia no introducen errores en la prueba.

Los errores sistemáticos mencionados en 2, pueden evitarse eliminando las causas que los originan, esta eliminación se consigue de varias maneras : colocando los instrumentos en posición adecuada, protegiéndolos de influencias externas, y en general siguiendo las indicaciones que da el fabricante respecto a condiciones del uso del pa

trón.

Los errores casuales no se toma en cuenta en estos casos, si es que se considera que las condiciones de prueba de los medidores son óptimas, cuidando eso sí que la temperatura de funcionamiento de los devanados de los contadores especialmente del patrón estén de los rangos normales de apreciación. El error relativo debido a esta causa no excede del 0,4% como puede verse en el cuadro IV-1 en el cual se han tomado valores para un medidor monofásico tipo residencial.

C U A D R O I V - 1

PRUEBAS REALIZADAS EN UN MEDIDOR MONOFASICO 2 HILOS

POR EL METODO DEL CONTADOR PATRON

CORRIENTE 100% I. NOMINAL

VUELTAS DEL DISCO DEL MEDIDOR EN PRUEBA = 10

FACTOR DE POTENCIA UNITARIO

LECTURA	CANTIDAD DE LECTURAS IGUALES.	CANTIDAD DE LECTURAS IGUALES EN . . .
15,75	3	10
15,76	1	3,33
15,77	2	6,67
15,78	4	13,33
15,79	1	3,39
15,81	1	3,39
15,84	1	3,33
15,87	2	6,67
16,1	3	10,00
16,12	1	3,33
16,27	4	13,33
16,27	4	13,33
16,29	3	10,00
16,32	2	6,67
16,34	2	6,67
= 480,54	30	100

NOTA : El patrón utilizado es tipo trifásico, marca Landis, las lecturas tienen hasta decimales lo cual es normal en este tipo de pruebas.

Valor medio = 16,018 = 16,02 Error medio absoluto = 0,06

Error relativo = $\frac{0,06}{16,02} \times 100 = 0,37\%$

16,02

Los errores mas importantes que deben ser calculados en un medidor de acuerdo a las variables de la Red son los que tienen que ver con la carga, puesto que consideramos que la tensión y frecuencia a mas de la temperatura de operación son aproximadamente constantes, entonces se determina si el medidor está en curva o se verifica que sus errores no estén fuera de los límites de acuerdo a las normas, la forma de cálculo del error sería la siguiente :

Si se considera al medidor patrón excepto de errores, el error relativo del medidor en prueba es .

$$E \% = \frac{N_{pt} - N_p}{N_p} \cdot 100 = \left(\frac{N_{pt}}{N_p} - 1 \right) \cdot 100$$

El error absoluto de que estaría afectado E % debido al error de lectura es :

$$\Delta E \% = \left\{ \left| \frac{\partial E \%}{\partial N_{pt}} \right| |\Delta N_{pt}| + \left| \frac{\partial E \%}{\partial N_p} \right| (\Delta N_p) \right\}$$

$$\left| \frac{\partial E \%}{\partial N_{pt}} \right| = \frac{1}{N_p} \cdot 100$$

$$\left| \frac{\partial E \%}{\partial N_p} \right| = \frac{N_{pt}}{N_p^2} \times 100$$

Para calcular N_{pt} partimos de $N_{pt} = \frac{C \cdot p}{C_x} N_x$

$$N_{pt} = \left\{ \left| \frac{\partial N_{pt}}{\partial C_p} \right| |\Delta C| + \left| \frac{\partial N_{pt}}{\partial C_x} \right| |\Delta C_x| + \left| \frac{\partial N_{pt}}{\partial N_x} \right| |\Delta N_x| \right\}$$

Si tomamos $C_p = C_x = 0$, por ser constantes y si se considera :

$N_x =$ número entero. $\Delta N_x = 0$ entonces $\Delta N_{pt} = 0$

Por tanto :

$$\Delta E \% = \frac{N_{pt}}{N_p^2} \Delta N_p \cdot 100$$

$$\text{Y como } N_{pt} = \frac{C_p}{C_x} \cdot N_x$$

$$\Delta E \% = \frac{C_p}{C_x} \cdot \frac{N_x}{N_p^2} \cdot \Delta N_p$$

Donde ΔN_p es la menor fracción de vuelta que puede ser apreciada en el medidor, si se tiene un patrón en el que la menor desviación es 0.01 se puede tomar $\Delta N_p = 0,005$.

En el cuadro IV- 2 se da un ejemplo del cálculo para un medidor monofásico; los valores así calculados pueden ser graficados y en ningún caso deben exceder los valores dados en la tabla IV - 3 que da la norma correspondiente. (INEN- 280).

PLANILLA DE CONTRASTE

-	C A R G A		Cos Ø	MEDIDOR EN PRUEBA.			Npt	MEDIDOR PATRON			Np	E	E ₂
	I	IN		Nx	Cx	wx		Cp	Np	Wp			
Nº	$\frac{I}{IN}$		-	Vueltas	$\frac{Kw-h}{Kw-h}$	$\frac{Kw-h}{x 10^{-3}}$	Vuelt.	Vueltas	Vuelt.	$\frac{Kw-h}{x 10^5}$	Vueltas	$\frac{Npt - Np}{Np}$	$\frac{Npt \Delta Np}{NpZ}$
1	10		1	4	1.500	2,67	6	5.965	2.250	2,65	0,035	0,5868	0,084
2	20		1	8	1.500	5,34	12	11.995	2.250	5,33	0,005	0,04168	0,042
3	50		1	20	1.500	13,65	30	30.180	2.250	13,41	0,180	-0,5964	0,0164
4	75		1	30	1.500	20,00	9	8.965	450	19,92	0,035	0,39	0,0559
5	100		1	40	1.500	26,67	12	11.940	450	26,53	0,06	0,503	0,042

CONCLUSION N° 1: Cuando se tiene un patrón con divisiones que pueden ser apreciadas hasta $\frac{1}{100}$, el error que puede afectarse la lectura es de un 0,03 % lo cual es satisfactorio si se toma en cuenta que los errores admisibles totales son ± 2 %.

CONCLUSION N° 2: Es importante que la determinación del número de vueltas del contador en prueba sea mayor o igual a 20 cuando se realiza la prueba del 100% Ir, siendo óptima la medición cuando se realiza el conteo por métodos fotoeléctricos.

