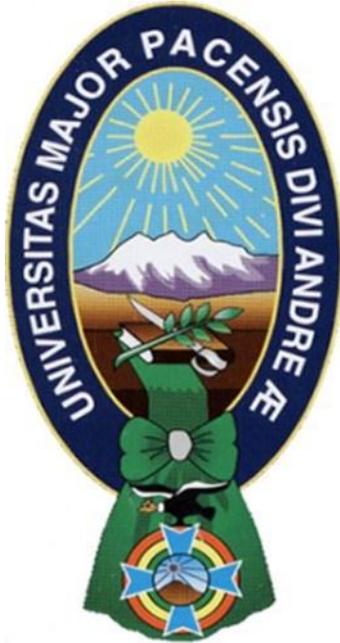


**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
CARRERA DE ELECTRICIDAD**



INFORME DEL TRABAJO DE APLICACIÓN

“CORRECCIÓN DE FACTOR DE POTENCIA EN BAJA TENSIÓN”

POR: ARIEL GORDILLO SOLANO

TRIBUNAL:

LIC. CARLOS MORALES RÍOS

ING. ROLANDO SALINAS SAAVEDRA

ING. WALTER RAMIREZ CRIALES

LA PAZ – BOLIVIA

AGOSTO, 2018

DEDICATORIA

Dedico el título a mi familia por la orientación y esfuerzo que realizaron para que esto se hiciera realidad a mis seres queridos que estén cerca y lejos.

Dedico este logro a mis padres trino Gordillo G y mi madre Natalia Solano F por el apoyo incondicional que dieron durante toda mi formación y preparación por los consejos y dar las fuerzas en los momentos buenos y malos dándome siempre una guía brindándome incondicionalmente todo el apoyo con su amor de padres gracias por todo.

AGRADECIMIENTO

Agradezco:

A la Facultad de Tecnología de la Universidad Mayor de San Andrés por darme la formación profesional, como Licenciado en Electricidad.

A los Docentes de la carrera de Electricidad por guiarme y transmitirme sus conocimientos, teóricos y prácticos por su cooperación en mi formación como profesional para poder enfrentarme a los nuevos retos a presentarse en los distintos avances de la evolución tecnológica.

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN DEL TRABAJO.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
2. JUSTIFICACION DEL PROBLEMA.....	4
3. OBJETIVOS.....	4
3.1 Objetivo general.....	4
3.2 Objetivo específico.....	5
4. FUNDAMENTO TEÓRICO.....	5
4.1 GENERACION DE ELECTRICIDAD EN BOLIVIA.....	6
4.3. CIRCUITO PRINCIPAL DE FUERZA EN BAJA TENSION.....	7
4.4. CARGA.....	7
4.5. TIPOS DE CARGA QUE TIENE UNA RED DE BAJA TENSION.....	7
CARGA NO LINEAL.....	8
CARGA INDUCTIVA.....	9
CARGA CAPACITIVA, POTENCIA TOTAL INSTALADA.....	10
PROTECCIONES.....	11
4.6. TIPOS DE POTENCIA.....	12
POENCIA ACTIVA.....	12
POTENCIA REACTIVA.....	13
POTENCIA APARENTE , FACTOR DE POTENCIA	14
MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA EN MEDIA TENSIÓN... ..	14
BENEFICIOS AL CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA.....	15
DESVENTAJAS DEL FACTOR DE POTENCIA.....	15

FACTOR DE POTENCIA.....	16
APLICACIÓN DE CORRECIÓN DE FACTOR DE POTENCIA GENERAL O INDIVIDUAL.....	16
TABLA DE VALORES DE CONDENSADORES	17
CURVA DE ARRANQUE DE MOTOR TRIFÁSICO.....	18
5. DESARROLLO DEL TRABAJO.....	19
5.1 DATOS TEÓRICOS.....	19
DATOS TEÓRICOS DE LA RED.....	20
CÁLCULO DE POTENCIA REACTIVA CON $F_p = 0.82$	20
CÁLCULO DE POTENCIA REACTIVA CON $F_p = 0.96$	20
CÁLCULO DEL CONDENSADOR.....	21
TABLA DE VALORES MEDIDOS	21
5.2. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO.....	22
CONDENSADOR TRIFÁSICO TDK 2.9KvAr.....	23
CONTACTOR PARA BANCO DE CONDENSADORES SIEMENS.....	25
BREAKER TRIFÁSICO CAMSCO 3POR 100A.....	26
MEDIDOR DIGITAL DE POTENCIA SCHNEIDER ELECTRIC LCD.....	27
ARMADO DEL TABLERO DE APLICACIÓN BANCO DE CONDENSADOR.....	27
MEDICIÓN DE VALORES DE MOTOR TRIFÁSICO EN MARCHA SIN CONDENSADORES.....	28
MEDICIÓN DEL COSENOFIMETRO.....	28
MEDICIÓN DE VOLTAJE CON CARGA.....	29
MEDICIÓN DE CORRIENTES EN FASES.....	29

MEDICION DE FRECUENCIA EN RED.....	30
MEDICION DE POTENCIA REACTIVA	30
MEDICION DE VALORES DE MOTOR TRIFASICO CON BANCO DE CONDENSADORES.....	31
MEDICION DEL COSENOFIMETRO.....	31
MEDICION DE VOLTAJE CON CARGA Y BANCO DE CONDENSADORES.	31
MEDICION DE CORRIENTES EN FASES.....	32
MEDICION DE FRECUENCIA DE LA RED.....	32
MEDICION DE POTENCIA RACTIVA.....	33
CONCLUSIONES.....	33
BIBLIOGRAFIA.....	35
ANEXOS.....	36

RESUMEN DEL TRABAJO

La producción de electricidad contempla un conjunto ya que sin una no sería posible el aprovechamiento de la electricidad.

La generación contempla las centrales hidroeléctricas hay estas el alternador de corriente alterna que producen electricidad aprovechando la energía cinética del agua que es aprovechada para mover las turbinas que están acopladas al eje del alternador y así transformar la energía cinética en energía mecánica para después transformada en energía eléctrica.

Transmisión es conjunto de estructuras que transmiten distancias largas a un elevado voltaje las distintas estructuras de transmisión es la que soporta el peso de los cables las fuerzas de tracción que tiene el propio conductor.

Subestaciones son las que transforman la tensión elevada a tensiones de media tensión y baja tensión que son para la industria y vivienda las subestaciones están compuestas de transformadores elevadores o reductores.

Distribución es la encargada de distribuir la energía eléctrica mediante conductores los cuales están soportados físicamente por postes y ferretería de línea la importancia de distribución es la de llegar con energía eléctrica a todos los usuarios para el sector industrial, comercial, salud y domestico es muy importante ya que estos requieren de energía eléctrica para el funcionamiento de todos sus equipos para una red de producción en cualquier sector.

Es de ahí que nace la necesidad de que la provisión de energía eléctrica sea de forma continua y en lo posible ininterrumpida y que la red sea aprovechada de forma óptima. Es por ello que la energía eléctrica debe ser aprovechada de manera tal que no debe de tener pérdidas en el consumo de energía absorbida, tanto en los conductores como también en la circulación de corriente ya que de ello depende si existen pérdidas o se aprovecha la energía de una forma adecuada.

La red principal de suministro de electricidad, son cargas de resistivas, capacitivas e inductivas. De ahí la importancia de que se tiene potencia activa, potencia reactiva y potencia aparente. Cuando se tiene este tipo de cargas, en especial carga reactiva que emanan de circuitos como motores eléctricos máquinas de soldar, equipos de rectificación, balastros, etc. Son cargas que trabajan con bajo factor de potencia, provocando una mayor circulación de corriente en las redes de energía eléctrica internas provocando pérdidas y ocasionando el sobrecalentamiento en los conductores, conllevando de que tenga que utilizarse conductores sobre dimensionados. Es aquí donde nace la necesidad de mejorar el factor de potencia mediante un banco de capacitores ya que estos corregirán el factor de potencia disminuyendo la circulación de corriente en las redes de suministro de baja tensión.

