



Calidad de Red



Y

Ahorro de Energía

Este material es una iniciativa conjunta de La Comisión Nacional de Energía de la República Dominicana y la empresa Sapemi Ingeniería, como un aporte a los profesionales del área y público en general interesados en contribuir al ahorro de energía y el diseño de proyectos con calidad en sus redes.

Tecnología del control energético eléctrico
Electric energy control technology



Diseñado por : Pedro López

OBJETIVO



φ General

- φ Manejar las herramientas que permitan diseñar redes de alta calidad y bajo consumo.



φ Especificos

- φ Corregir el factor de potencia
- φ Filtrar los armonicos
- φ Racionalizacion de los consumos
- φ Calidad de red



CONTENIDO



- φ Las Cargas Eléctricas
- φ El Ahorro Energético
- φ Factor de Potencia
- φ Distorsión Armónica o Perturbaciones
- φ Coeficiente Armónica
- φ Racionalización de las Cargas
- φ Tabla de Equivalencia
- φ Calculo de Banco de Capacitores
- φ Aspectos a tomar en cuenta
- φ Preguntas frecuentes

GUIA DE PRESENTACION



- φ El presente trabajo esta realizado en el marco de un orden lógico y grafico referente al tema, sin embargo, en cada tema podrá encontrar un link contentivo de la parte teórica de manera complementaria.

COMPORTAMIENTO ENERGETICO EN REPUBLICA DOMINICANA



El incremento del uso de componentes electrónicos por parte de los equipos, herramientas y utensilios de nuestras industrias y residencias, hace especialmente diferente la era que nos ha tocado vivir en términos de energía.

Veinte años atrás no se hablaba de cargas no lineales como problema energético, hoy no se concibe instalar un variador de velocidad sin su reactor ni la fabricación de equipos electrónicos sin sus filtros.

Las cargas no lineales tienen un comportamiento de distinta índole. Para determinar la magnitud del problema deberemos instalar un analizador de redes para saber la calidad de la misma y poder determinar que respuesta dar al problema.

Ejemplos. Efecto Joule en transformadores interruptores automáticos, aumento de corriente, etc.

