

**POTENCIA EN EL DOMINIO DEL TIEMPO**

La potencia instantánea que consume un determinado circuito AC está definida por la siguiente fórmula:

$$P(t) = V(t) * i(t)$$

Donde  $v(t)$  e  $i(t)$  son la tensión y la intensidad de corriente en los terminales. Si  $P$  es positiva, se está suministrando energía al circuito. Si  $P$  es negativa, el circuito está devolviendo energía a la fuente.

**Potencia Media o Activa:**

La potencia neta o media que consume una carga durante un periodo de tiempo se denomina potencia activa.

$$P_{med} = V_e * I_{eff} \cos \theta$$

La unidad de la potencia Media o Activa es el Watt (W).

**Potencia Reactiva:**

Si un circuito pasivo contiene bobinas, condensadores o ambos tipos de elementos, una parte de la energía consumida durante un ciclo se almacena en ellos y posteriormente se devuelve a la fuente. Durante el periodo de retorno de la energía, la potencia es negativa. La potencia envuelta en este intercambio se denomina potencia reactiva. Aunque el efecto neto de la potencia reactiva es cero, su existencia degrada la operación de los sistemas de potencia. La potencia reactiva que se designa como  $Q$ , se define como:

$$Q = V_{eff} * I_{eff} \sen \theta$$

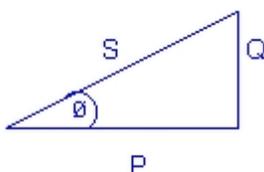
La unidad de la potencia reactiva es el Voltamperio reactivo (VAR)

**Intercambio de Energía entre una bobina y un condensador:**

Si una bobina y un condensador se alimentan en paralelo por la misma fuente de tensión de AC o en serie con la misma fuente de intensidad, la potencia consumida por el condensador está 180 grados desfasada respecto a la potencia que consume la bobina. Esto está explícitamente reflejado en los signos opuestos de la potencia reactiva  $Q$  para la bobina y el condensador. En ese caso, la bobina y el condensador intercambiarán energía una con otra, al margen de la fuente. Esto reduce la potencia reactiva suministrada por la fuente a la combinación LC y por consiguiente, mejora el factor de potencia.

### Potencia Compleja, Potencia Aparente y Triangulo de Potencias:

Las dos componentes P y Q de la potencia tienen diferentes significados y no pueden ser sumados aritméticamente. Sin embargo, pueden ser representados apropiadamente en forma de una magnitud vectorial denominada Potencia Compleja S, que se define como  $S = P + jQ$ . La unidad de esta medida es el voltamperio (VA). Las tres magnitudes escalares S, P y Q se pueden representar geoméricamente como la hipotenusa, el cateto horizontal y el vertical, respectivamente, de un triángulo rectángulo (denominado triángulo de potencias).



$$\text{Potencia Compleja: } S = P + jQ = I_{\text{eff}}^2 \cdot Z$$

$$\text{Potencia Activa: } P = R_e[S] = V_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \cos \phi$$

$$\text{Potencia Reactiva: } Q = I_m[S] = V_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \sin \phi$$

$$\text{Potencia Aparente: } S = V_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}}$$

### MEJORA DEL FACTOR DE POTENCIA

El servicio eléctrico a los consumidores industriales es trifásico, a diferencia de la energía monofásica que se suministra a los consumidores domésticos y pequeños comerciantes. Mientras las formas de medida y facturación varían según las utilidades, para los grandes consumidores será siempre ventajoso reducir la componente en cuadratura de su triángulo de potencias; esto se denomina mejora o corrección del factor de potencia. Las industrias generalmente tienen una componente inductiva global debida a su gran número de motores. Cada carga individual es o una resistencia pura, con factor de potencia unidad, o una resistencia con una reactancia inductiva con un factor de potencia en retraso. Todas las cargas están conectadas en paralelo, y la impedancia equivalente hace que la corriente esté retrasada y que exista un consumo de potencia reactiva inductiva Q. Para corregir el factor de potencia se conectan a la fuente baterías trifásicas de condensadores o en el lado primario o en el secundario del transformador principal, tal que la combinación de la carga de la instalación y las baterías de condensadores presente una carga a la fuente que esté próxima al factor de potencia unidad.

La corriente requerida por los motores de inducción, lámparas fluorescentes, transformadores y otras cargas inductivas, puede considerarse constituida por corriente magnetizante y por corriente de trabajo.

