

ESTUDO DO USO DE BANCO DE CAPACITORES PARA CORREÇÃO DE FATOR DE POTÊNCIA

Gustavo De Oliveira Souza¹, Marcos Dantas Da Silva¹, Thiago Santa Rita Da Silva¹, Daniel Carletti²

1- Acadêmico do curso de Engenharia

2- Mestre em Engenharia Elétrica - Professor Multivix – Serra

RESUMO

Este artigo tem como finalidade expor a elaboração do projeto de um banco de capacitores, que tem como objetivo corrigir o fator de potência em uma instalação em que este seja inferior ao determinado pela legislação. “Fator de potência é um termo que se refere ao cosseno do ângulo entre a potência ativa e a potência aparente, sendo, por vezes, apresentado na forma $\cos\phi$. O Decreto de número 479 do DNAEE (Departamento Nacional de Águas e Energia), de 20 de março de 1992, estabelece como valor mínimo 0,92 para o fator de potência, além do faturamento da potência reativa excedente (abaixo de 0,92). É importante ressaltar que o banco de capacitores visa corrigir o excedente de potência reativa indutiva, devendo-se lançar mão de outras soluções para correção de excedente de potência reativa capacitiva. A solução de correção de excedente de reativa indutiva é largamente empregada por indústrias e outras empresas que contam com grande número de motores elétricos, sistemas de refrigeração, máquinas de solda e transformadores. As consequências de um baixo fator de potência incluem queda de tensão, maior temperatura dos condutores e prejuízo na eficiência do funcionamento de dispositivos de manobra, além da consequente redução da vida útil da instalação como um todo.

Palavras Chave: FP, capacitância, indutiva.

1.INTRODUÇÃO

O crescente aumento de preço de energia tem causados grandes distúrbios e reações adversas em micro, médias e grandes empresas. Para amenizar e contornar tal sinistro, muitos empresários buscam a implantação de banco de capacitores, como medida para reduzir, controlar e gerenciar os níveis de potência reativa geradas pelos equipamentos utilizados no processo de produção. Além de otimizar a utilização da energia de forma eficiente, mantendo

o fator de potência em níveis aceitados conforme legislação vigente evitando penalidades e multas, há um retorno financeiro significativo devido a redução do consumo.

O JORNAL DO OESTE (2018) afirma que "Muita gente paga a conta da energia elétrica sem analisar a discriminação da fatura vinda da concessionária. E, sem perceber, muitos empresários arcam com uma multa bem comum que onera em até 30% a conta no final de cada mês". O especialista em eficiência energética Paulo César dos Santos explica que o boleto não discrimina a penalidade como multa e sim traz a informação de 'Energia Reativa Excedente', que confunde o consumidor e o distancia de soluções que reduzem o valor da conta de 5% a 30%. Em um cálculo simples: se a conta de energia for de R\$ 30 mil, a multa pode representar R\$ 9 mil, ou R\$108 mil ao final de um ano. Dos casos que temos acesso, 80% desconhecem a multa e não sabem como devem proceder para eliminá-la, da conta.

No estado do Espírito Santo a empresa responsável pela distribuição de energia (EDP), assim como as outras, adota o fator de potência sendo 0,92, o não cumprimento desse controle acaba gerando multa, com isso, algumas empresas tem buscado soluções para sanar o problema. Um dos métodos mais utilizados é a correção do fator de potência através de banco de capacitores. Segundo DUA LIBE (2000), a instalação de banco de capacitor é a ferramenta mais viável financeiramente e também tecnicamente para se corrigir o fator de potência de um empreendimento.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVOS GERAIS:

De forma geral, esse trabalho tem como objetivo apresentar uma solução para a adequação do fator de potência de uma instalação elétrica trifásica através da instalação de banco de capacitores.