C A P I T U L O V

INSTALACION Y MANTENIMIENTO DE CONTADORES

5.1 EXPERIENCIA EN EMPRESAS ELECTRICAS.-

Situación Actual.-

El número total de medidores instalados en el Ecuador hasta Diciembre de 1980 es 728.736, de los cuales el 82% corresponden al servicio residencial, 15% al servicio comercial y 2% al servicio industrial, - 1% a otros servicios como son: alumbrado público, servicios propios, instalaciones de gobierno etc. En el cuadro VI-1 se detallan los medidores que corresponden a cada empresa o sistema regional, así como también los valores de energía generada, costo medio de kw-h y pérdidas en tanto por ciento.

Dentro del área comercial la mayoría de las empresas o sistemas regionales tienen organizada su area de instalación, control y mantenimiento de medidores, organización que va en función del número de usuarios servidos, el área de concesión asignada, etc.

Para tener una idea real del estado actual y el tratamiento que se da a los medidores de energía en las empresas eléctricas respecto a

su instalación y mantenimiento se visitó y realizó una encuesta a -
las siguientes empresas EMELEC, QUITO S.A., AMBATO S.A., SERM, RIO -
BAMBA S.A., EMEL NORTE Y S.E.I. LATACUNGA, E.E.R. Centro Sur.

Los aspectos principales de investigación corresponden a los siguien
tes temas :

- 1.- Mantenimiento de medidores que comprende la contrastación y verificaci
ción de medidores nuevos y en servicio.
- 2.- Equipos disponibles para realizar el mantenimietno.
- 3.- Tipos de medidores y accesorios utilizados.
- 4.- Aspectos varios respecto a la instalación de contadores de energía.

Los cuadros V-2, V-3, V-4, V-5, resumen los aspectos anteriormente a -
notados.

C U A D R O V - 1

DATOS DE EMPRESAS ELECTRICAS Y SISTEMAS REGIONALES DEL PAIS

EMPRESAS	NUMERO DE ABONADO	COSTO MEDIO DEL KW _ H.	ENERGIA GENERADA MW - h 1979	PERDIDAS % 1979
E.E. Regional Norte	43.500	1.43	60.985	29,00
E.E. Quito	173.429	1,49	728.120	21,22
Coop. Sto Domingo	12.527	1,80	28.589	17,59
S.E. Inecel Latuncunga	9.776	1,45	29.677	18,59
E.E. Ambato	41.786	1,17	65.496	23,64
E.E. Riobamba	21.222	0,9	59.182	17,84
E.E. Bolívar	7.281	1,25	7.556	11,82
E.E. Azogues	6.559	1,17	5.215	15,40
E.E. Centro Sur	44.437	1,32	107.057	28,12
E.E. R. Sur	22.645	1,29	30.579	11,88
E.E. Esmeraldas	13.329	1,65	35.287	16,62
SERM	48.190	1,76	134.125	23,29
E.E. del Ecuador	173.596	1,15	1'117.860	10,06
E.E. Los Ríos	11.691	1,79	28.851	20,01
E.E. Miladro	23.324	1,64	60.106	19,11
S. ER Guayas-Los Ríos	29.596	1,47	68.260	26,29
E.E. Sta. Elena	19.619	1,79	32.735	11,77
E.E. El Oro	27.229	1,96	61.833	20,84
T O T A L	728.736	1,4744	2'661.423	19,06

C U A D R O V - 2

DISPOSICION DE EQUIPOS EN EMPRESAS ELECTRICAS EN QUE SE REALIZO

LA ENCUESTA

EQUIPOS	%	OBSERVACIONES
MESA DE PRUEBA COMPLETA	62,5	12,5% de bancos construidos en el Ecuador, no es posible realizar todas las pruebas.
MEDIDORES PATRON DE LABORATORIO	62,5	Entre clase 0,3 y 0,5
MEDIDORES PATRON DE CAMPO	37,5	Entre clase 0,3 y 0,5
VOLTIMETRO PATRON	12,5	Clase 0,5
AMPERIMETRO PATRON	25	Clase 0,5
VOLTIMETRO DE CAMPO	87,5	Clase 2
AMPERIMETRO DE CAMPO	87,5	Clase 2
MEDIDOR DE RESISTENCIAS Y OTROS	87,5	Generalmente equipos con tensiones de 500 a 1000 Voltios.

NOTA: 1.- Para mayor comodidad se indican los valores en porcentaje, las 8 empresas anotadas comprenden el 100%.

2.- Solo 2 empresas tienen equipo de conteo fotoeléctrico.

3.- Los patrones son verificados solo en el 25% de las empresas.

C _ _ U _ _ A _ _ D _ _ R _ _ O _ _ V-3

PORCENTAJE DE EMPRESAS QUE REALIZAN LA VERIFICACION DE MEDIDORES Y
ERRORES ACEPTADOS CUANDO SE REALIZA EN LA CONTRASTACION

C O N T R A S T A C I O N	%	O B S E R V A C I O N E S
VERIFICACION DE MEDIDORES POR MUESTREO	50	Debido a la cantidad de medidores mensualmente, se lo hace por muestreo lo cual es completamente satisfactorio.
VERIFICACION DE TODOS LOS MEDIDORES NUEVOS	37,5	La pequeña cantidad de medidores por mes permite probar todos los medidores.
CONTRASTACION DE MEDIDORES EN SERVICIO. EN LABORATORIO		El 100% coincide que deben llevarse al laboratorio, todos los medidores que en la prueba de campo se encuentra dudoso.
EN EL SITIO	37,5	El 100% coincide que la verificación podría hacerse en el sitio.
PORCENTAJE DE ERROR ACEPTADO	37,5	El 12.5% de empresas no realiza ninguna prueba.
+ 2 %		
- 1 %	50	

NOTA: Los tiempos promedios para la realización de las pruebas de campo están en el orden de 15 a 20 minutos para un contador monofásico. En el taller de contrastación del medidor demora de 5 a 7 minutos para el contador monofásico y de 30 a 35 minutos para un contador trifásico.

C U A D R O V - 4

MEDICION RESIDENCIAL Y COMERCIAL.

DESCRIPCION	%	OBSERVACIONES
Empresas que tienen estandarizada, la capacidad y tipo de medidores.	11,11	En la actualidad el 95% usan varios tipos de medidores lo cual es inconveniente.
Empresas que utilizan medidores tipo conexión inferior.	88,9	El costo inicial es mas bajo y se fabrican en el país
Empresas que utilizan medidores tipo enchufe	16,67	Aunque el costo inicial es mayor, el mantenimiento es más económico y presenta mayor comodidad.
Empresas que utilizan protección térmica de medidor	75	Todas las empresas están de acuerdo en la necesidad de utilizar este método.
Empresas que utilizan protección por fusibles.	25	El método presenta problemas en la reposición del servicio.