1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El suministro de energía eléctrica de la empresa DELAPAZ en redes trifásicas 400 V. + neutro (De 4 hilos), a una frecuencia de 50 Hertz constante, tanto al sector industrial, comercial, salud y doméstico. Siendo el voltaje entre línea-línea 400 V. y fase-neutro 230 V. en corriente alterna que alimenta a distintos circuitos que tienen potencias activas, reactivas y aparente. El trabajo de aplicación abarcará a mejorar el factor de potencia a cargas inductivas como máquinas eléctricas (motores, Transformadores, balastos) que requieren para su funcionamiento energía activa y reactiva: la activa que se transforma en trabajo o calor (Que son pérdidas midiéndose en KW.h) y la energía reactiva se manifiesta cuando existe energía activa entre la fuente y la carga, que generalmente son aquellos equipos que generan campos magnéticos como son los motores eléctricos y transformadores las mismas que se miden en KVAr.h .

Estos últimos son los que provocan una sobrecarga en las líneas de baja tensión de la red generadoras que no producen un determinado trabajo útil las mismas que hay que neutralizarlas y compensarlas con un banco de capacitores

Con el banco de capacitores instalados después de la red a una instalación industrial mejorará el factor de potencia de la instalación y así se reducirá la corriente en la red de baja tensión y a si se reducirá la corriente circulante en la red eléctrica.



Ilustración 1 motor Eléctrico Trifásico.

2.- JUSTIFICACION DEL PROBLEMA

Con el presente Trabajo de aplicación se requiere compensar la Energía Reactiva y demostrar el mejoramiento del factor de potencia en aquellas maquinas eléctricas que funcionan con energía activa y reactiva que por lo general están asociados a campos magnéticos internos provocando sobrecarga en las líneas transformadoras y generadoras que no producen un trabajo útil siendo muy perjudicial es por ello que es necesario neutralizarla o compensarla.

Esta es la razón por la que se emplean el banco de condensadores que generan energía reactiva en sentido inverso a la consumida por circuitos conectados.

La red de suministro, neutralizando las pérdidas por campos magnéticos. En Bolivia no existen recargos ni penalizaciones por consumo de energía reactiva por ello mismo la empresa DELAPAZ ve con mucha preocupación este aspecto porque van afectando a sus estaciones de transformación y generación. La corrección de energía reactiva reduce la caída de tensión en la línea de baja tensión con la instalación de condensadores a su vez, reduce la sección de conductores a instalarse resultado de una mejora del $\cos\phi$ transportando la misma potencia activa. También podemos indicar que se reduce las pérdidas por efecto Joule o calentamiento que sufre el conductor por el paso de corriente, perdidas del nivel de aislamiento, sección reflejándose con el pasar del tiempo en los conductores de alimentación.

3.- OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

- Realizar el mejoramiento del Factor de Potencia en cargas inductivas (motor eléctrico trifásico) aplicado a redes eléctricas de suministro en baja tensión, para un aprovechamiento óptimo de la energía eléctrica mediante un banco de capacitores instalados.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el tipo de carga y su conexión respectiva como potencia instalada con bajo factor de potencia.
- Elaborar los cálculos de corriente en función del tipo de red y su respectiva corrección de factor de potencia.
- Calcular los condensadores para conectar y mejorar el respectivo factor de potencia.
- Realizar la construcción del tablero didáctico y su implementación respectiva.
- Realizar el circuito a implementarse para el mejoramiento del $\cos \phi$.
- Registrar los datos teóricos y medidos en un cuadro de datos para verificar y evidenciar el mejoramiento del factor de potencia.
- Corregir el factor de potencia o $\cos \phi$, en circuitos eléctricos conectadas a una red de alimentación trifásica de tensión alterna (400 v.+ neutro de 4 hilos) utilizando carga como motor eléctrico, como cargas inductivas ya que estas últimas vienen definidos su $\cos \phi$ por el fabricante, como en el caso específico en el caso de la carga que se está utilizando es de un $\cos \phi = 0,82$ siendo el propósito el de mejorar ese bajo factor de potencia.

4.- FUNDAMENTO TEORICO

La importancia de producir electricidad en generadores en centrales hidroeléctricas, termoeléctricas, eólicas, son las que se explotan en nuestro país, muchas veces por no hacer un uso adecuado de este recurso energético.

Según la Norma Boliviana NB-777 la potencia reactiva es la que afecta a las redes de suministro, estaciones de transformación y generaciones eléctricas, esto debido a la presencia de potencia reactiva. En los sectores donde hay más presencia de este tipo de circuitos son los siguientes tipos de usuarios:

- a) Talleres de mecánica, carpintería, soldadura, mantenimiento mecánico o automotriz con más de 30 KW de demanda máxima de potencia activa prevista.
- b) Edificios, galerías y complejos comerciales.

c) Instalaciones industriales pequeñas y medianas.

Para toda instalación comprendida en se debe considerar necesariamente el efecto del factor de potencia, cuyo valor promedio debe ser 0,90.

De aquí parte la necesidad de compensar la potencia reactiva en cualquiera de los sectores mencionados ya que esto afecta en el consumo de corriente, por ende, en el sobrecalentamiento de los conductores y el costo económico del consumo de energía eléctrica.

4.1. GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD EN BOLIVIA

CENTRALES HIDROELECTRICAS

Una central hidroeléctrica es aquella en la que se emplea energía cinética del agua que mueve una turbina la misma que está conectada a un alternador. Los proyectos de generación y transmisión más importantes de Bolivia son: Miguillas, San José, Misicuni y Rositas.

CENTRALES TERMOELECTRICAS

Una central termoeléctrica es la que funciona a gas o derivados del petróleo como también combustibles orgánicos. La energía liberada durante la combustión hace que el vapor a presión generado moverá la turbina que hace girar al alternador produciendo energía eléctrica. Siendo los lugares de generación son: La Laguna Colorada, Tarija al SIN, Termo del Sur, Warnes, Bulo Bulo y San Buena Aventura.

ENERGIAS RENOVABLES

En Bolivia también se están aprovechando para la producción de electricidad recursos de energías renovables como es el eólico, biomasa, geotérmico las mismas que se aprovechan con un porcentaje mínimo.

4.3. CIRCUITO PRINCIPAL DE FUERZA EN BAJA TENSION

Las características de una red en baja tensión, según la NB-777 establece requerimientos mínimos para el diseño, construcción y la puesta en servicio de instalaciones eléctricas en baja tensión las mismas que conllevan a cumplir exigencias de seguridad, para optimizar el servicio de suministro.

Donde la tensión de servicio sea entre fase - fase menor a 1000 V. Toda instalación eléctrica que no cumplan las normas establecidas en el NB-777 deberán necesariamente readecuarse a la presente norma para que no se produzcan perturbaciones en la red de distribución públicas.

4.4. CARGA

Se considera carga a todo aquel artefacto, equipo o instalación donde su principio de operación requiere necesariamente de energía eléctrica para su funcionamiento y plena operación.

4.5. TIPOS DE CARGA QUE TIENE UNA RED DE BAJA TENSION

CARGAS RESISTIVAS: Son cargas resistivas aquellas que tienen una resistencia eléctrica designada con la letra R y expresada en Ohmios.

Las cargas resistivas pueden encontrarse en equipos como lámparas incandescentes, planchas y estufas eléctricas, en general.

La energía que requiere para funcionar es transformada en energía lumínica o energía calorífica, en cuyo caso el factor de potencia toma el valor de 0.99, en un circuito puramente resistivo, la corriente está en fase con la tensión y es función inmediata de la tensión. Por lo tanto, si la tensión y la corriente están en fase, tenemos que:

$$I = \frac{V}{R}$$

I = Amperios o corriente.

V = Voltaje o tensión.

R = Resistencia eléctrica unidad Ohmios.

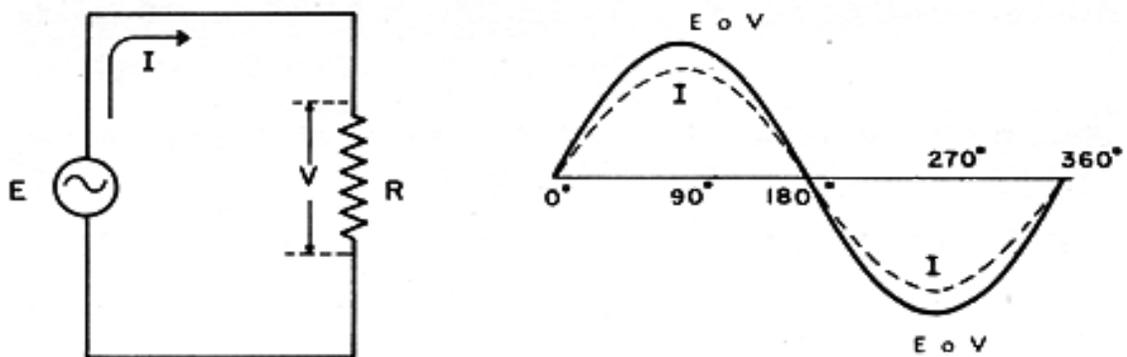


Ilustración 2 Diagrama Fasorial de Resistencia.