1.1.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Levantar carga, potência ativa, reativa e aparente.
- Calcular capacitância.
- Escolher método mais adequado.
- Escolher capacitor compatível.
- Verificar viabilidade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

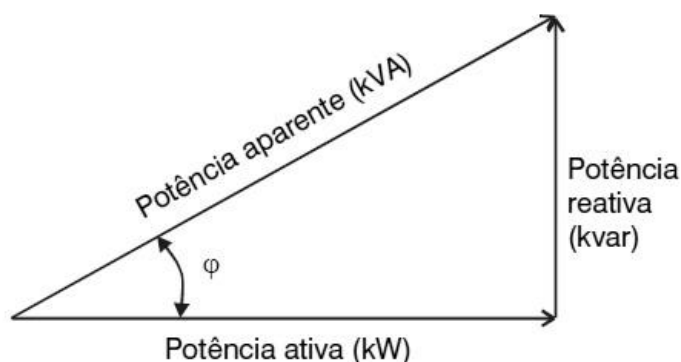
2.1.1. FATOR DE POTÊNCIA

De acordo com VIEIRA (1989), para o funcionamento de equipamentos elétricos como exemplos motores e transformadores é essencial que se tenha energias ativa e reativa. Entretanto a energia reativa é responsável pela geração dos campos magnéticos e elétricos nas bobinas dos equipamentos, já a energia ativa é aquela que executa as tarefas, a que produz o torque, a ação e o efeito do equipamento de se movimentar para executar o trabalho devido. Contudo, apesar da energia reativa ser indispensável no processo de geração energia para rotação e funcionamento das máquinas, sua utilização deve ser a menor possível, visto que a mesma necessita de condutores de maior seção e uma estrutura da rede maior, ocasionando gasto e perdas técnicas por aquecimento e quedas de tensão.

Os problemas clássicos associados a um baixo fator de potência segundo CODI (2004) são : Favorecimento à ocorrência de sobrecargas na rede elétrica; Aumento das perdas de energia em condutores, em decorrência da circulação de maiores parcelas de correntes de natureza reativa ;Redução dos níveis de tensão, principalmente em pontos mais distantes da origem da alimentação elétrica, devido às quedas de tensão originadas nos circuitos pela circulação de maiores níveis de corrente; Comprometimento de parcela da capacidade dos transformadores e alimentadores apenas para suprimento da energia reativa (subutilização do sistema elétrico); Incidência de ônus nas contas de energia.

Também conhecida como $\cos(\phi)$, podemos definir fator de potência como a relação entre a potência ativa KW e o valor total da potência KVA. Indica a eficiência da energia consumida pelo equipamento. Essa relação vai obter um valor entre 0 e 1, quanto mais próximo de 1 significa que a sua potência ativa está mais próxima da sua potência aparente e que está desperdiçando o mínimo de energia. Quando se diz que a instalação apresenta baixo fator de potência significa que a soma de toda a potência dos equipamentos em operação é constituída de uma parcela ativa e por uma parcela de energia reativa superior a 0,426 KVARh a cada KWh consumido a atual legislação para consumidores cativos permite (entre 0,92 indutivo e 0,92 capacitivo, conforme citado no subitem 2.2.) (ANEEL, 2000). A Figura 1 mostra o ângulo ϕ e a sua relação com as potências (aparente, ativa e reativa). Relação essa que pode ser validado através da teoria de Pitágoras.

Figura 1 - Triângulo das potências



Fonte: <https://www.viverdeeletrica.com/fator-de-potencia/>

A partir dos valores de potências podemos obter, através da equação 1, o fator de potência.

$$FP = \frac{kW}{KVA} = \cos \phi = \cos \left(\arctg \frac{kvar}{kW} \right)$$

(1)

Para entendemos melhor fator de potência devemos aprofundar nos três tipos de potências.

2.1.2. POTÊNCIA APARENTE

A potência aparente é toda potência drenada por uma determinado equipamento ou instalação. Sua unidade de medida é Kilovolts-amperes (KVA) e pode ser representado pela letra maiúscula S. A Equação 2 representa a formula que demonstra a relação com as outras potências.

$$S = \text{potência aparente} = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2)$$

No triângulo das potências a soma vetorial das potências ativas (P) e reativa (Q) tem como resultado a potência aparente (CREDER,2007). A Figura 2 representa de forma de fácil aprendizado as potências.

Figura 2 – Exemplo das potências



Fonte: <https://www.saladaeletrica.com.br/potencia-eletrica-podcast-002/>

2.1.3. POTÊNCIA ATIVA

De acordo com Creder (2007) e Monteiro (2009), potência ativa pode ser definida como a que realiza trabalho seja ela em forma de luz, calor, movimento e giro dos motores. Sua unidade de medida é Watts (W) ou em KiloWatts (kW) e sua simbologia é representada pela letra maiúscula P.

$$P = \text{potência ativa} = \sqrt{S^2 - Q^2} \quad (3)$$

Basicamente podemos obter o valor de energia ativa multiplicando a potência aparente pelo fator de potência.