NOTAS: En instalaciones uni o bifamiliares el tipo de instalación del medidor es exterior.

En instalaciones tipo multifamiliar es centralizado en paneles o tableros de distribución.

C U A D R O V - 5

MEDICION EN INDUSTRIAS.

DESCRIPCION	%	OBSERVACIONES
Protección de transformadores de potencial.	50	El 50% de las empresas protegen los TP con seccionadores portafusibles.
Empresas que utilizan contadores de energía reactiva	62,5	La importancia de su utilización es grande, algunas empresas se encuentran actualmente instalando estos equipos.
Empresas que utilizan contadores de energía aparente	0	La utilización de medida reactiva reemplaza a la medida de energía aparente.
Empresas que utilizan medidores de doble tarifa	0	Se ha eliminado el uso de medidores de doble tarifa.
Empresas que instalan medidores de demanda	62,5	Los límites actuales de instalación de estos medidores es 40 Kw.
Empresas que tienen normalizados sus medidores y la exactitud de la medida.	-	Los beneficios económicos que de estos se derivan son notorios. El 12.5% de empresas tienen en ejecución el plan de normalizar.

- NOTAS :
- 1.- Las empresas tienen diferentes valores de demanda, potencia instalada etc para la aplicación de los respectivos contadores.
 - 2.- En ninguna empresa se toma en cuenta los factores de corrección de los transformadores de medida.
 - 3.- La normalización de los contadores y sus diagramas de conexión es muy importante.

MANTENIMIENTO DE CONTADORES.-

IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO

Con el paso de los años, los medidores registran mas lentamente cuando no existe una limpieza y recalibración, perdiendo por tanto la empresa ingresos y aparentándose una operación con altas pérdidas en las líneas y redes de distribución. Pues el promedio nacional del 19% parece un tanto alto. El medidor es básicamente simple, compacto y confiable por lo que necesita poca atención, su confiabilidad ha sido resaltada por la American Standar Association, la cual ha establecido que para un medidor de uso domiciliario una prueba cada 8 años es suficiente, si es que éste cumple ciertas características iniciales en su instalación. La norma 280 de INEN establece que el período de operación confiable de un contador de energía monofásica clase 2 es de 12 años. Personeros de empresas eléctricas del país están concientes que la verificación de los contadores de energía debe ser realizada en períodos de 5 a 6 años. Una buena práctica y recomendación a las empresas sería el de realizar la verificación de los medidores, en períodos de 5 a 8 años para garantizar su exactitud cuando se trata de medidores residenciales y cada 2 años cuando se trata de medidores industriales. Esto se justifica si tomamos en cuenta el % de registro de energía tanto en medidores residenciales, como en los comerciales e industriales, dentro de la facturación anual o

mensual de cada empresa. De los datos proporcionados por las empresas se deriva lo siguiente :

En el área residencial el 82% del total de medidores instalados en el país, registra el 50% de la energía total facturada.

En el área comercial el 15% de los medidores registra el 15% de la energía total facturada y en el área industrial el 2% de los medidores registra el 35%.

Existen casos de grandes clientes con potencias instaladas de alrededor de 5 MVA o más, lo cual justifica aún más la verificación de los contadores de energía cada 2 años, ya que si se considera el consumo de un mes típico para una industria de esta naturaleza en el orden de 2'500.000 Kw-h consumidos mensualmente, los que a un costo promedio de 0,92 \$/kw-h daría una facturación de 2'300.000 sucres mensuales, y las cantidades en que se perjudicaría el cliente o la empresa oscilarían entre 552.000 sucres a 1'380.000 sucres anuales, si el contador de energía tendría un error de $\pm 2\%$ a $\pm 5\%$, lo cual puede producirse si el tiempo de operación del medidor pasa de 8 años o se encuentra mal ajustado al momento de su instalación.

En el cuadro V-6 se dan valores del error para medidores monofásicos de uso residencial que han estado en servicio por un período de años superior al recomendado para verificación y ajuste.

Del cuadro V-6 se deduce que el 36,3% de los medidores tomados al azar se encuentran con un error 7,98% negativo promedio y el 36,3% solo 3.73% positivo , lo cual debe ser tomado en cuenta por las empresas para eliminar pérdidas que podrían alcanzar el orden de 21.000.000 de sucres anuales si consideramos que el número de medidores instalados anualmente en el país es aproximadamente 70.000 y en la mayor parte de las empresas el 20 a 30% de estos tienen un período de operación mayor al recomendado, sin ser contrastados.

Existen otras razones por las cuales debe tomarse en cuenta y darle la verdadera importancia en cada una de las empresas que todavía no le dan al mantenimiento de medidores y que se detallan a continuación:

- 1.- Cuando existe disminución o aumento exagerado de la facturación mensual sin un cambio de la carga instalada que lo justifique.
- 2.- Cuando el abonado solicita por dudas respecto al funcionamiento y presenta su queja a la empresa.
- 3.- Cuando los lectores o inspectores determinan que el medidor falla, generalmente arrastre negativo.
- 4.- Cuando el medidor se encuentra sin sellos.
- 5.- Cuando el medidor tiene rota su tapa de protección o da muestras visibles de haber soportado sobrecargas.
- 6.- Cuando el medidor ha sido retirado del servicio y va a ser nuevamente instalado.

VERIFICACION DE CONTADORES CON PERIODOS DE OPERACION

SUPERIORES A 5 AÑOS DE SERVICIO TOMADOS AL AZAR

M A R C A	N° DE SERIE.	FECHA DE INSTALACION.	PERIODO DE FUNCIONAMIENTO	ERROR A		ERROR PONDERADO $\frac{1(PC)+4(CL)}{5}$	OBSERVACIONES
				100% IN	10% IN		
			AÑOS	%	%		
General Electric	899480	XII-72	5	- 1,45	+ 5,69	+ 4,26	
General Electric	896635	XI-54	18	- 1,54	- 3,19	- 2,86	
General Electric	14851887	VI-32	44	- 6,64	- 1,96	- 2,9	
General Electric	11796716	IV-60	17	-	-	-	bobinas quemadas
General Electric	464058	XI-48	28	1,45	- 21,63	-17,59	
General Electric	217963	V-47	30	- 5,65	- 9,29	- 8,56	
General Electric	514569	V-59	18	- 0,69	+ 7,66	+ 5,99	
UHFER	402836	VII-67	10	- 1,03	+ 0,52	+ 0,21	Acceptable
General Electric	5073735	V-57	20	+ 1,05	+ 2,86	+ 2,5	
General Electric	190231151	XII-38	38	+ 3,04	+ 1,95	+ 2,17	
General Electric	229852	V - 48	28	- 0,35	- 1,54	- 1,3	Acceptable
General Electric		V - 58	18	- 0,26	+ 1,95	+ 1,51	Acceptable

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.-

Todos los medidores que están en servicio en períodos mayores a los anotados deben ser verificados y aunque el costo del mantenimiento pueda a veces ser más alto que el incremento por el registro verdadero, el programa de mantenimiento se justificará al mejorarse las relaciones empresa-consumidor, al conocer este, los esfuerzos que la empresa realiza para que los medidores tengan una calibración exacta.