Potencia Activa Watts Este tipo de cargas, del tipo resistivo se encuentran más comúnmente en todos los sistemas eléctricos ya sea residencial, industrial o comercial siendo los más comunes: Hornos eléctricos, calefactores, planchas, alumbrado incandescente.

CARGA NO LINEAL: Se considera como carga no lineal a todos los equipos cuyas características afectan los parámetros de la red de distribución o alimentación, ya que estas cargas son las que modifican la forma de onda de tensión y corriente durante su periodo de su puesta en marcha como por ejemplo están conceptuados como cargas a todos los equipos electrónicos, en general

monofásicos, que internamente trabajan con corriente continua (ordenadores, impresora, autómatas programables, etc.)

CARGAS INDUCTIVAS: Se consideran como cargas inductivas a todos aquellos equipos donde haya bobinados involucrados, como por ejemplo en los equipos del tipo electromecánicos como los motores eléctricos, balastos, transformadores, máquinas de soldar entre otros; además de consumir potencia activa, requieren potencia reactiva para su propio funcionamiento, por lo cual trabajan con un factor de potencia menor a 1.0.

Las cargas inductivas, dan origen al bajo factor de potencia (menores a 0.9). En un circuito puramente inductivo la corriente no está en fase con la tensión ya que va atrasada 90° con respecto a la tensión. Como se ve en el siguiente diagrama fasorial correspondiente.

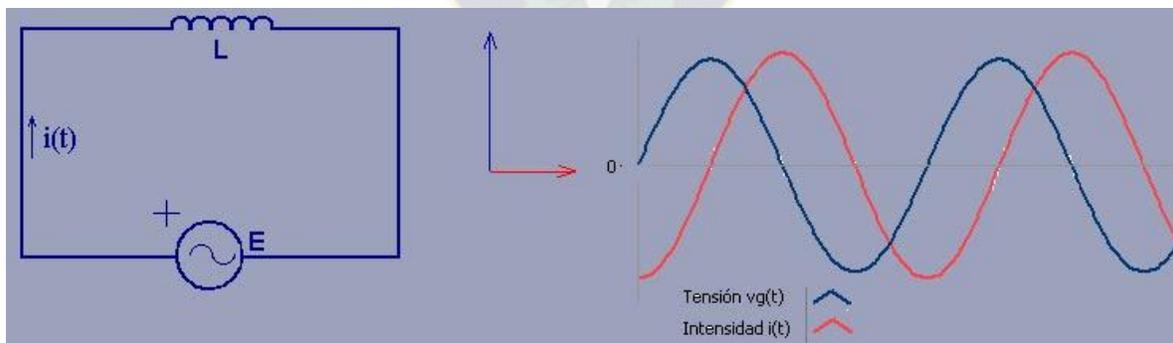


Ilustración 3 copiar imagen

CARGAS CAPACITIVAS: Son consideradas como cargas capacitivas a aquellas que se presentan en los capacitores y se caracterizan porque la corriente se encuentra adelantada respecto de la tensión en 90° . Se consideran como cargas capacitivas al: Banco de capacitores derivación del mismo, la misma que se opone al paso de la corriente eléctrica alterna, debido a los circuitos combinados de la resistencia, inductancia y capacitancia, las mismas que son características de un determinado circuito.

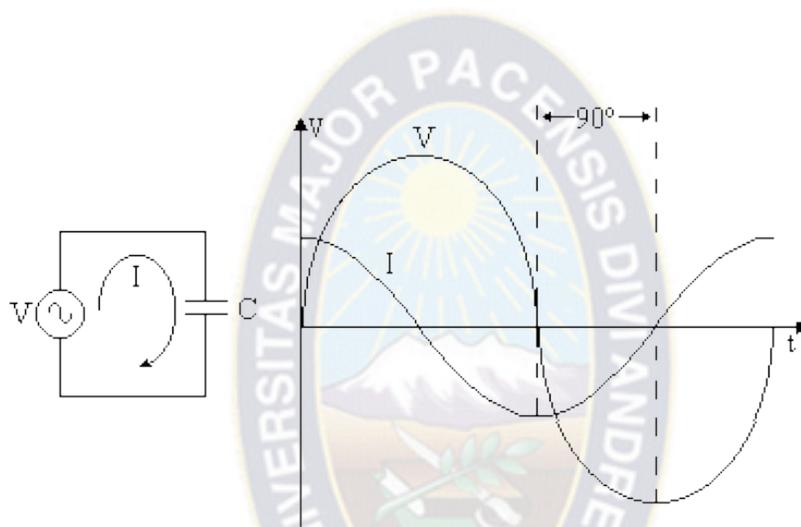


Ilustración 4 Diagrama fasorial de circuito inductivo.

POTENCIA TOTAL INSTALADA EN CARGA: Es la suma de las potencias nominales de los equipos o puntos conectados a un circuito, es válida en un determinado punto y periodo de tiempo. Y se las define en Watts (w).

PROTECCIONES: Hacemos referencia a todos aquellos dispositivos que están destinados a cortar el suministro de energía eléctrica a un circuito o también puede ser diferentes artefactos cuando estos alteren las condiciones normales de funcionamiento. Estas protecciones deben de estar conectadas siempre en las líneas de suministro.

PROTECTOR TÉRMICO: Son aquellos dispositivos que están destinados a limitar la sobrecarga en un circuito eléctrico mediante la acción de un componente que

actúa por alteraciones de temperatura en cualquier carga, siendo su accionar por lo general un par bimetálico, que pueden ser de acción rápida gracias al efecto magnético producido por la circulación de la corriente eléctrica.

PUESTA A TIERRA: Un sistema de puesta a tierra es toda conexión metálica directa sin fusible ni protección alguna, ya que en determinados elementos de una instalación eléctrica. Un electrodo o más enterrados en el suelo, con el objetivo de que no existan diferencias de potencial peligrosas en un circuito y que permita el paso a tierra, de las corrientes de falla o descarga que son de origen atmosférico naturales provocan dichas alteraciones.

TENSIÓN NOMINAL: Es aquella referida al valor convencional de la tensión con la que se designa un sistema o instalación, para el cual ha sido previsto su puesta en marcha y aislamiento. La tensión nominal también está determinada por el fabricante para su operación eléctrica, la misma que debe ser con especificación y construcción normalizada velando las redes de servicio y suministro eléctricos.

TENSIÓN DE SERVICIO: Es la tensión de suministro de energía eléctrica a los consumidores, que son el industrial, comercial o doméstico las mismas que pueden variar en límites establecidos por ley, en el caso específico de nuestro país lo realiza la Súper Intendencia de Electricidad. En función de la NB-777.

FRECUENCIA: Es la cantidad de ciclos o periodo que se da en el tiempo de un segundo tiene 50 Hz la frecuencia nominal.

CONDUCTORES: Los conductores a utilizarse por lo general serán designados como conductor enhebrado (formado por varios alambres iguales de sección menor comúnmente llamado cable). Como también se designa conductor al alambre, (sección circular sólida única) la misma que será de uso alternativo.

Los conductores y su designación según la Norma Boliviana NB-777 se las realiza con los siguientes colores:

CONDUCTOR	DESIGNACIÓN	COLOR
Fase 1	(R), (A), (L1)	Azul
Fase 2	(S), (B), (L2)	Negro
Fase 3	(T), (C), (L3) Rojo Neutro (N)	Blanco o celeste
De protección	(PE)	Verde y amarillo; o verde

Tabla N°1: Código de colores para conductores (NB-777)

4.6. TIPOS DE POTENCIA

POTENCIA ACTIVA (P): Es la capacidad de un circuito para realizar un proceso de transformación de la energía eléctrica en trabajo, originada por la corriente que está en fase con la tensión. Los dispositivos eléctricos convierten la energía eléctrica en otras formas de energía tales como: mecánica, lumínica, térmica, química, etc. Esta potencia es la realmente consumida por los circuitos.

$$P = V * I * \cos = I * Z * I * \cos = I^2 * Z * \cos = I^2 * R$$

$$P = \sqrt{3} VI \cos \varphi$$

Formula de potencia trifásica

Donde:

Z = Impedancia

La potencia activa es debido a los elementos resistivos, siendo su unidad el KW. La potencia activa P, se origina por la componente resistiva, ya que es un fasor a cero grados como en el grafico que se ilustra:

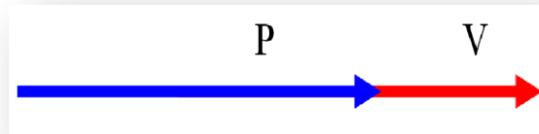


Ilustración 5 Grafica de potencia activa en fase con la tensión.