CARGAS ELECTRICAS

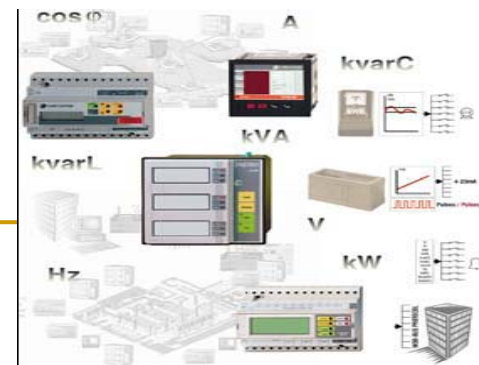


CARGAS LINEALES

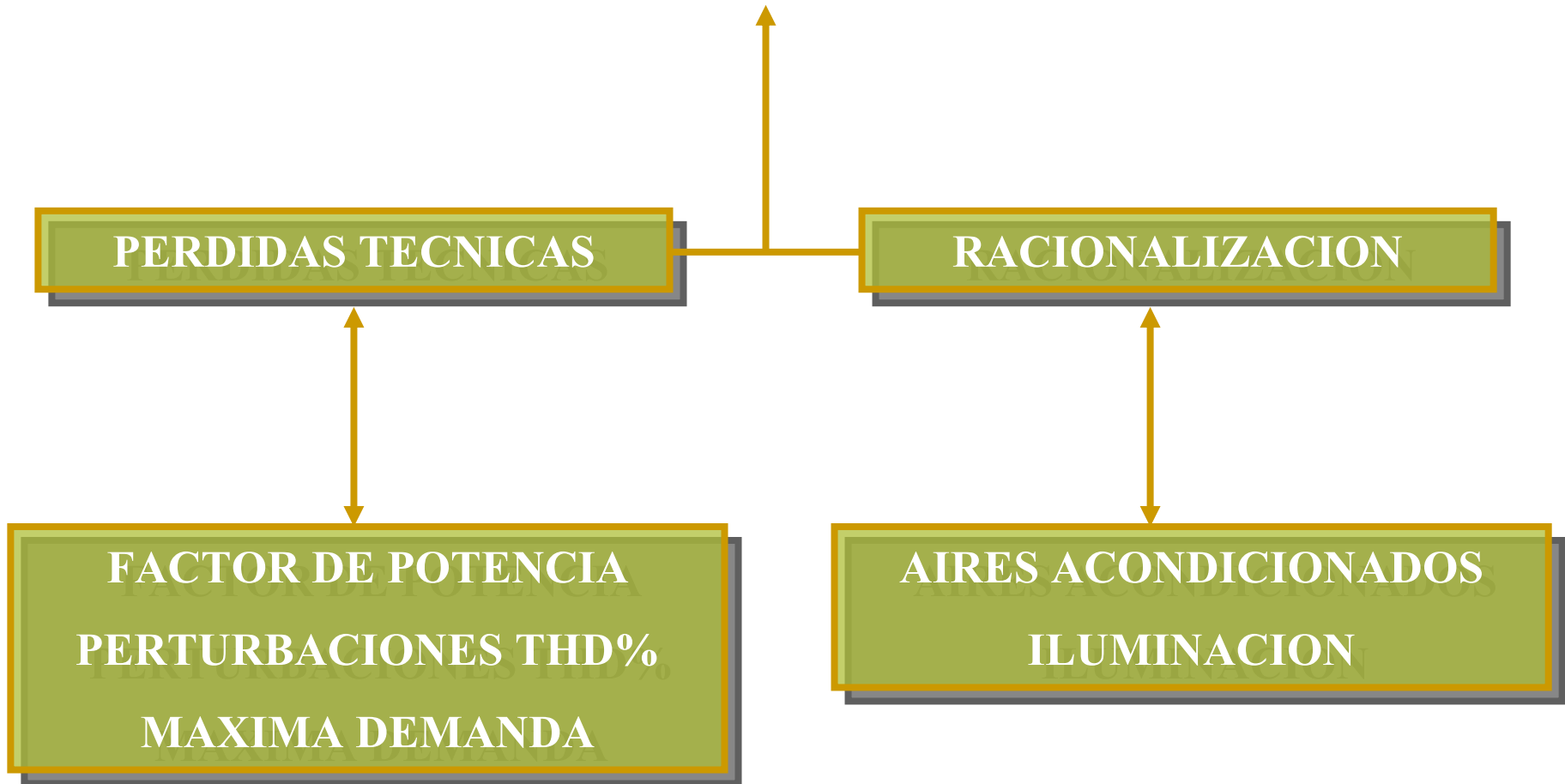
- RESISTIVAS
- INDUCTIVAS
- CAPACITIVAS
- CARGAS COMBINADAS

CARGAS NO LINEALES

- CAPACITIVAS
- SEMICONDUCTORES



AHORRO ENERGETICO



FACTOR DE POTENCIA



Un parámetro imprescindible para los cálculos eléctricos es el $\text{COS } \varphi$

$$\varphi \text{ KW} = \sqrt{3} \times U \times I \times \text{COS } \varphi$$

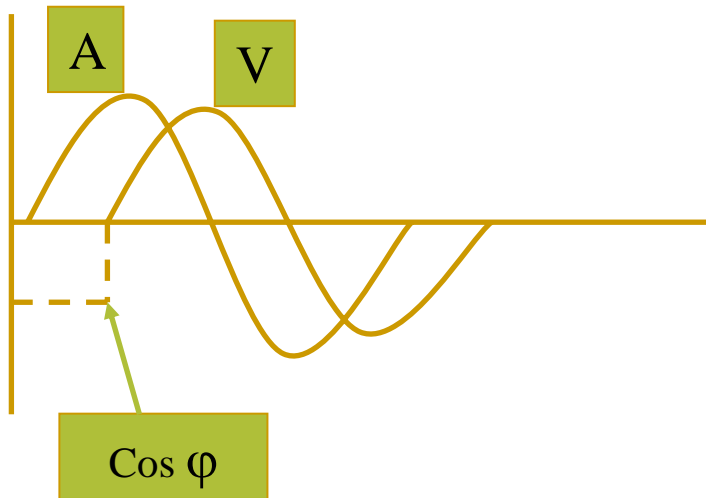
$$\varphi \text{ Kva} = P / \text{cos } \varphi$$

$$\varphi \text{ Kvar} = \sqrt{3} \times U \times I \times \text{SENO } \varphi$$

$$\varphi \text{ S} = \sqrt{3} \times I \times L \times \text{cos } \varphi / 56 \times AU \times U = \text{mm}^2$$