Para realizar el programa de mantenimiento conviene que se disponga de un equipo especialmente destinado a este fin, el plan de operación debe ser cuidadosamente realizado. Para que la ejecución del programa resulte económico debe tenerse en cuenta una utilización óptima del personal. Si la mayoría de medidores están en servicio por varios años y no han sido probados, el programa de mantenimiento debe ser planeado de tal manera que los medidores mas viejos sean revisados primero.

El control del programa puede realizarse con las cartas de registro colocando señales de color u otros medios para la distinción por años de servicio.

MÉTODOS DE MANTENIMIENTO-

Existen varios métodos de atención a los medidores y cada cual presenta sus ventajas y desventajas, a continuación se discuten los mismos :

a) MANTENIMIENTO EN EL SITIO CON EQUIPOS PORTATILES.-

VENTAJAS : Los medidores no son movidos del sitio, lo cual reduce los costos e inconvenientes del transporte.

- No existe interrupción del procedimiento normal de facturación.
- Cuando la verificación se realiza el usuario "ve" esta labor, lo cual mejora la actitud frente a la empresa.

DESVENTAJAS:

- No es posible en la generalidad de los casos las pruebas de : arranque del medidor, la prueba con $\text{Cos } \varnothing = 0,5$ o la prueba de arrastre a una tensión del 120%.
- El sitio de instalación no presta las facilidades apropiadas para la reparación y la limpieza del medidor, lo cual obliga a llevar los medidores al taller de todos modos, cuando los medidores son probados y se encuentran en malas condiciones.
- La precisión de los ajustes, es menor que en la prueba de laboratorio.

b) MANTENIMIENTO EN EL TALLER O LABORATORIO.-

VENTAJAS :

- El equipo de calibración es completo en cuanto a las pruebas que deben realizarse, a más de tener todas las herramientas necesarias para el cambio de repuestos.
- Se puede revisar una mayor cantidad de medidores probados con ma-

por exactitud que en el sitio, pudiendo el trabajo ser supervisado.

DESVENTAJAS.-

- El procedimiento normal de facturación puede verse afectado por el retiro del medidor de su sitio, ya que para no cortar el servicio la solución sería instalar otro medidor en lugar del que se encuentra calibrando. La reinstalación del medidor a su sitio significa un costo administrativo adicional a mas de no registrarse la cantidad de energía correspondiente al período que estuvo en prueba.
- El transporte y manipulación de los medidores eleva el costo de la operación ya que estos deben ser transportados con mucho cuidado - para no interferir en sus ajustes por golpes o rozamientos entre ellos.

C ; USO DE LABORATORIO MOVILES.-

- Una buena combinación de las ventajas de las pruebas en laboratorios y las pruebas en el sitio, proporciona un equipo de taller completo montado en un camión. Sin embargo este método no se justifica por el costo de la inversión inicial, sino únicamente, en ciudades donde la concentración de abonados es grande, mas no en zonas rurales donde los abonados se encuentran distanciados y generalmente el acceso no es fácil.

Existe la posibilidad de que el mantenimiento pueda ser realizado - mediante la contratación de servicios con un contratista particular,

lo cual podría justificarse en el futuro, sin embargo este método también presenta problemas respecto a la seriedad que este tipo de trabajo requiere.

La selección del método para la realización del mantenimiento de contadores corresponden a los ejecutivos de cada Empresa dentro de su área tomando en cuenta que el método más satisfactorio debe tener como base principal el más bajo costo en los períodos de verificación, o sea a lo largo del tiempo. Es importante también tomar en cuenta el número de medidores instalados que requieren el mantenimiento y la experiencia y número de personal que realizará esta labor. Los encargados de la contrastación deben estar perfectamente entrenados y actualizados en cursos que pudieran recibir, lo cual supone una buena aceptación de la empresa a la capacitación del personal.

Quando la Empresa tiene una gran cantidad de medidores en la zona rural y se va a utilizar la prueba en el sitio, lo cual como se vio no presta muchas facilidades para precisión de verificación, conviene que se tome en cuenta que al momento de la instalación, los contadores estén en excelentes condiciones.

La prueba en el taller representa el método óptimo en lo que a condiciones de trabajo se refiere, sin embargo de tener un costo inicial elevado, garantiza mejor utilización de la mano de obra para una calibración precisa y segura.

FACTORES QUE DEBEN TOMARSE EN CUENTA AL REALIZAR EL MANTENIMIENTO . .

Quando el medidor es retirado del servicio debe ser probado, reacondicionado o dado de baja en el taller con el siguiente procedimiento:

- 1.- Realizar una inspección física de como se encuentra el medidor, adjuntando una tarjeta como las que se indican en la parte correspondiente a instructivos del control: verificar los sellos, anotar la lectura registrada etc.
- 2.- Chequear las conexiones eléctricas y acoplamientos mecánicos
- 3.- Verificar el aislamiento de las bobinas.
- 4.- Chequear materias extrañas sobre los polos magnéticos.
- 5.- Chequear el disco, su alineación con el entrehierro y ajustar si es necesario.
- 6.- Chequear el registrador, comprobar el engranaje correcto con el disco.
- 7.- Inspeccionar el empaque de la tapa para determinar si existe un apropiado sellado con la base .
- 8.- Verificar el estado de la suspensión.
- 9.- Hacer las calibraciones nomales y realizar los ajustes
- 10.- Reponer la tapa y sellar
- 11.- Registrar en la respectiva hoja los datos de calibración dejados en el medidor.
- 12.- Almacenar en estantes apropiados , hasta su nueva instalación.

Quando se dispone de un adecuado número de repuestos los medidores pueden ser reacondicionados, especialmente en lo que se refiere a discos,

suspensiones y registradores.