POTENCIA REACTIVA (Q): La potencia reactiva no tiene carácter realmente de ser consumida apareciendo, cuando existen bobinas o condensadores en todos aquellos circuitos que generan campos magnéticos y campos eléctricos. La corriente que está a 90° con respecto a la tensión, ya sea en adelante o en atraso. La potencia reactiva tiene un valor medio nulo, por lo que no produce trabajo útil y se designa con la letra (Q).

Y la ecuación que se emplea es la siguiente :

$$Q = V * I * \sin \varphi = I^2 * Z * \sin \varphi = S * \sin \varphi$$

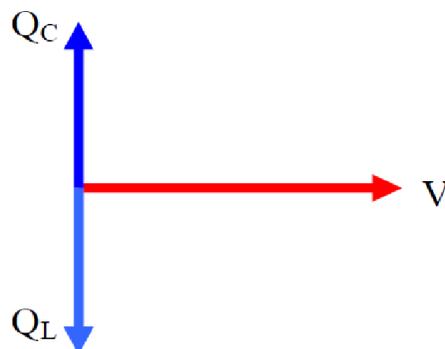


Ilustración 6 grafica potencia reactiva en adelante Qc.

Donde:

S = Potencia aparente o total (KVA).

La unidad es el kVAr, siendo esta potencia es únicamente con aquellos elementos reactivos, los cuales pueden ser del tipo inductivo Q_L o capacitivo Q_C , como se puede ver en el siguiente gráfico.

Compensación del factor de potencia Las cargas inductivas requieren potencia reactiva para su funcionamiento. Esta demanda de reactivos se puede reducir e incluso anular si se colocan capacitores en paralelo con la carga. Cuando se reduce la potencia reactiva, se mejora el factor de potencia.

POTENCIA APARENTE (S): La potencia aparente de un circuito eléctrico en corriente alterna es la suma de la potencia activa al cuadrado más la potencia reactiva al cuadrado extraída por la raíz cuadrada dada como resultado la potencia aparente.

Esta potencia no es la realmente útil, solamente cuando el factor de potencia o ($\cos \varphi=1$) sabemos que es la energía consumida por los elementos resistivos, sino que también ha de contarse con la que van a "almacenar" bobinas y condensadores. Designándose a esta potencia con la letra **S** siendo su unidad.

MEJORAMIENTO DEL FACTOR DE POTENCIA EN MEDIA TENSIÓN

Los puntos más usuales donde se realiza la compensación de energía reactiva son las líneas de evacuación de centrales de generación (parques eólicos, hidroeléctricas, etc.), subestaciones receptoras o de distribución, y nudos de distribución.

La gama de condensadores de MT de CIRCUTOR está formada por una serie completa de condensadores monofásicos y trifásicos en total conformidad con la Norma internacional IEC 60871. El diseño y producción de los condensadores se realiza con la garantía y fiabilidad de las mejores materias primas, y con la flexibilidad suficiente para aportar una solución personalizada para cada aplicación.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL FACTOR DE POTENCIA

Un factor de potencia nos indica que no estamos utilizando plenamente la energía que entrega la energía eléctrica.

BENEFICIOS AL CORREGIR EL FACTOR DE POTENCIA

Disminución de pérdidas en los conductores.

Reducción de las pérdidas de las caídas de tensión.

Aumento de la disponibilidad de potencia de transformadores y líneas.

Incremento de la vida útil de las instalaciones eléctricas.

Reducción del costo de su facturación de energía eléctrica.

DESVENTAJAS DEL FACTOR DE POTENCIA

Aumento de la intensidad de corriente

Aumento de la sección de conductores puesto que los conductores dependen de la intensidad de la corriente.

Aumento de temperatura de los conductores por (efecto joule)

Aumento de la facturación de la energía eléctrica.

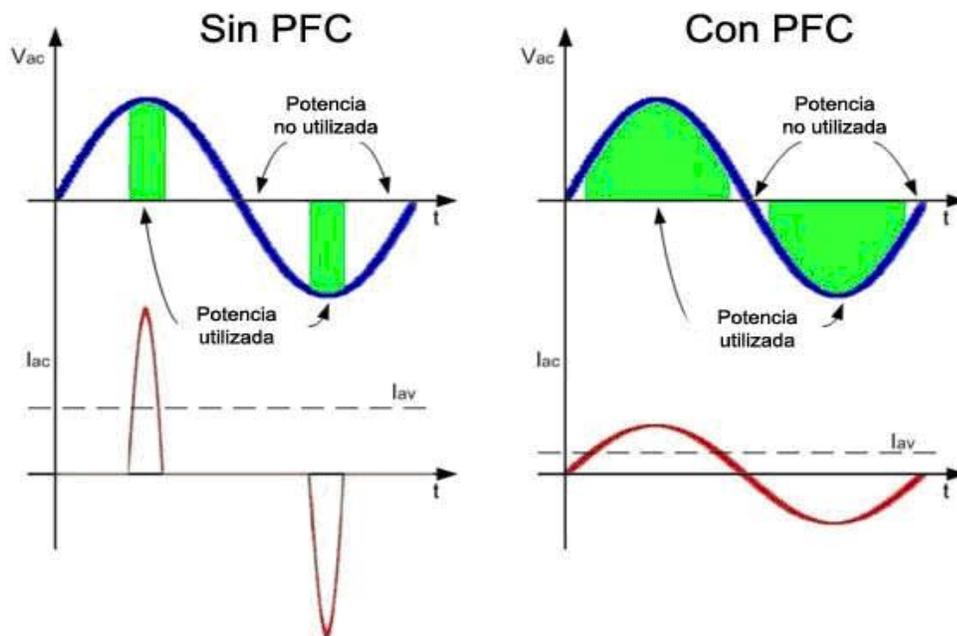


Ilustración 7 grafica de mejoramiento de factor de potencia.

FACTOR DE POTENCIA: El Factor de Potencia se define como la relación entre la potencia activa (kW) usada en un sistema y la potencia aparente (kVA) que se obtiene de las líneas de alimentación. Todos los equipos electromecánicos que están constituidos por devanados o bobinas, tales como motores y transformadores necesitan la denominada corriente reactiva para establecer campos magnéticos necesarios para su operación. La corriente reactiva produce un desfase entre la onda de tensión sinusoidal.

La onda de corriente, provocado por cargas inductivas puras, de no existir la corriente reactiva la tensión y la corriente estarían en fase y el factor de potencia sería la unidad.

El desfase entre las ondas de tensión y corriente, producido por la corriente reactiva se anula con el uso de condensadores de potencia, lo que hace que el funcionamiento del sistema sea más eficaz y, por lo tanto, requiera menos corriente lo que técnicamente se denomina compensación.

APLICACIÓN DE CORRECIÓN DE FACTOR DE POTENCIA GENERAL O INDIVIDUAL.

Se corrige el factor de potencia de manera individual tanto en. Sistemas de generación, transporte y distribución Los puntos más usuales donde se realiza la compensación de energía reactiva son las líneas de evacuación de centrales de generación (parques eólicos, hidroeléctricas, etc.), subestaciones receptoras o de distribución, y nudos de distribución. Instalaciones industriales con distribución y consumo en MT Por regla general, las instalaciones que distribuyen y consumen energía en MT son susceptibles de ser compensadas, como por ejemplo centros de bombeo, desalinizadoras, papeleras, cementeras, industria petroquímica, acerías, etc. Instalaciones industriales con distribución en MT y consumo en BT Normalmente se realiza la compensación en BT debido a que se trata de potencia pequeñas y con un nivel de fluctuación de la demanda rápida en comparación con MT. No obstante, si el número de centros de transformación y el consumo de energía reactiva son elevados.