La corriente de trabajo es aquella que es convertida por el equipo en trabajo útil, por ejemplo hacer girar un torno, efectuar soldaduras o bombear agua. La unidad de medida de la potencia producida es el kilowatt (KW).

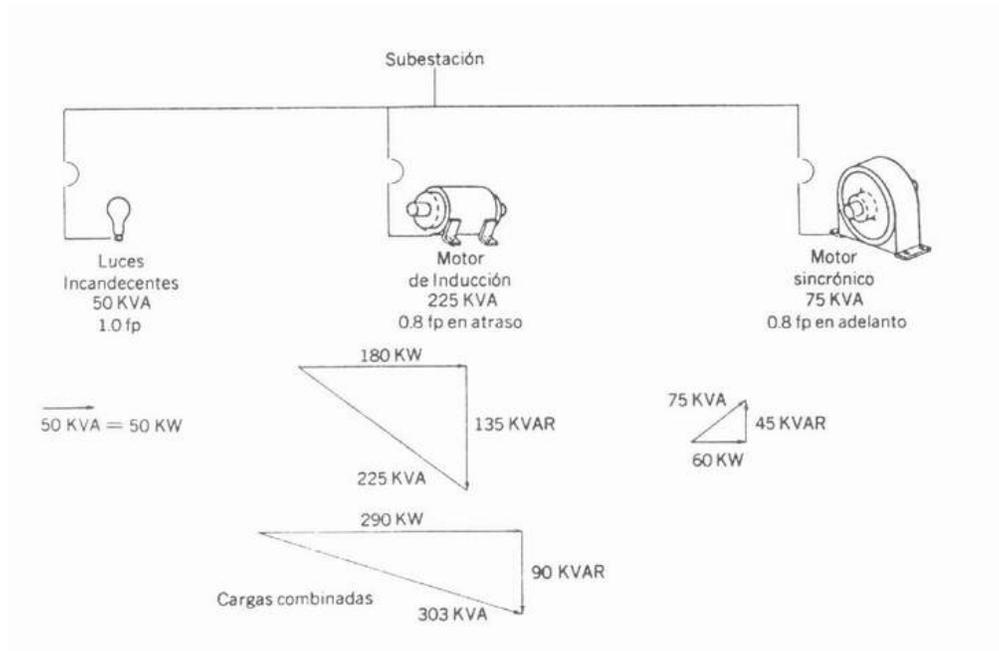
La corriente magnetizante (reactiva o no productora de trabajo) es la necesaria para producir el flujo para la operación de los dispositivos de inducción. Sin corriente magnetizante, la energía no puede fluir a través del núcleo del transformador o a través del entrehierro de los motores de inducción. La unidad de medición de esta "potencia magnetizante" es el kilovar (KVAR).

La potencia total denominada "potencia aparente" (KVA), será la suma geométrica de ambas potencias, esto es:

$$KVA = \sqrt{(KW)^2 + (KVAR)^2}$$

El factor de potencia se expresa como la razón entre la potencia real entre la potencia aparente:

$$\text{Factor de potencia} = \frac{KW}{KVA}$$





## **CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA**

Tener un bajo factor de potencia, representa un dispendio de energía tanto para los usuarios como para la comisión federal de electricidad. Es por ello que a continuación explicamos los inconvenientes y el motivo por el que se realiza un pago adicional en la facturación eléctrica.

La corriente que demanda su instalación de la red del servicio público, será mayor entre más bajo sea su factor de potencia. Esto puede ocasionar que sus transformadores, cables y otros equipos de distribución se sobrecarguen, con un incremento tanto de las pérdidas por calentamiento como de las caídas de tensión; además, de requerirse invertir en nuevos equipos, si la corriente rebasa el límite de los existentes.

Hay que considerar que para poder suministrar la corriente en exceso debida al bajo factor de potencia, la cfe requiere de una mayor capacidad instalada en sus equipos de generación, transformación, transmisión y distribución de energía eléctrica, con el consiguiente incremento en las inversiones destinadas al desarrollo de la infraestructura eléctrica y en los costos de operación, lo cual se traduce en el cargo que por bajo factor de potencia se aplica en su recibo de consumo de energía eléctrica.