No es conveniente lubricar los cojinetes pues éstos con una pequeña cantidad de polvo adquieren un mayor rozamiento.

La limpieza interna del medidor debe ser realizada con aire comprimido seco, dando especial atención a los polos magnéticos y a su entrehierro, éstos deben estar limpios y libres de materiales extraños.

Deben revisarse las cajas terminales para verificar si las bases - aislantes están en buenas condiciones. Las perforaciones de ventilación deben también ser limpiadas.

La caja metálica del medidor debe ser limpiada completamente y si se requiere pintada convenientemente.

Al realizar el mantenimiento del medidor, las causas probables de error y soluciones requeridas en cada caso son en general las siguientes : (11)

ESTADO DEL MEDIDOR	CAUSAS PROBABLES Y SOLUCION SUGERIDA
1.- El medidor tiene error positivo en un mismo valor a - 100% y 10% de carga nominal y no es posible regularlo.	Debido a los rayos o sobrecargas - excesivas, el imán puede encontrarse debilitado, conviene cambiar el imán permanente.
2.- El medidor tiene error positivo en carga liviana.	Esto puede deberse a una excesiva - compensación del ajuste de carga liviana.

ESTADO DEL MEDIDOR CAUSAS PROBABLES Y SOLUCION SUGERIDA.

- Debe realizarse una limpieza total de las partes móviles y recalibrar el medidor.
- 3.- El medidor tiene error positivo a 50% de factor de potencia atrasado. La bobina de tensión puede encontrarse en cortocircuito o la bobina de regulación del factor de potencia se encuentra abierta; se debe cambiar la bobina de potencial o chequear el ajuste del factor de potencia.
- 4.- El medidor tiene error negativo a 100% y 10% de I. nominal. Posible por partículas metálicas en los entrehierros de los imanes o cuando la bobina de potencial se encuentra en cortocircuito.
- 5.- El medidor tiene error negativo en carga liviana Este efecto puede producirse por excesivo rozamiento en las partes móviles, cuando el medidor tiene muchos años - puede ser conveniente cambiar los cojinetes y el registrador.
- 6.- El medidor tiene arrastre y no tiene error a 10% In y 100% In. El medidor ha sido ajustado a carga liviana con exceso de compensación por rozamiento, se debe realizar limpieza total del medidor.
- 7.- El medidor tiene arrastre en el sitio de instalación y no en el laboratorio Esto indica que la tensión de prueba es inferior a la tensión del abonado, se sería conveniente calibrar el medidor a una tensión superior de contraste y verificar si existen campos magnéticos de otros circuitos cerca del medidor.
- 8.- El medidor no gira La bobina de potencial puede encontrarse abierta, el eje puede estar torcido o el registrador trabado, aparte de algún material extraño en el entrehierro que frena el disco.

5.2 RECOMENDACIONES GENERALES PARA LA INSTALACION-

El medidor de energía y su equipo asociado debe ser seleccionado para cada tipo de instalación y debe ser escogido para obtener la mejor adaptación.

tación a las condiciones de servicio.

La capacidad en amperios debe ser determinada de la carga conectada y del factor de demanda de la instalación. Para instalaciones residenciales y comerciales pueden establecerse factores de demanda tipo para varias clases de consumidores, lo cual lleva a una estandarización de los medidores utilizados en estas áreas, sin embargo para grandes instalaciones es necesario generalmente, determinar las condiciones específicas de carga y del factor de demanda.

INSTALACIONES RESIDENCIALES.-

Una característica notable de los contadores de inducción es la apreciable disminución de la exactitud de registro al rebasar su capacidad nominal, lo cual puede ocurrir en una instalación con el pasar del tiempo al adquirir el abonado accesorios electrodomésticos, esto también puede constituir una pérdida potencial de ingresos para las empresas. Los contadores de 15 amperios que tienen una capacidad de sobrecarga del 400% pueden registrar con precisión hasta 60 amperios, cantidad que puede ser suficiente en una buena parte de los servicios domésticos monofásicos especialmente en el área rural, pero no puede considerarse suficiente para instalaciones urbanas de zonas residenciales.

Durante el año 1980 el consumo anual doméstico promedio de energía -

eléctrica aumentó hasta 2678 kw-h, este aumento efectivo implica que en muchos casos la instalación de contadores de hasta 100 amp. no se justifica, por lo cual podría pensarse en la instalación de medidores de 30 amperios con capacidad máxima de 200 amperios.

Es recomendable por tanto la utilización de medidores dispuestos - con una capacidad de sobrecarga del 667%, lo cual resuelve el problema de mantener en muchos casos una potencia inicial baja y evitar los esfuerzos elevados sobre los cojinetes con corrientes elevadas cuando la carga aumenta. Este resultado se consigue en contadores que tienen bajas velocidades del disco a carga nominal, por ejemplo 16 2/3 rpm. en lugar de 30 rpm. que pueden conseguirse en el mercado.

Cargas relativamente pequeñas como las que caracterizan a las rurales, estarían perfectamente atendidas con medidores de 15/100 amp, además de cubrirse cargas medianas y relativamente grandes. Donde se espera que la carga sea superior a 12 Kva la utilización de medidores de 30/200 amperios sería recomendable.

INSTALACIONES COMERCIALES.-

Dependiendo de la carga instalada, también podría utilizarse el tipo de medidores monofásicos con capacidades de 15 y 30 amperios y/o medidores a tres hilos con 1 o 2 estatores.

Algunos componentes tales como: cojinetes, registradores, partes móviles etc, son comunes tanto en medidores monofásicos, trifilares y trifásicos con lo cual se reduce el número de piezas de repuesto necesarios para su cuidado normal.

INSTALACIONES INDUSTRIALES.-

En pequeñas instalaciones industriales podrían utilizarse medidores de las mismas escalas, anteriormente mencionadas, permitiendo siempre un crecimiento de un 20% de la carga para ampliaciones, cuando se esperan corrientes superiores a 200A con las tensiones de servicio normal conviene ya utilizar transformadores de corriente, los cuales existen en el mercado hasta rango de 1.200 amp. Si las instalaciones superan estos rangos la utilización de transformadores de corriente y tensión, es decir, la lectura en alta tensión deberá ser de aplicación obligada. Es recomendable por tanto realizar la medición en alta tensión a partir de los 300 a 400 Kva.

Los medidores utilizados con transformadores de medida pueden ser de 2,5 o 5 Amp. nominales, conviene que los mismos tenga un rango de variación de la carga similar a los medidores de aplicación directa, es decir que acepten una sobrecarga de por lo menos del 400%.