TABLA DE VALORES DE CONDENSADORES

Tabla para Motores Trifásicos Capacitores para compensar motores asíncronos trifásicos 3 x 400 Vca. 50 Hz.					
Potencia en el eje. (H.P.)	Potencia en el eje. (KW)	Velocidad de sincronismo. (R.P.M.)	Corriente a plena carga. (A.)	Potencia React. Capac.Optima. (KVAR)	Capacitor en KVAR
1	0,75	750	2,475	0,5586	0,75
		1000	2,275	0,5173	0,50
		1500	2,038	0,3800	0,50
		3000	1,838	0,2750	-
1,5	1,1	750	3,475	0,9387	1,00
		1000	3,275	0,7210	0,75
		1500	2,763	0,6538	0,75
		3000	2,550	0,3570	0,50
2	1,5	750	4,063	0,9149	1,00
		1000	3,976	0,8533	1,00
		1500	3,600	0,7686	0,75
		3000	3,417	0,3740	0,50
3	2,2	750	6,000	1,5176	2,00
		1000	5,525	1,0213	1,00
		1500	5,150	0,9247	1,00
		3000	4,925	0,4450	0,50
4	3	750	7,813	2,0300	2,00
		1000	7,463	1,5500	1,00
		1500	6,950	1,3400	1,00
		3000	6,288	0,5660	0,50
5,5	4	750	10,215	2,6700	3,00
		1000	9,875	1,9950	2,00
		1500	8,600	1,5500	1,00
		3000	8,140	0,6600	0,75
7,5	5,5	750	13,800	3,3675	3,00
		1000	13,500	2,6100	2,00
		1500	11,750	1,8500	2,00
		3000	11,313	0,6900	0,75
10	7,5	750	18,225	4,3290	4,00
		1000	16,850	3,3300	3,00
		1500	15,650	2,5500	2,00
		3000	14,763	0,8100	0,75
15	11	750	25,815	5,8640	6,00
		1000	24,520	4,5100	5,00
		1500	22,000	3,2240	3,00
		3000	22,038	1,7600	2,00
20	15	750	33,800	8,0000	8,00
		1000	31,480	5,3800	5,00
		1500	30,060	4,6370	5,00
		3000	28,840	2,3200	2,00
25	18,5	750	38,000	7,5600	7,00
		1000	38,200	7,3200	7,00
		1500	38,100	5,0150	5,00
		3000	34,760	3,5000	3,00
30	22	750	44,000	10,3200	10,00
		1000	45,380	8,9600	9,00
		1500	44,620	6,4100	6,00
		3000	41,780	4,8100	5,00
40	30	750	60,000	12,3800	12,00
		1000	58,000	10,7600	10,00
		1500	56,850	9,4000	10,00
		3000	56,430	6,6200	7,00
50	37	750	75,000	17,6200	17,00
		1000	71,000	12,7500	12,00
		1500	70,000	11,7640	12,00
		3000	70,450	8,4520	8,00
60	45	750	89,000	19,9500	20,00
		1000	86,000	15,9500	16,00
		1500	84,000	13,1400	13,00
		3000	83,000	9,1380	10,00

Los valores de esta tabla se han calculado como promedio de los motores normalizados de plaza. Por lo tanto pueden encontrarse diferencias con algún modelo en particular.

Ilustración 8 Tabla de valores de condensadores para motores eléctricos.

CURVA DER ARRANQUE DE MOTOR TRIFASICO

ES EL MEDIO SE SIEMPRE ÚNICAMENTE EN MÁQUINAS DE UNA POTENCIA INFERIOR A 50 CV
UN MOTOR ARRANCA EN FORMA DIRECTA CUANDO A SUS BORNES SE APLICA DIRECTAMENTE LA
TENSIÓN NOMINAL LA CUE DEBE DE BAJAR

SI EL MOTOR ARRANCA A PLENA CARGA, EL BORNADO DEBE ABOBERAR UNA CANTIDAD DE
CORRIENTE MUY SUPERIOR A LA NOMINAL, LO QUE HACE QUE LAS LÍNEAS DE ALIMENTACIÓN
INCHEM EN CONSIDERABLEM EN SU CARGA Y COMO CONSECUENCIA DIRECTA SE REDUCE
LA CAÍDA DE TENSIÓN. LA INTENSIDAD DE CORRIENTE DURANTE LA FASE DE ARRANQUE PUEDE
TOMAR VALORES EN 6 A 8 VECES MAYORES QUE LA CORRIENTE NOMINAL DEL MOTOR. SU
VENIA PRINCIPAL ES ELEVADO PAR DE ARRANQUE, QUE ES 1.5 VECES EL NOMINAL.

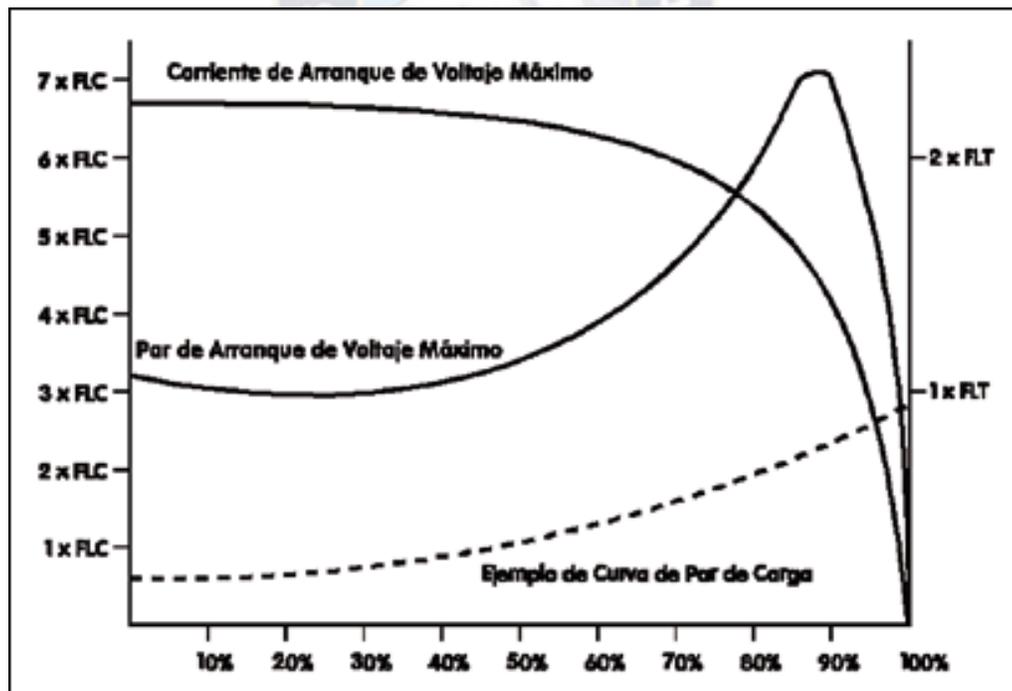


Ilustración 9 curva de arranque motor trifásico



Ilustración 10 Motor Eléctrico trifásico.

5. DESARROLLO DEL TRABAJO

5.1 DATOS TEÓRICOS.

Datos del Motor

P= Potencia del Motor 5Hp

V= Voltaje del Motor 440 v

A = Corriente del Motor 7.5

Frecuencia = 50 Hz

cos φ = 0.82



Ilustración 11 Placa de características

Datos Teóricos de la Red

- Tensión de red de suministro 400 v
- Frecuencia 50 Hz
- Se mejorara el factor de potencia de 0.82 a 0.96 por ser una carga inductiva
- Potencia activa $W = P = VI \cos \Phi$
- Factor de potencia $F_p = \cos \Phi$

CALCULO DE POTENCIA REACTIVA CON FP= 0.82

$$\Phi_1 = \text{Arcos}(0.82) = 34^\circ$$

$$\text{tang} \Phi_1 = \frac{Q_1}{P} \quad Q_1 = P \text{ tang} \Phi_1$$

$$Q_1 = (5\text{Hp})(746\text{W}) \text{ tang}(34) = 2515.9 \text{ VAR}$$

CALCULO DE POTENCIA REACTIVA CON FP= 0.96

$$\Phi_2 = \text{Arcos}(0.96) = 16^\circ$$

$$\tan \Phi_2 = \frac{Q_2}{P} \quad Q_2 = P \tan \Phi_2$$

$$Q_2 = (5\text{Hp})(746\text{w})\tan(16) = 1069.5 \text{ VAR}$$

CALCULO DEL CONDENSADOR

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$Q_c = 2515.9 \text{ VAR} - 1069.5 \text{ VAR} = 1446 \text{ VAR}$$

Esta es la potencia Reactiva que tiene que tener nuestro condensador para su corrección de factor de potencia de nuestro motor.