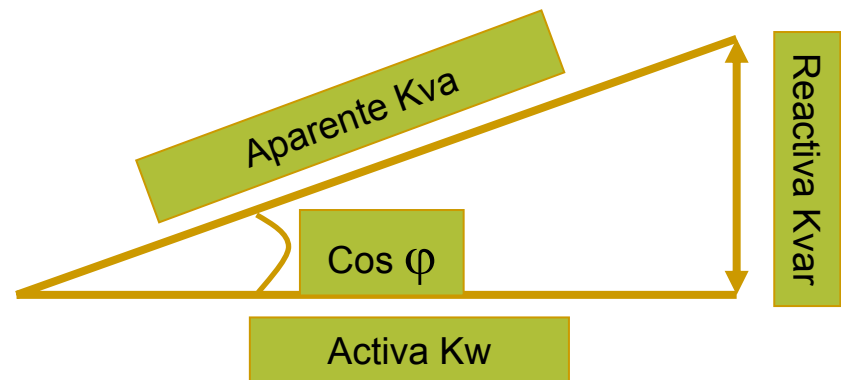
$$\varphi \text{ AP} = \text{resistencia de línea} \times \text{potencia} / \text{voltaje} \times \text{cos } \varphi = \text{joule}$$

FACTOR DE POTENCIA O $\cos \varphi$

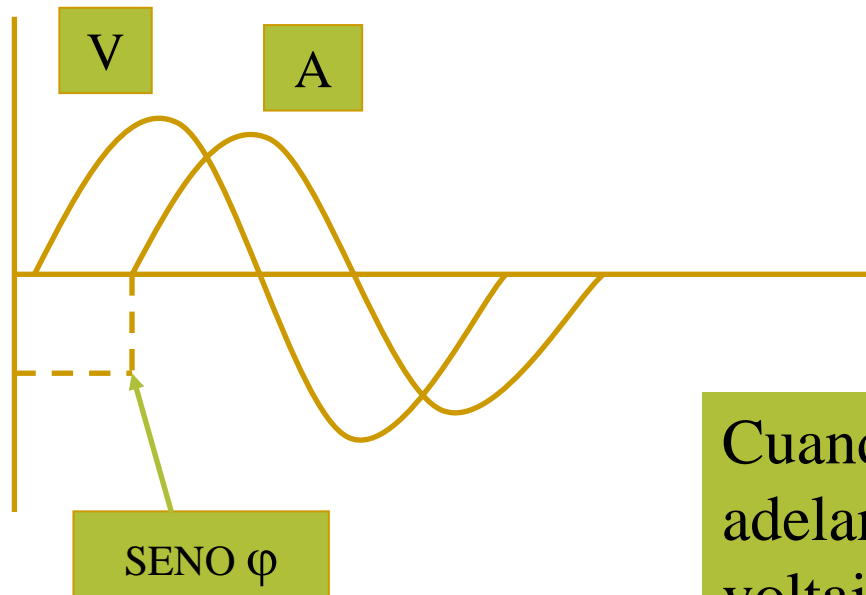


Cuando el voltaje se adelanta en relación a la corriente se crea un ángulo llamado $\cos \varphi$ efecto producido por los inductivos de las cargas.