De acuerdo a las recomendaciones anteriores conviene estandarizar el -

uso de transformadores con los rangos que se dan a continuación, no dejando de señalarse las ventajas que esta medida significan a la Empresa como son el hecho de tener comodidad en bodegaje, facilidad de selección etc.

Transformadores de corriente para baja tensión

200/5

400/5

800/5

Transformadores de corriente para alta tensión

25/5

50/5

100/5

Las relaciones mencionadas pueden cubrir los rangos normales de servicio industrial, potencia que alcanzan valores de hasta 6.000 Kva, si se toma en cuenta que con apropiados factores de sobrecarga de diseño, se puede conseguir corrientes de 400% In en transformadores de corriente de baja tensión y 300% para transformadores de corriente de alta tensión.

Es muy importante tomar en cuenta la temperatura de operación de diseño del transformador, generalmente estos valores fluctúan entre -35° y 55° C entonces un transformador que tiene un factor de sobrecarg

ga 2.0 a 30°podría tener 1.5 a 55°C de temperatura ambiente.

UBICACION E INSTALACION.-

En instalaciones residenciales uni o bifamiliares los medidores deben ser ubicados de manera que sean fácilmente accesibles tanto para lectura y verificación, deben estar exentos de riesgos de sufrir golpes, ser bloqueados, estar libres de contaminación por gases o vapores y polvo, de igual manera se debe evitar que estén expuestos a temperaturas excesivas y vibraciones.

Así mismo, los lugares de sustentación deben ser de suficiente solidez, de tal manera que se eviten las modificaciones en la posición del medidor y por tanto en sus dispositivos de regulación, el contador una vez fijo debe quedar vertical en todos los sentidos.

Conviene al realizar la conexión de los medidores, que los conductores queden lo más ajustado posible a los bornes de conexión, asegurándose así un buen contacto. Una vez instalado el medidor, los cables de entrada y salida no deben tener acceso al usuario.

Cuando se tienen edificios de apartamentos donde el servicio es multifamiliar, la colocación de los medidores debe ser centralizada en uno o varios tableros igualmente accesibles y no cercanos a radiadores de aire acondicionado, sistemas de emergencia, etc.

Una buena instalación además de la localización apropiada requiere de las siguientes condiciones:

- 1.- Adecuada protección de los medidores y la acometida.
- 2.- Adaptabilidad a varios tipos de medidores.
- 3.- Fácil instalación y reemplazo.
- 4.- Posibilidad de incremento en el futuro.

Los medidores de tipo conexión inferior deben ser montados sobre paneles metálicos y preferentemente cubiertos que protejan al medidor de la intemperie. Los medidores tipo enchufe presentan una mejor y rápida intercambiabilidad y su base es mas segura contra usos indebidos a mas de ser adaptable a tuberías conduit.

Quando la medición se realiza en alta tensión con transformadores de medida tipo intemperie, los que pueden ser instalados en postes, se debe tener en cuenta que generalmente estas medidas se asocian con bloques de energía, relativamente grandes, por tanto se debe tener cuidado en la localización de los medidores, en cuyo caso es preferible instalarlos interiormente, lo cual protege al medidor eficientemente y permite una fácil verificación.

La selección de los transformadores de potencial está determinada básicamente por el tipo de servicio utilizado, lo cual es definitivo, sin embargo para tener una mejor eficiencia, exactitud y economía, -

la selección del transformador de corriente debe estar basada en las propias evaluaciones de varios factores importantes, estos no incluyen solamente la carga total conectada, la demanda máxima y el factor de potencia esperados, sino también el crecimiento de la carga, el rango de demanda y la carga liviana que debe registrarse.

En instalaciones polifásicas con transformadores de medida es relativamente fácil que el instalador introduzca errores en las conexiones a los medidores ya sea por cambio de fases o polaridad, la rotación hacia adelante del disco no es una indicación positiva de las conexiones correctas. Una buena solución es la utilización de conductores coloreados o marcados en sus extremos con números o letras que permitan su identificación y luego comparar el trabajo realizado con diagramas de conexión que deben ser suministrados por el fabricante.

Los transformadores de potencial tienen sus pérdidas en el hierro compensadas al voltaje nominal, sin embargo cuando se utilizan con diferentes voltajes a los de diseño se producen grandes errores en la medición, aunque estos no son apreciables cuando los voltajes aplicados fluctúan en $\pm 10\%$ del nominal.

No es recomendable la protección de los transformadores de potencial con fusibles en el lado primario, puesto que fallas internas en el transformador ocurren rara vez y los rangos disponibles no lo protegen contra sobrecargas, por el contrario los portafusibles pueden ser operados por el usuario dejando sin tensión al contador lo cual permite el uso indebido de la energía.

Se debe poner a tierra siempre uno de los terminales de cada transformador así como sus núcleos y carcasas.

Los transformadores de corriente nunca deben operarse con el secundario abierto, puesto que pueden presentarse tensiones y temperaturas peligrosas.

Nunca se debe cortocircuitar los terminales secundarios del transformador de potencial, un cortocircuito en el lado secundario puede producir sobrecalentamiento y falla del mismo en cortos períodos de tiempo.

INSTALACIONES DE CONTADORES DE ENERGIA REACTIVA Y DE DEMANDA

El factor de potencia exigido como mínimo en una instalación en el Reglamento Nacional del Servicio Eléctrico, INECEL octubre de 1975, es 0,85, y en el mismo se exige por cuenta del abonado que se corrija el factor de potencia en equipos de iluminación, a mercurio, neon etc, (artículo 96, parte A). La medición de energía reactiva se justifica a partir de los 40 a 50 Kva instalados, si se considera que los costos imputables a la penalización por bajo factor de potencia, pueden significar valores hasta del 25% de la facturación mensual; por ejemplo si el factor de potencia de una industria es 0,6 esto implicaría que el costo del medidor sería cubierto en aproximadamente 2 meses y lógicamente obligaría al abonado a corregir su fac

tor de potencia.

Según el reglamento, la medición de la demanda es requerida inclusive en instalaciones industriales (I.I.) si tomamos en cuenta que las tarifas vigentes incluyen los cargos por demanda a partir de los 10kw, una buena práctica sería instalar medidores de demanda a partir de este valor, con períodos de integración de 15 minutos. De la investigación realizada en las Empresas Eléctricas se encontró que únicamente EMELEC tiene instalados a sus usuarios medidores con registrador de demanda desde los 40 kw y está programado que los mismos sean instalados desde los 10 kw de demanda.