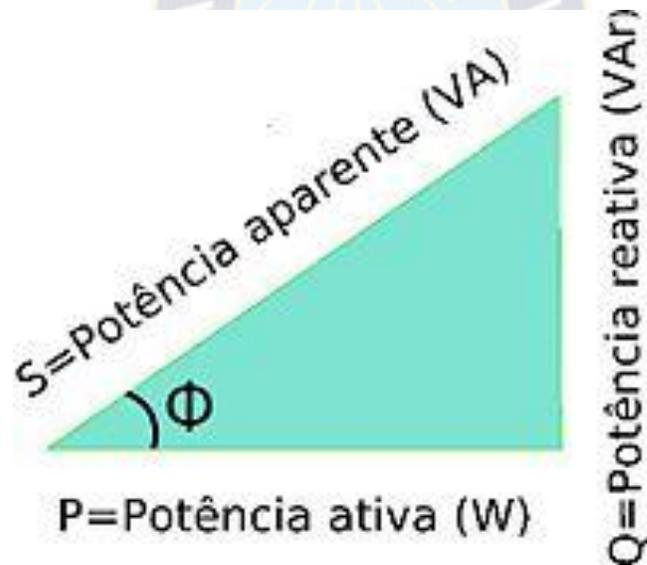
TABLA DE VALORES MEDIDOS SIN CONDENSADOR			
$I_1=4.7\text{A}$	$V_{RS}=397$	$P(\text{Activa})=313(\text{W})$	$F=50\text{Hz}$
$I_2=4.4\text{A}$	$V_{ST}=399.9$	$Q(\text{Reactivo})=3.02 \text{ KvAr}$	$\text{Cos}\Phi=0.72$
$I_3=4.3\text{A}$	$V_{TR}=397$	$S(\text{Aparente})=3.03\text{KvA}$	

TABLA DE VALORES MEDIDOS CON CONDENSADOR			
$I_1=4.7\text{A}$	$V_{RS}=398.4$	$P(\text{Activa})=224.8(\text{W})$	$F=49.97\text{Hz}$
$I_2=4.6\text{A}$	$V_{ST}=398.7$	$Q(\text{Reactivo})=3.10 \text{ KvAr}$	$\text{Cos}\Phi=0.99$
$I_3=4.2\text{A}$	$V_{TR}=397$	$S(\text{Aparente})=3.12\text{KvA}$	

5.2. DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO

El presente trabajo de aplicación se centra específicamente a mejorar la operación en los sistemas eléctricos de distribución en baja tensión, ya que surgen demandas anormales de reactivos y esto mismo obliga a los generadores a bajar su factor de potencia para suministrar los reactivos complementarios, siendo el objetivo.

La compensación reactiva es que la potencia aparente sea lo más parecido posible a la potencia activa, porque de ello dependerá que los distintos circuitos conectados a la red principal no sufran circulación de excesivas corrientes las cuales son perjudiciales más que todo en calentamiento o calor en los conductores producido por las cargas inductivas.



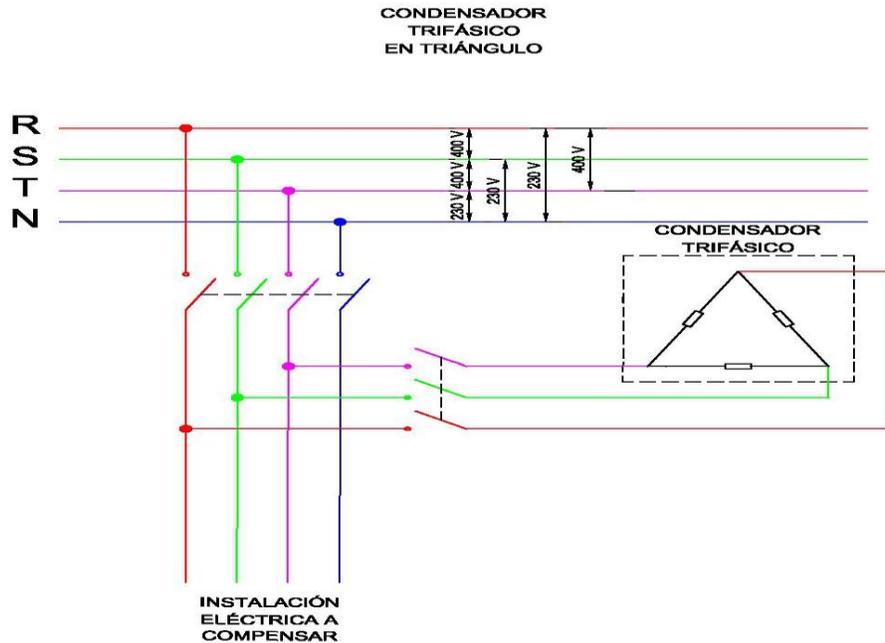


Ilustración 12 Conexión eléctrica de banco de capacitores

CONDENSADOR TRIFÁSICO TDK 2.9 Kvar 400v

La compensación de energía reactiva mediante banco de capacitores se efectúa para no pagar energía reactiva al suministrador de energía eléctrica, para disminuir caídas de tensión, para minimizar pérdidas de energía, para ampliar la capacidad de transmisión de potencia activa a los cables.

El capacitor de potencia para baja tensión de la firma Epcos es autorregenerable puesto que cuenta con un film de polipropileno que da a lugar a ventajas dieléctricas además con fusible interno de seguridad desconecta por sobrepresión para corriente de falla máxima la posición estándar es vertical, aunque también puede colocarse de forma horizontal con soporte adicional montaje y puesta a tierra se lleva por perno M 19.



Ilustración 13 condensador Trifásico TDK 2.9 KVAR 400 v

CONTACTOR PARA BANCO DE CONDENSADORES SIEMENS



Estos contactores van equipados con un bloque frontal de tres contactos auxiliares adelantados al cierre, juntos a unas resistencias 2 por fase a través de las cuales los condensadores son pre conectados a la red de esta forma son amortiguados los picos de corriente de conexión.

Una vez las resistencias de precarga han amortiguado los picos de corriente que se producen en la conexión del condensador. Los contactos principales cortocircuitan las resistencias fluyendo por estos la corriente.

Unos milisegundos después del cierre de los contactos principales se produce la apertura de los contactos auxiliares garantizándose de este modo que toda la corriente fluye a través de los contactos principales.

BREAKER TRIFASICO 3 POR 100 A

El Breaker o disyuntor eléctrico es un tipo de dispositivo de conmutación que se puede activar automáticamente, así como manualmente para controlar y proteger un sistema eléctrico.

Pletina de cobre de 3/4 por 1/8 o barra de cobre servirá para el tablero de distribución para derivar los diferentes circuitos que se usaran en el trabajo de aplicación.



FUSIBLES O ELEMENTOS DE CORTE.

Fusible dispositivo constituido por un soporte adecuado y un filamento o lamina de un metal o aleación de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda por efecto joule cuando la intensidad de corriente supera por un cortocircuito o un exceso de carga.

MEDIDOR DIGITAL DE POTENCIA SCHNEIDER ELECTRIC LCD

El medidor de potencia activa mide los watio hora consumida.



Armado del tablero de banco de condensadores

Es aquí donde se ubicaran los componentes eléctricos, electromecánicos, como fusibles medidor de energía trifásica, Breaker, termo magnéticos .condensador trifásico, contactos para condensador, pletina de cobre, cables de alimentación, contactor para el arranque de motor trifásico como carga inductiva, elementos de protección, guarda motor el tablero es la que contendrá el material de trabajo de aplicación para su demostración práctica de un banco de condensadores.



Ilustración 14 Tablero de Aplicación de Banco de Condensadores

MEDICIÓN DE VALORES MOTOR TRIFÁSICO EN MARCHA SIN BANCO DE CONDENSADORES.