Por lo tanto, para mejorar las condiciones de operación de sus equipos y la calidad y continuidad del servicio eléctrico, le recomendamos mantener el factor de potencia de su instalación a no menos del 90 % y tan cercano al 100 % como sea posible; con esto, en el primero de los casos, evitará el cargo correspondiente, y en el segundo, podrá obtener un a bonificación, tal y como está previsto en el punto número cuatro, de las disposiciones complementarias de las tarifas generales en vigor y que se transcribe a continuación:

## **COMO MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA**

El método más práctico para mejorar (corregir) el factor de potencia, es instalando capacitores o condensadores, en donde la corriente del condensador se encargará de suministrar la corriente magnetizante requerida por la carga. El efecto de los condensadores es opuesto al de las cargas inductivas, debido a esto la cantidad neta de potencia reactiva se reduce y por consecuencia se aumenta el factor de potencia.

Se emplean tablas y gráficas para facilitar la determinación de la capacidad de los condensadores necesarios para corregir el factor de potencia, a continuación se muestra una de las tablas.





### CORRECCION DEL FACTOR DE POTENCIA

FACTOR DE POTENCIA ORIGINAL	FACTOR DE POTENCIA DESEADO				
	100%	95%	90%	85%	80%
50%	1.732	1.403	1.248	1.112	0.982
51	1.687	1.358	1.202	1.067	0.936
52	1.643	1.314	1.158	1.023	0.892
53	1.600	1.271	1.116	0.980	0.850
54	1.559	1.230	1.074	0.939	0.808
55	1.518	1.189	1.034	0.898	0.768
56	1.479	1.150	0.995	0.859	0.729
57	1.442	1.113	0.957	0.822	0.691
58	1.405	1.076	0.920	0.785	0.654
59	1.368	1.040	0.884	0.748	0.618
60	1.333	1.004	0.849	0.713	0.583
61	1.299	0.970	0.815	0.679	0.549
62	1.266	0.937	0.781	0.646	0.515
63	1.233	0.904	0.748	0.613	0.482
64	1.201	0.872	0.716	0.581	0.450
65	1.169	0.840	0.685	0.549	0.419
66	1.138	0.810	0.654	0.518	0.388
67	1.108	0.799	0.624	0.488	0.358
68	1.078	0.750	0.594	0.458	0.328
69	1.049	0.720	0.565	0.429	0.298
70	1.020	0.691	0.536	0.400	0.270
71	0.992	0.663	0.507	0.372	0.241
72	0.964	0.635	0.480	0.344	0.214
73	0.936	0.608	0.452	0.316	0.186
74	0.909	0.580	0.425	0.289	0.158
75	0.882	0.553	0.398	0.262	0.132
76	0.855	0.527	0.371	0.235	0.105
77	0.829	0.500	0.344	0.209	0.078
78	0.802	0.474	0.318	0.182	0.052
79	0.776	0.447	0.292	0.156	0.026
80	0.750	0.421	0.266	0.130	
81	0.724	0.395	0.240	0.104	
82	0.698	0.369	0.214	0.078	
83	0.672	0.343	0.188	0.052	
84	0.646	0.317	0.162	0.026	
85	0.620	0.291	0.136		
86	0.593	0.265	0.109		
87	0.567	0.238	0.082		
88	0.540	0.211	0.056		
89	0.512	0.183	0.028		
90	0.484	0.155			
91	0.456	0.127			
92	0.426	0.097			
93	0.395	0.066			
94	0.363	0.034			
95	0.329				
96	0.292				
97	0.251				
98	0.203				
99	0.143				

Multiplique la cantidad de la columna y fila deseada por los kilowatts de demanda y obtendrá los KVAR del capacitor necesario para adelantar de un factor de potencia a otro.

NOTA: Debe tenerse cuidado de tomar los kilowatts de demanda media mensual cuando el factor de potencia medido sea el valor medio mensual.



**EJEMPLO:**

Determine el valor de los condensadores necesarios para corregir el factor de potencia de una carga de 500 KW desde 0.70 hasta 0.95.

Localice el valor de 70 % (factor de potencia original) en la primer columna, y en esa fila encuentre el valor de corrección en la intersección con la columna de 95 % (factor de potencia corregido). El valor de corrección es 0.691, por lo que el valor de los capacitores será:

$$\text{KVAR} = \text{KW} \times 0.691 = 500 \times 0.691 = \underline{\underline{345.5}}$$