Los contadores de demanda que pueden conseguirse en el mercado son de una amplia variedad para aplicación a cargas a medirse, pudiendo ser del tipo gráfico, térmico, directamente acoplado al contador de kw-h o kva, o separados de los mismos.

Los del tipo directamente acoplados, en general pueden prestar un mejor servicio y no dependen de las condiciones de temperatura ambiente.

INSTALACION DE CONTADORES DE ACUERDO AL TIPO DE SERVICIO.-

En todos los servicios monofásicos a dos conductores, el contador con un sistema de medida, si está bien dimensionado presta un servicio eficiente. Cuando se tienen servicios monofásicos de tres conduc-

tores, deben tenerse en cuenta que el contador trifilar presta servicio correcto solo en instalaciones que provienen de redes monofásicas.

Cuando este medidor se aplica a servicios que provienen de secundarios trifásicos, el medidor no es aplicable para su correcto registro, ya que puede medir solamente el 75% de la energía real. En este caso, se deberá aplicar contadores de dos sistemas de medida.

Cuando se tienen servicios que proceden de los secundarios de una conexión delta abierta, conviene instalar el medidor de conexión de $2 \frac{1}{2}$ estatores. El aplicar un medidor de tres sistemas de medida puede introducir errores por la aplicación de distintas tensiones a las bobinas del medidor, si el medidor no tiene diseñadas sus bobinas de tensión convenientemente.

En sistemas trifásicos balanceados a tres conductores se puede aplicar un medidor de dos estatores.

En sistemas balanceados trifásicos en Y a cuatro conductores, pueden también aplicarse la conexión "Z" con buena exactitud, cuando la diferencia de tensiones entre fases no excede del 5%. Si las cargas son grandes, es necesario instalar un medidor con 3 sistemas de medida.

RECEPCION DE LOTES.-

Los requisitos que deben cumplir los medidores a la recepción de una adquisición constan en las normas INEN N° 281. Cuando la recepción se realiza por el método de muestreo es importante aplicar las tres pruebas básicas, en cada uno de los medidores seleccionados al azar que corresponden a la muestra; las pruebas pueden ser realizadas en los laboratorios del fabricante o en los de el comprador. Una condición importante luego de la inspección ocular de los contadores, a fin de verificar la existencia de daños ocasionados por transporte o manipulación, es que las pruebas deben ser realizadas sin que se hayan retirado los sellos y sus tapas. las pruebas deben seguir el siguiente orden :

- 1.- Examen de la placa de características
- 2.- Examen del dieléctrico.
- 3.- Marcha en vacío.
- 4.- Corriente de arranque
- 5.- Pruebas de contraste.
- 6.- Examen del registrador.
- 7.- Inspección general.

La selección de muestras pueden determinarse extrayendo un lote los contadores en forma aleatoria y en número de muestras igual a 15, 30 -

o 40. para adquisición de 50 a 100, 101 a 500 y 501 a 1.000 contadores, cuando se realizan adquisiciones menores a cincuenta, puede surtir un buen efecto las hojas de certificación del fabricante y del INEN.

5.3 INSTRUCTIVOS DE CONTROL.-

La apropiada selección y aplicación de medidores de energía activa, reactiva o demanda, es determinada por la magnitud y naturaleza de la carga del consumidor. Cuando se planifica la instalación de medidores, ocho aspectos básicos deben ser resueltos luego de la inspección realizada en las instalaciones de los abonados :

- 1.- El tipo de servicio requerido.
- 2.- Los tipos de voltajes requeridos.
- 3.- La máxima carga en kw esperados a la energización.
- 4.- La máxima carga esperada en el futuro.
- 5.- Los kilovatio-hora máximos esperados en el mes.
- 6.- Los períodos de integración requeridos en los contadores de demanda.
- 7.- Precisión requerida en la medición según la carga.
- 8.- El factor de potencia estimado de la carga.

Estos factores pueden ser recopilados en una tarjeta de datos en la que debe constar las características anotadas y otras como las que se dan en el cuadro V-7.

Es conveniente que las tarjetas de control estén divididas en 3 secciones :

SECCION I.-

En la cual consten los datos requeridos por las ocho condiciones básicas.

SECCION II.-

Especificaciones del tipo de los medidores usados en la instalación.

SECCION III.-

Especificaciones sobre el tipo de montaje y otras características adicionales.

C U A D R O V - 7

DATOS DE INSTALACION DE UN MEDIDOR

Localización : _____ FECHA : _____

Nombre del usuario _____

Capacidad del medidor : _____ Kw (o.85 Fp)

Factor de multiplicación : _____ Rango de sobrecarga _____

1.- DATOS BASICOS DE INSTALACION

A.- Tipo de consumidor _____

B.- Tensión de servicio _____

C.- Máxima carga de energización _____

D.- Máxima carga futura (y fecha) _____

E.- Carga instalada _____

F.- Intervalo de M. de demanda _____

G.- Tipo de precisión _____

H.- Factor de potencia estimado _____

I.- Máxima corriente de línea _____

2.- ESPECIFICACIONES DEL MEDIDOR

A.- Tipo de servicio _____

B.- Tipo de medidor y su constante _____

- C.- Capacidad del medidor _____
- D.- Tensión nominal _____
- E.- Tipo de base _____
- F.- Número de terminales _____
- G.- Designación ASA ó NEMA _____
- H.- Máxima capacidad de registro
en Kw-h _____
- I.- Tipo de registrador de demanda _____
- J.- Tipo de registrador de demanda _____
- K.- Fabricante _____
- L.- Factor de multiplicación del
medidor de demanda _____
- M.- Otros _____

3.- TRANSFORMADORES DE MEDIDA

A.- TENSION

- 1.- Clase de aislamiento _____
- 2.- Número _____
- 3.- Relación _____
- 4.- Tipo de montaje _____
- 5.- Fabricante _____
- 6.- Tipo de construcción _____
- 7.- Tipo de conexión _____

B.- CORRIENTE

- 1.- Clase de aislamiento _____
- 2.- Número _____
- 3.- Relación _____
- 4.- Tipo de Montaje _____
- 5.- Factor de Sobrecarga _____
- 6.- Fabricante _____
- 7.- Tipo de construcción _____

Especificaciones requeridas en el Mantenimiento de los contadores.