- Medición del cosenofimetro analógico Camsco



- **Medición del Voltaje con Carga.**



- **Medición de Corrientes en fases con Carga**



- **Medición de Frecuencia en Red**



- **Medición de Potencia Reactiva**



MEDICIÓN DE VALORES DE MOTOR TRIFÁSICO CON BANCO DE CONDENSADORES

- Medición del cosenofimetro con banco de condensadores



- Medición de voltajes con carga y banco de condensadores



Medición de corrientes en tres fases con carga y banco de condensadores



Medición de Frecuencia de la Red



- **Medición de Potencia Reactiva**



6. CONCLUSIONES

En el presente trabajo de aplicación donde el tema principal es el de mejorar el factor de potencia en cargas inductivas conectadas a una fuente de tensión alterna trifásico + neutro (de cuatro hilos), donde entre fase – fase se tiene 400V y fase – neutro se tiene 230V. Primeramente se debe de determinar la tensión de suministro de energía eléctrica en baja tensión, ya que según la red de distribución de la empresa DELAPAZ en los sectores industrial, comercial y domestico se tiene un margen de tolerancia de $\pm 5 \%$ en la tensión de servicio, en todos los sectores anteriormente mencionados.

Posteriormente verificar los tipos de carga que está conectado a los distintos circuitos e identificar a todas aquellas cargas netamente inductivas los cuales tienen un factor de potencia bajo y mejorar su $\cos\phi$. Ya que este es el mayor problema con el que se tropieza significando un mayor consumo de corriente y este hecho nos lleva a que se debe de elevar el respectivo factor de potencia en

estas cargas inductivas para así disminuir la circulación de corriente excesiva, siendo esto debido a la potencia reactiva

Todos aquellos consumidores de la red de distribución en baja tensión deben mejorar el bajo factor de potencia en todos aquellos equipos inductivos que generan carga reactiva.



7. BIBLIOGRAFIA

- García Trasancos, J. (s.f.). *“Instalaciones Eléctricas en Media y Baja tencion”*.
IBNORCA NB-777. (2007). *Diseño y Construcción de Instalaciones Eléctricas
Interiores en Baja Tensión*. La Paz- Bolivia.
- Robert.LBoylestad. (1980). *Analisis Introductorio de Circuitos* . Mexico: Trilles.
- Rosenberg, R. (1980). *Reparacion de Motores Electricos*. Buenos Aires Argentina:
GG.
- Schneider Electric. (2000). *“Corrección del Factor de Potencia”*,.
La norma Boliviana NB 777



ANEXOS

Condensadores fijos (consulte la [Figura L10](#))

En esta configuración se utilizan uno o varios condensadores para obtener la potencia reactiva necesaria.

La conexión se puede realizar:

- Por interruptor de corte en carga o interruptor automático.
- Por contactor.
- Directamente a bornes del receptor a compensar y maniobrado conjuntamente.

La utilización de esta configuración se suele aplicar en:

- En bornes de los dispositivos inductivos (motores y transformadores).
- En los casos en los que el nivel de carga es razonablemente constante, y no hay riesgo de sobrecompensación.

En el REBT en la IT C-BT 43 - Apartado 2.7, Compensación del factor de potencia, se deduce que:

- Se podrá realizar la compensación de la energía reactiva pero en ningún momento la energía absorbida por la red podrá ser capacitiva.
- Se podrá realizar la compensación fija para uno o varios receptores siempre que funcionen por medio de un único interruptor, es decir simultáneamente.
- Para compensar la totalidad de la instalación se deberá instalar un equipo automático.

En la práctica se realiza la compensación fija de algunos motores y de transformadores y una compensación automática para la compensación global en cabecera de la instalación.

LB La compensación se efectúa muy a menudo mediante una batería de condensadores.



Fig. L10: Ejemplo de condensadores de compensación de valor fijo.

Baterías de condensadores automáticos (consulte la [Figura L11](#))

Este tipo de equipos proporciona a la instalación la reactiva necesaria dentro de unos límites cercanos a un nivel seleccionado del factor de potencia.

Generalmente se instalan en los puntos de una instalación en los que las variaciones de potencia activa o reactiva son importantes, por ejemplo:

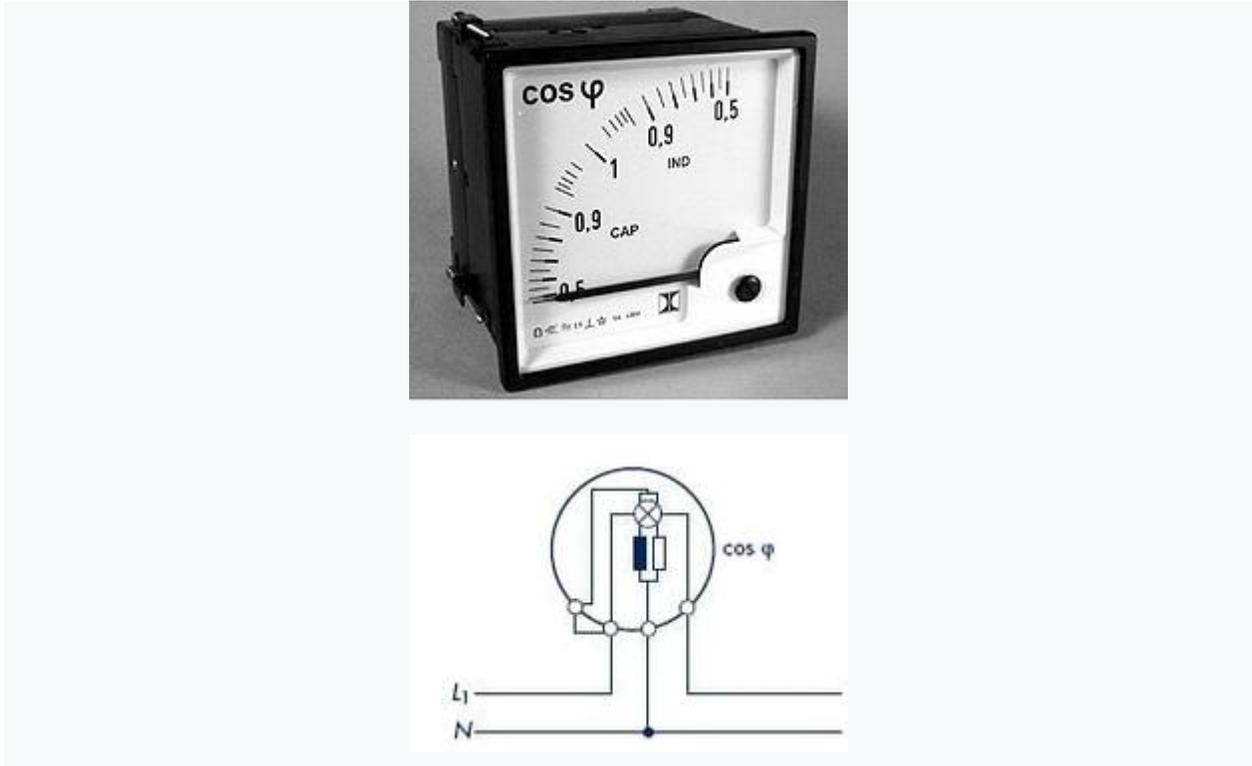
- En la cabecera de la instalación en el embarrado del CGBT.
- En la salida de un cuadro secundario muy cargado.



Fig. L11: Ejemplo de equipos de regulación de compensación automática.

COSENOFIMETRO

Un **cosímetro**, **cosenofímetro**, **cofímetro** o **fasímetro** es un aparato para medir el factor de potencia ($\cos\phi$).



Tiene en su interior una bobina de tensión y una de corriente dispuestas de tal forma que si no existe desfase, la aguja está en uno (al centro de la escala) lo que mide el cosímetro es el desfase que se produce entre la corriente y la tensión producto de cargas inductivas o capacitivas.

El cosímetro realiza mediciones mediante un sistema de medida de dos bobinas cruzadas.

Poseen un órgano móvil constituido por dos bobinas móviles solidarias entre si y dispuestas en ángulo recto que pueden girar libremente en el campo magnético generado por una bobina fija doble. La bobina fija se ubica en serie en el circuito cuyo factor de potencia quiere determinarse, resultando por tanto, recorrida por su corriente, las bobinas móviles están dispuestas en derivación con el circuito, de modo que reciben de toda la tensión. En serie con cada una de estas bobinas se disponen, respectivamente, una resistencia de valor elevado y una inductancia de tal forma que las corrientes que la recorren pueden considerarse respectivamente en fase y en cuadratura con la tensión del circuito.