Para una mejor definición vease el triángulo de potencias donde la importancia del $\cos \varphi$ se manifiesta

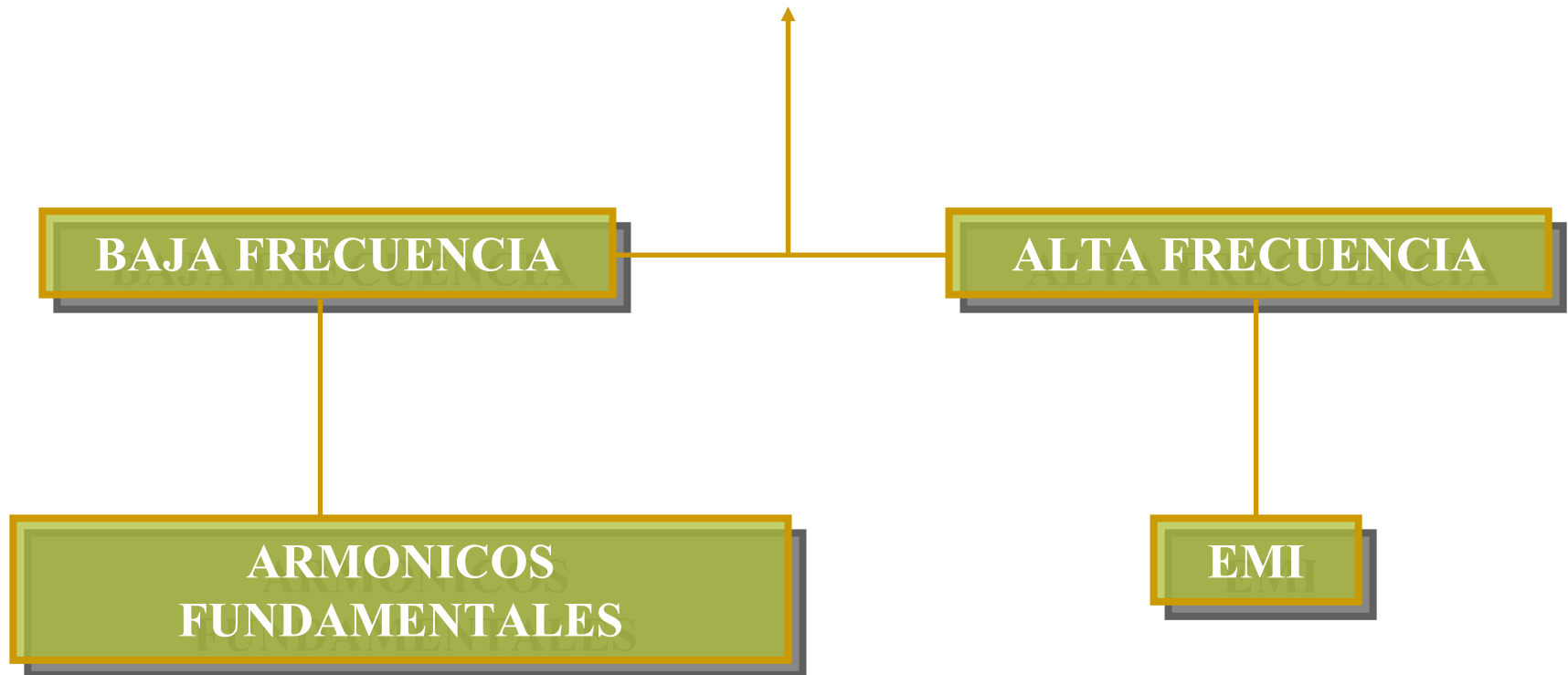


CARGAS CAPACITIVAS



Cuando la corriente se adelanta en relación al voltaje se crea un ángulo llamado seno ϕ efecto producido por las cargas capacitivas

DISTORSION ARMONICA O PERTURBACIONES



[Para mas información sobre este tema pulse aquí](#)



REFERENCIA

COEFICIENTE ARMÓNICA

Con las tecnologías contemporáneas se incrementan las cargas no lineales que provocan perturbaciones o distorsiones armónicas un método de calcular la tasa de distorsión armónica en los transformadores sería teniendo en cuenta la potencia contratada y el voltaje.

$$I_n = \frac{KVA_{\text{cont}}}{\sqrt{3}} \cdot U_c = I_n$$

| ORDEN IMPAR | kn% | ORDEN PAR | kn% |
|-------------|-----|-----------|-----|
| 3 | 4 | 2 | 2 |
| 5 y 7 | 5 | 4 | 1 |

$$I_3 = 4 \cdot I_n / 100 = mA$$

[Para más información sobre este tema pulse aquí](#)