1.- DATOS DE LABORATORIO

- A.- Número del contador designado por la empresa _____
- B.- Intensidad nominal _____
- C.- Número de fábrica _____
- D.- Lectura con que el medidor ingresa al laboratorio _____
- E.- Lectura con que el medidor sale calibrado _____
- F.- Causas por el cual el medidor ingresa _____
 - 1.- Mantenimiento normal _____ (_____)
 - 2.- Solicitud del abonado _____ (_____)
 - 3.- Medidor deteriorado _____ (_____)
 - 4.- Otros (sin sellos rota la cubierta) etc. _____
- G.- Datos de como se encuentra el medidor _____
 - 1.- A plena carga, FP = 1.

- 2.- A carga liviana, FP = 1 _____
 - 3.- A plena carga, FP = 0,5 _____
 - 4.- Otros _____
-

H.- Tipos de reparación realizada

- I.- Ajustes realizados y sus datos _____
- J.- Fecha de mantenimiento y colocación de sellos _____

2.- DATOS DE MOVIMIENTO DE CONTADORES

Número del medidor _____ Lectura _____
Nombre del usuario _____
Dirección _____
Fecha de retiro _____
Fecha de reinstalación _____

Es importante que en cada una de las tarjetas de control se incluyan los datos del personal de instalaciones y su respectivo control y observaciones por el personal técnico, así como un control estadístico de los mismos.

Cuando la instalación de los medidores se realiza en forma global en una determinada zona, (nuevas urbanizaciones o caseríos rurales), las hojas de control pueden ser un instrumento muy útil en el seguimiento de la -

exactitud de determinados lotes adquiridos, ayudando obviamente a la selección de muestras cuando por razones económicas se prefieren realizar el contraste por los métodos de muestreo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

En esta tesis se ha analizado los tipos de medidores de energía comúnmente usados y los transformadores de medida que se aplican en conjunto con aquellos dando especial énfasis a la precisión o exactitud que deben guardar en este propósito, pasando luego a revisar los métodos de calibración y ajustes, las condiciones de instalación, tipo de mantenimiento y supervisión requeridas, así como también los métodos que podrían ser utilizados en el cumplimiento de estos objetivos.

La inquietud nacida al prestar mis servicios en una empresa eléctrica, en áreas afines a la contrastación de medidores y conocer el estado en que ésta se encuentra, dio origen a la investigación propuesta en esta tesis en otras empresas, determinando como puede verse en los cuadros V-1, V-2, V-3, V-4, V-5 que :

- 1.- Con muy pocas excepciones, las empresas no dan la verdadera importancia a la selección, instalación y mantenimiento de los contadores de energía.
- 2.- En empresas donde se realiza la medición de energía reactiva, cada una de las mismas impone sus propios criterios respecto a las condiciones de aplicación.
- 3.- Las potencias mínimas que requiere la medición en alta tensión también difieren de una a otra.

Estos y muchos aspectos obligan a pensar en una reglamentación adecuada.

La falta de reglamentos que normen las pruebas de los contadores luego de los períodos aceptables de funcionamiento correcto, agrava la situación, tanto para los usuarios, como para las empresas. Sería recomendable que en el país el Instituto Rector de Electrificación y el Instituto Ecuatoriano de Normalización en conjunto con delegados de las empresas y colegios de ingenieros elaboren reglamentos sobre estos temas.

Sería recomendable también que las empresas realicen sus propios análisis sobre el estado de sus medidores para iniciar un programa de mantenimiento y control. Períodos de dos años para contadores industriales y de 5 a 8 años para residenciales y comerciales podrían ser aceptados, mientras se elaboran las normas. La contratación, capacitación del personal y el equipo adecuado, debe ser una primordial preocupación de las empresas, pensando siempre en el número de abonados servidos y futuros.

El intercambio de experiencias de los ejecutivos y trabajadores que laboran en las empresas en estas áreas, podrían ser una gran ayuda y sería conveniente que se lo realice por lo menos una vez por año. En estas reuniones a más de tratar aspectos técnicos y de organización, podría analizarse problemas respecto a la adquisición, importación y fabricación nacional de equipos de medición. Soluciones conjuntas a los problemas existentes obviamente harían posible su implementación.

Por último se recomienda que en el país se instale un centro de contrastación de medidores patrón, el cual podría establecerse en los laboratorios Metrología del Instituto del Ecuatoriano de Normalización, que sin duda sería una gran ayuda para las empresas y podría aprovecharse además para la calibración de los medidores especiales como son los de registro de energía en bloque utilizados por INECEL y las empresas.

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

- 1.- THE METERING GUIDE
General Electric
- 2.- ELECTRICAL METERMEN'S HAND BOOK
Sexta edición publicado por Edison Electrical Institute 1960.
- 3.- MEDIDORES ELECTRICOS
L.M. Masekieff editado por José Montesó. 1.964.
- 4.- INSTALACIONES ELECTRICAS DE BAJA TENSION
Enciclopedia Ceac de electricidad. 1.974
- 5 - INSTRUMENT TRANSFORMERS
Operación principios y aplicación, General Electric 1960.
- 6 - HOW TO TEST AND ADJUST A.C. WATTHOUR METERS .
General Electric 1.960.
- 7 - DISTRIBUTION SYSTEMS
Electrical utility engineering Reference Book. Vol 3 1.965.
- 8 - FUNDAMENTOS DE METROLOGIA ELECTRICA
Boixaren editores 1977, Tomo I y III.
- 9 - APPLICATION GUIDE FOR WATTHOUR METTER.
Rural electrification administration, US. 1.964.
- 10.- GUIA DE LABORATORIO DE FISICA.
Escuela Superior Politécnica del Litoral 1980.
11. - CATALOGOS SOBRE MEDIDORES DE ENERGIA, DEMANDA Y TRANSFORMADORES DE ME
DIDA DE :

SANGAMO - WESTON.

WESTINGHOUSE

GENERAL ELECTRIC

LANDIS GYR

SIEMENS

CONTELECA.

- 12.-- CONTADORES DE ENERGIA ELECTRICA DE INDUCCION
Normas ecuatorianas editadas por INEN - 281, Recepción de lotes, de
finiciones, requisitos.
13. - PROYECTO DE REGLAMENTO GENERAL DEL SERVICIO ELECTRICO.
Instituto ecuatoriano de electrificación
- 14 - METER AND INSTRUMENT TRANSFORMER - ALL IN ONE.
Editado por Westinghouse.
15. - CONTADORES ELECTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA
J. DOMENECH, Gustavo Gili. Barcelona 1943.
16. - CONTADORES ELECTRICOS R. FERRER.
Síntesis, Barcelona 1.960.