CAPÍTULO 20 - INSTALACIONES DE MOTORES PARA USO INDUSTRIAL

20.1 CONDICIONES GENERALES DE INSTALACIÓN

Los motores de más de 3 HP no deben alimentarse con conductores de sección inferiores a 4 mm² (Nº 12 AWG) de cobre.

La caída de tensión en toda la longitud del circuito no debe exceder el 3 % de la tensión nominal de alimentación (véase 5.2.2 de esta norma).

Los motores estarán contruidos o se instalarán de manera que la aproximación a sus partes en movimiento, no puedan ser causa de accidente.

Los motores deben instalarse en condiciones que permitan una adecuada ventilación y un fácil mantenimiento.

Los motores no estarán en contacto con materias fácilmente combustibles y se situarán de manera que no puedan provocar la combustión de cualquiera de estos combustibles.

En general, la distancia mínima entre un motor y materias combustibles será:

- 0,50 m si la potencia nominal del motor es inferior o igual a 1 kW. - 1,0 m si la potencia nominal del motor es superior a 1 kW.

En particular, si se trata de un motor con carcasa completamente cerrada o encerrado en un armario de materia incombustible, las distancias antes indicadas podrán ser menores.

El armario no perjudicará la refrigeración del motor y si es de un material, buen conductor del calor, se situará a 1 cm, como mínimo, de las partes combustibles.

Los motores abiertos que tengan anillos rozantes no podrán instalarse en lugares en que existan materiales combustibles.

En ambientes en que existan polvos o fibras en suspensión y que estos puedan depositarse sobre los motores en cantidades que impidan su normal ventilación o enfriamiento, deben utilizarse motores cerrados, que no se sobrecalienten en dichas condiciones. Para casos extremos se debe instalar un sistema cerrado de ventilación para el o los motores o se les instalara en un recinto separado, a prueba de polvo.

Las carcasas de los motores deben ser conectados a un esquema de puestas a tierra.

Para la protección y maniobra de motores se debe utilizar una adecuada combinación de elementos, en forma separada (seccionador, contactor y relé de sobre corriente) o integrada (guarda motor), que asegure la maniobra y la protección contra sobrecargas, cortocircuito y faltas de fase.

20.2 CONDUCTORES DE CONEXIÓN

Las secciones mínimas que deben tener los conductores de conexión de los motores, con objeto de que no se produzca en ellos un calentamiento excesivo, serán los siguientes:

20.2.1 Motores individuales

Los conductores de conexión que alimentan a motores individuales deben estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125 % de la intensidad a plena carga del

NB 777

211

motor en cuestión. En los motores de rotor devanado, los conductores que conectan el rotor con el dispositivo de arranque -conductores secundarios- deben dimensionarse para el 125 % de la intensidad a plena carga del motor. Si el motor es para servicio intermitente, los conductores secundarios pueden ser de menor sección de acuerdo a la tabla 42. Los tiempos indicados en la tabla 34, son los periodos en los cuales los motores por su diseño alcanzan su temperatura nominal de trabajo y pueden operar; cumplido ese periodo necesitan un intervalo de refrigeración.

20.2.2 Varios motores

Los conductores de conexión que alimentan a varios motores, deben estar dimensionados para una intensidad no menor a la suma del 125 % de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia, más la intensidad a plena carga de todos los demás.

20.3 PROTECCIÓN CONTRA SOBREINTENSIDADES

Todo motor debe llevar incorporado un dispositivo para abrir el circuito cuando circule una corriente mayor del 125 % de la corriente nominal.

Los motores de potencia nominal superior a 0.75 kW y todos los situados en locales con riesgo de incendio o explosión, estarán protegidos contra cortocircuitos y contra sobrecargas en todas sus fases, debiendo esta última protección, ser de tal naturaleza que cubra, en los motores trifásicos, el riesgo de la falta de tensión de una de sus fases.

En el caso de motores polifásicos debe utilizarse un dispositivo sensible o que detecte la falta de una fase y que interrumpa el circuito de alimentación frente a la ausencia de ésta.

Los fusibles y los interruptores automáticos no son aplicables a la protección contra sobrecargas de motores.

NB 777

212

En el tablero origen del circuito de alimentación, la línea debe tener protección contra cortocircuitos, propia o compartida con los motores que dependen de esa línea. Los motores deben contar con protección dedicada y específica contra las sobrecargas.

En el caso de motores con arranque estrella-triángulo, la protección asegurará a los circuitos, tanto para la conexión de estrella como para la de triángulo.

Las características de los dispositivos de protección estarán de acuerdo con las de los motores a proteger y con las condiciones de servicio previstas para éstos.

Los motores portátiles, siempre que su potencia sea inferior a 1 kW, podrán no estar protegidos contra sobrecargas.

Cuando la instalación consista en un único motor podrá utilizarse como interruptor de desconexión, el del tablero de distribución, siempre que esté ubicado con vista al motor.

20.4 PROTECCIÓN CONTRA FALTA DE TENSIÓN EN UNA FASE

Los motores estarán protegidos contra la falta de tensión en una fase, por un dispositivo de corte automático de la alimentación, para evitar accidentes cuando

arranque espontáneamente el motor, como consecuencia de un restablecimiento de la tensión.

Dicho dispositivo puede formar parte del de protección contra las sobrecargas o del de arranque y puede protegerse más de un motor, si se da una de las circunstancias siguientes:

- Los motores a proteger están instalados en un mismo local y la suma de potencias absorbidas no es superior a 10 kW. - Los motores a proteger están instalados en un mismo local y cada uno de ellos queda automáticamente en el estado inicial de arranque, después de una falta de tensión.

Cuando el motor arranque automáticamente en condiciones pre-establecidas, no se exigirá el dispositivo de protección contra la falta de tensión por el sistema de corte de la alimentación, pero debe quedar excluida la posibilidad de un accidente en caso de arranque espontáneo. Si el motor tuviera que llevar dispositivos limitadores de potencia absorbida en el arranque, será obligatorio, para quedar incluidos en la anterior excepción, que los dispositivos de arranque vuelvan automáticamente a la posición inicial al originarse una falta de tensión y parada del motor.

20.5 ARRANQUE DIRECTO

No se admitirá arranque directo, a plena tensión, en motores asíncronos en jaula de ardilla de potencia mayor a 5 HP en 220 V o en 380 V, a fin de no perturbar el funcionamiento de sus redes de distribución.

Para la elección adecuada del método de arranque, se debe estudiar en todos los casos, las perturbaciones que se puedan producir en la instalación.

Para una instalación existente el sistema de arranque a elegir será aquel que asegure que la caída de tensión en la red no alcance valores inadecuados para otros equipos conectados en el circuito. Cuando se trate de una instalación nueva, esta será proyectada de manera de disminuir las perturbaciones eléctricas en si misma y en el resto de la instalación por medio de una adecuada elección de la sección del conductor y los métodos de protección y arranque del motor.

NB 777

213

20.5.1 Circuito de control de motores

Se entenderá por circuito de control de motores aquel circuito que lleva señales eléctricas de mando para el motor o conjunto de motores, pero a través del cual no circula la corriente de alimentación. Los conductores y elementos del circuito de control que estén contenidos dentro de la caja del equipo, deben protegerse con protecciones de cortocircuito cuya capacidad se fijara de acuerdo a la capacidad de transporte de corriente de los conductores o la potencia de consumo de dichos elementos.

No obstante, se podrá prescindir de la protección separada del circuito de control, donde la capacidad nominal o la regulación de las protecciones del motor no excedan en dos veces la capacidad de transporte de corriente de los conductores de control o en donde una apertura del circuito de control pueda crear riesgos superiores como en el caso de una bomba de incendio u otros similares.

No será exigencia de los circuitos de control que estén conectados a tierra. Sin embargo, donde esta conexión sea necesaria, el circuito se dispondrá de tal manera que la conexión accidental a tierra no haga partir el o los motores controlados. Los circuitos de control deben contar con un interruptor que los separe de su fuente de alimentación. En donde se utiliza, además de su alimentación principal, una fuente independiente de la alimentación exclusiva del circuito de control, dicho interruptor debe abrir ambas fuentes, simultáneamente, o se colocaran juntos dos interruptores para abrir cada alimentación.

Si se utiliza un transformador para obtener muy baja tensión para los circuitos de control, este transformador debe ser desconectado de la alimentación por el interruptor indicado en el párrafo anterior.