RACIONALIZACION DE LAS CARGAS



ILUMINACION

- φ Balastos electrónicos
- φ Sensores de presencia
- φ Difusores alto poder reflexivo
- φ Iluminación por led



RACIONALIZACION DE LAS CARGAS



AIRE ACONDICIONADO

- φ Cronotermostatos
- φ Aislamiento estructural
- φ Condensadores en compresores
- φ Rejillas automatizadas
- φ Compresores de alta eficiencia



TABLAS DE EQUIVALENCIAS



Para el calculo de la potencia de un banco de capacitores deberemos de tener en cuenta las equivalencias de tangentes y cosenos en el escrito siguiente tendran un ejemplo de calculo

| Existente | | FACTOR "f" Q (kvar) = P (kw) · f | | | | | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | Factor de potencia deseado (cos φ _d) | | | | | | | | | | | | |
| tan φ ₁ | cos φ ₁ | 0.80 | 0.85 | 0.90 | 0.91 | 0.92 | 0.93 | 0.94 | 0.95 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.99 | 1.00 |
| 1.98 | 0.45 | 1.236 | 1.365 | 1.500 | 1.529 | 1.559 | 1.589 | 1.622 | 1.656 | 1.693 | 1.734 | 1.781 | 1.842 | 1.905 |
| 1.93 | 0.46 | 1.180 | 1.311 | 1.446 | 1.475 | 1.504 | 1.535 | 1.567 | 1.602 | 1.639 | 1.680 | 1.727 | 1.789 | 1.930 |
| 1.88 | 0.47 | 1.126 | 1.250 | 1.394 | 1.422 | 1.452 | 1.483 | 1.515 | 1.549 | 1.586 | 1.627 | 1.675 | 1.736 | 1.970 |
| 1.83 | 0.48 | 1.074 | 1.208 | 1.343 | 1.372 | 1.402 | 1.432 | 1.465 | 1.499 | 1.536 | 1.577 | 1.625 | 1.688 | 1.928 |
| 1.78 | 0.49 | 1.024 | 1.159 | 1.295 | 1.323 | 1.353 | 1.384 | 1.416 | 1.450 | 1.487 | 1.528 | 1.576 | 1.637 | 1.779 |
| 1.73 | 0.50 | 0.962 | 1.112 | 1.249 | 1.276 | 1.306 | 1.337 | 1.369 | 1.403 | 1.440 | 1.481 | 1.529 | 1.590 | 1.732 |
| 1.69 | 0.51 | 0.937 | 1.067 | 1.202 | 1.231 | 1.261 | 1.291 | 1.324 | 1.358 | 1.395 | 1.436 | 1.484 | 1.544 | 1.687 |
| 1.64 | 0.52 | 0.893 | 1.023 | 1.159 | 1.187 | 1.217 | 1.247 | 1.280 | 1.314 | 1.351 | 1.392 | 1.440 | 1.500 | 1.643 |
| 1.60 | 0.53 | 0.856 | 0.986 | 1.116 | 1.144 | 1.174 | 1.205 | 1.237 | 1.271 | 1.308 | 1.349 | 1.397 | 1.458 | 1.600 |
| 1.56 | 0.54 | 0.809 | 0.939 | 1.074 | 1.103 | 1.133 | 1.163 | 1.196 | 1.230 | 1.267 | 1.306 | 1.356 | 1.416 | 1.559 |
| 1.52 | 0.55 | 0.764 | 0.894 | 1.034 | 1.063 | 1.092 | 1.123 | 1.156 | 1.190 | 1.227 | 1.266 | 1.316 | 1.376 | 1.519 |
| 1.48 | 0.56 | 0.720 | 0.850 | 0.995 | 1.024 | 1.053 | 1.084 | 1.116 | 1.151 | 1.188 | 1.229 | 1.279 | 1.337 | 1.479 |
| 1.44 | 0.57 | 0.681 | 0.811 | 0.957 | 0.986 | 1.015 | 1.046 | 1.079 | 1.113 | 1.150 | 1.191 | 1.239 | 1.299 | 1.441 |
| 1.40 | 0.58 | 0.655 | 0.785 | 0.920 | 0.949 | 0.979 | 1.009 | 1.042 | 1.076 | 1.113 | 1.154 | 1.201 | 1.262 | 1.405 |
| 1.37 | 0.59 | 0.616 | 0.749 | 0.884 | 0.913 | 0.942 | 0.973 | 1.006 | 1.040 | 1.077 | 1.116 | 1.165 | 1.226 | 1.369 |
| 1.33 | 0.60 | 0.583 | 0.714 | 0.849 | 0.878 | 0.907 | 0.938 | 0.970 | 1.005 | 1.042 | 1.083 | 1.130 | 1.191 | 1.333 |
| 1.30 | 0.61 | 0.549 | 0.679 | 0.815 | 0.843 | 0.873 | 0.904 | 0.936 | 0.970 | 1.007 | 1.048 | 1.096 | 1.157 | 1.299 |
| 1.27 | 0.62 | 0.516 | 0.646 | 0.781 | 0.810 | 0.839 | 0.870 | 0.903 | 0.937 | 0.974 | 1.015 | 1.062 | 1.123 | 1.265 |
| 1.23 | 0.63 | 0.483 | 0.613 | 0.748 | 0.777 | 0.807 | 0.837 | 0.870 | 0.904 | 0.941 | 0.982 | 1.030 | 1.090 | 1.233 |
| 1.20 | 0.64 | 0.451 | 0.581 | 0.716 | 0.745 | 0.775 | 0.805 | 0.838 | 0.872 | 0.909 | 0.950 | 0.999 | 1.058 | 1.201 |
| 1.17 | 0.65 | 0.419 | 0.549 | 0.685 | 0.714 | 0.743 | 0.774 | 0.806 | 0.840 | 0.877 | 0.919 | 0.966 | 1.027 | 1.169 |
| 1.14 | 0.66 | 0.388 | 0.519 | 0.654 | 0.683 | 0.712 | 0.743 | 0.775 | 0.810 | 0.847 | 0.888 | 0.935 | 0.996 | 1.138 |
| 1.11 | 0.67 | 0.358 | 0.488 | 0.624 | 0.652 | 0.682 | 0.713 | 0.745 | 0.779 | 0.816 | 0.857 | 0.905 | 0.966 | 1.108 |
| 1.08 | 0.68 | 0.328 | 0.458 | 0.594 | 0.622 | 0.652 | 0.683 | 0.715 | 0.750 | 0.787 | 0.828 | 0.876 | 0.938 | 1.079 |
| 1.06 | 0.69 | 0.299 | 0.429 | 0.565 | 0.593 | 0.623 | 0.654 | 0.686 | 0.720 | 0.757 | 0.798 | 0.846 | 0.907 | 1.049 |
| 1.02 | 0.70 | 0.270 | 0.400 | 0.536 | 0.565 | 0.594 | 0.625 | 0.657 | 0.692 | 0.729 | 0.770 | 0.817 | 0.878 | 1.020 |
| 0.99 | 0.71 | 0.242 | 0.372 | 0.508 | 0.536 | 0.566 | 0.597 | 0.629 | 0.663 | 0.700 | 0.741 | 0.789 | 0.849 | 0.992 |
| 0.96 | 0.72 | 0.214 | 0.344 | 0.480 | 0.508 | 0.538 | 0.569 | 0.601 | 0.635 | 0.672 | 0.713 | 0.761 | 0.821 | 0.964 |
| 0.94 | 0.73 | 0.186 | 0.316 | 0.452 | 0.481 | 0.510 | 0.541 | 0.573 | 0.608 | 0.645 | 0.686 | 0.733 | 0.794 | 0.936 |
| 0.91 | 0.74 | 0.159 | 0.289 | 0.425 | 0.453 | 0.483 | 0.514 | 0.546 | 0.580 | 0.617 | 0.658 | 0.706 | 0.766 | 0.909 |
| 0.88 | 0.75 | 0.132 | 0.262 | 0.398 | 0.426 | 0.456 | 0.487 | 0.519 | 0.553 | 0.590 | 0.631 | 0.679 | 0.739 | 0.882 |
| 0.86 | 0.76 | 0.105 | 0.235 | 0.371 | 0.400 | 0.429 | 0.460 | 0.492 | 0.526 | 0.562 | 0.605 | 0.652 | 0.713 | 0.856 |
| 0.83 | 0.77 | 0.078 | 0.208 | 0.344 | 0.373 | 0.403 | 0.433 | 0.465 | 0.500 | 0.537 | 0.578 | 0.628 | 0.688 | 0.830 |
| 0.80 | 0.78 | 0.052 | 0.183 | 0.318 | 0.347 | 0.376 | 0.407 | 0.439 | 0.474 | 0.511 | 0.552 | 0.599 | 0.660 | 0.802 |
| 0.79 | 0.79 | 0.026 | 0.156 | 0.292 | 0.320 | 0.350 | 0.381 | 0.413 | 0.447 | 0.484 | 0.525 | 0.572 | 0.634 | 0.776 |
| 0.75 | 0.80 | 0.130 | 0.266 | 0.294 | 0.324 | 0.355 | 0.387 | 0.421 | 0.459 | 0.499 | 0.547 | 0.600 | 0.750 | |
| 0.72 | 0.81 | 0.104 | 0.240 | 0.268 | 0.298 | 0.329 | 0.361 | 0.395 | 0.432 | 0.473 | 0.521 | 0.581 | 0.724 | |
| 0.70 | 0.82 | 0.078 | 0.214 | 0.242 | 0.272 | 0.303 | 0.335 | 0.369 | 0.406 | 0.447 | 0.495 | 0.556 | 0.698 | |
| 0.67 | 0.83 | 0.052 | 0.188 | 0.216 | 0.246 | 0.277 | 0.309 | 0.343 | 0.380 | 0.421 | 0.469 | 0.530 | 0.672 | |
| 0.65 | 0.84 | 0.026 | 0.162 | 0.190 | 0.220 | 0.251 | 0.283 | 0.317 | 0.354 | 0.395 | 0.443 | 0.503 | 0.646 | |
| 0.62 | 0.85 | 0.000 | 0.135 | 0.164 | 0.194 | 0.225 | 0.257 | 0.291 | 0.329 | 0.369 | 0.417 | 0.477 | 0.620 | |
| 0.60 | 0.86 | 0.109 | 0.199 | 0.187 | 0.198 | 0.210 | 0.220 | 0.230 | 0.240 | 0.250 | 0.260 | 0.270 | 0.280 | 0.290 |
| 0.57 | 0.87 | 0.082 | 0.111 | 0.141 | 0.172 | 0.204 | 0.238 | 0.275 | 0.316 | 0.364 | 0.424 | 0.484 | 0.544 | 0.567 |
| 0.54 | 0.88 | 0.055 | 0.084 | 0.114 | 0.145 | 0.177 | 0.211 | 0.249 | 0.292 | 0.337 | 0.397 | 0.460 | 0.520 | 0.540 |
| 0.51 | 0.89 | 0.026 | 0.067 | 0.096 | 0.117 | 0.149 | 0.184 | 0.221 | 0.261 | 0.305 | 0.355 | 0.410 | 0.460 | 0.510 |
| 0.48 | 0.90 | 0.029 | 0.058 | 0.089 | 0.121 | 0.156 | 0.193 | 0.234 | 0.281 | 0.332 | 0.388 | 0.440 | 0.480 | 0.480 |
| 0.46 | 0.91 | 0.104 | 0.200 | 0.208 | 0.208 | 0.208 | 0.208 | 0.208 | 0.208 | 0.208 | 0.208 | 0.208 | 0.208 | 0.208 |
| 0.43 | 0.92 | 0.078 | 0.144 | 0.174 | 0.204 | 0.234 | 0.264 | 0.294 | 0.324 | 0.354 | 0.384 | 0.414 | 0.444 | 0.444 |
| 0.40 | 0.93 | 0.052 | 0.108 | 0.138 | 0.168 | 0.198 | 0.228 | 0.258 | 0.288 | 0.318 | 0.348 | 0.378 | 0.408 | 0.408 |
| 0.36 | 0.94 | 0.026 | 0.082 | 0.112 | 0.142 | 0.172 | 0.202 | 0.232 | 0.262 | 0.292 | 0.322 | 0.352 | 0.382 | 0.382 |
| 0.33 | 0.95 | 0.000 | 0.058 | 0.088 | 0.118 | 0.148 | 0.178 | 0.208 | 0.238 | 0.268 | 0.298 | 0.328 | 0.358 | 0.358 |
| 0.29 | 0.96 | 0.109 | 0.199 | 0.187 | 0.198 | 0.210 | 0.220 | 0.230 | 0.240 | 0.250 | 0.260 | 0.270 | 0.280 | 0.290 |
| 0.25 | 0.97 | 0.082 | 0.111 | 0.141 | 0.172 | 0.204 | 0.238 | 0.275 | 0.316 | 0.364 | 0.424 | 0.484 | 0.544 | 0.567 |
| 0.20 | 0.98 | 0.055 | 0.084 | 0.114 | 0.145 | 0.177 | 0.211 | 0.249 | 0.292 | 0.337 | 0.397 | 0.460 | 0.520 | 0.540 |
| 0.14 | 0.99 | 0.026 | 0.067 | 0.096 | 0.117 | 0.149 | 0.184 | 0.221 | 0.261 | 0.305 | 0.355 | 0.410 | 0.460 | 0.510 |
| 0.12 | 1.00 | 0.000 | 0.038 | 0.068 | 0.099 | 0.131 | 0.166 | 0.204 | 0.245 | 0.291 | 0.342 | 0.398 | 0.450 | 0.480 |

[Para mas información sobre este tema pulse aquí](#)

CALCULO DE BANCO DE CAPACITORES



$$Q(\text{Kvar}) = P (\text{Kw}) \times \text{Factor}(K)$$

Ejemplo.

Usuario con 350Kw de potencia y un Fp 0.88 y se quiere conseguir un Fp de 0.98

El banco de capacitores será de

$$350 \times 0.337 = \mathbf{118Kvar}$$

Este calculo no se tiene en cuenta el coeficiente de simultaneidad que el ingeniero deberá calcular

Ejemplo. Si es una empresa metalúrgica el coeficiente será de un 80%

CONCEPTOS QUE SE HAN DE TOMAR EN CUENTA



Para calcular un banco de capacitores se tendrán en cuenta los siguientes valores.

- φ El THD% en voltajes
 - φ El THD% en corriente
 - φ Micro cortes
 - φ Infra voltajes sobre voltajes
 - φ Simultaneidad de trabajo
 - φ Características de los suministros o consumos
-

PREGUNTAS FRECUENTES



- ⊕ Las tarjetas electronicas se deterioran
- ⊕ Los sistemas informaticos se caen
- ⊕ Los breakers se desconectan
- ⊕ Los ups y computadoras se averian
- ⊕ Los alambres se calientan
- ⊕ Tengo condensadores y sigo penalizando
- ⊕ Tengo condensadores y el consumo aumento
- ⊕ Como bajar el consumo en los aires acondicionados
- ⊕ Como bajar el consumo en iluminacion
- ⊕ Como puedo bajar la potencia maxima
- ⊕ Por que debo corregir el factor de potencia en la planta de generacion
- ⊕ Es rentable la auto generacion



CONCLUSIONES

Para dar respuestas de la problemática energética se podría definir con una palabra: **"calidad de red"**. Con las herramientas tecnológicas que en la actualidad se dispone se hace fácil dar respuestas concluyentes a los distintos problemas.

Es un desafío por parte de todos los usuarios del sector eléctrico tomar conciencia de la importancia de la disminución de las facturas eléctricas

Desde hace un tiempo la Comisión Nacional de Energía está trabajando arduamente utilizando todos los recursos tecnológicos para reducir la factura eléctrica de las Instituciones del Estado Dominicano y dando respuestas en cuanto a las pérdidas técnicas poniendo énfasis en la CALIDAD DE RED



Si requiere mas información sobre
este tema puede obtenerla escribiendo
a sapemi@verizon.net.do

Tecnología del control energético eléctrico
Electric energy control technology