2.1.3. POTÊNCIA REATIVA

Energia reativa pode ser expressa Quilovolt-ampere-reativo-hora (Kvarh) e é utilizado como magnetizante na manutenção de campos eletromagnéticos e não realiza nenhum trabalho, auxiliando a energia ativa.

$$Q = \text{potência reativa} = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (4)$$

2.2. MÉTODOS DE CONTROLE

Existe algumas formas de realizar o controle do reativo, isso depende da forma que os capacitores são acionados. Esses controles podem ser: fixo, automático, semiautomático e estático (COTRIM, 2008).

2.2.1 BANCO FIXO

Nessa configuração o banco de capacitores é ligado de forma integral, não havendo controle caso há variação de carga. Geralmente instalado diretamente em carga indutivas ou em barramentos gerais. Tem benefícios de ser um método simples e de menor custo de implantação. A Figura 3 é um exemplo de banco de capacitor fixo.

Figura 3 – Exemplo de banco fixo



Fonte: http://www.potencialmanutencoes.com/?page_id=1175

2.2.2 BANCO SEMIAUTOMÁTICO

Os capacitores são instalados diretamente às cargas indutivas e acionadas simultaneamente quando as mesmas são acionadas, geralmente depende do mesmo acionamento da carga. Sendo assim permitido um certo grau de controle. Um ponto negativo desse método é o alto custo, pois quanto maior o número de equipamentos indutivos, maior será o emprego de capacitores para realizar o controle. A Figura 4 mostra um banco de capacitor na configuração semiautomático.

Figura 4 – Exemplo de banco fixo



Fonte: <http://www.wgr.com.br/banco-capacitores-semi-automatico>

2.2.3 BANCO AUTOMÁTICO

Esse sistema tem como objetivo principal centralizar e variar o reativo, isso conforme a variação da carga, geralmente instalado no barramento geral e consiste no agrupamento de capacitores de distintos valores de capacitância, acionado por contatores que são controlados por um controlador. A Figura 5 demonstra um exemplo de banco automático, podemos perceber o controlador na porta alguns capacitores que estão em operação conforme solicitado pelo controlador.

Figura 5 – Exemplo de banco automático



Fonte: <https://alemetec-eletrotecnica.webnode.com/servicos/banco-de-capacitor-correcao-do-fator-de-potencia/>

2.2.4 COMPENSAÇÃO ESTÁTICA

Esta configuração é usada em casos especiais, onde apresenta dinâmica rápida, como máquinas de solda a ponto, prensas, injetoras e outras. O acionamento dos capacitores se dá por meio de dispositivos estáticos (uso de eletrônica de potência).

2.3. CAPACITOR

2.3.1. O QUE SÃO CAPACITORES?

São elementos reativos que trabalham a passagem de corrente através do acúmulo de carga elétricas, um capacitor é capaz de armazenar energia. Os capacitores mais comuns são os construídos por placas condutivas e separadas por um material dielétrico.

O capacitor funciona de forma quando uma tensão é aplicada entre suas placas condutoras, um lado consiste em carga negativa e o outro positiva, essas placas são denominadas armaduras, desse modo as cargas tendem a ficar equilibradas, assim armazenando carga.

O momento em que o capacitor carrega é denominado regime transitório e quando carregado é denominado regime permanente.

2.3.2. CONCEITO DE CAPACITÂNCIA

Capacitância é a capacidade de armazenamento de carga, a letra que simboliza é a letra C e a unidade de medida é dada por farads.

$$C = \frac{Q}{V} \cong \frac{\text{Columb}}{\text{Volt}} \cong \frac{C}{V} = \text{Farads (F)} \quad (4)$$

2.3. TIPOS DE CAPACITORES

- Capacitor Eletrolítico;
- Capacitor de Poliéster;
- Capacitor Cerâmico;
- Capacitor de Tântalo;
- Capacitor de Mica;
- Capacitor SMD;
- Capacitor Variável;

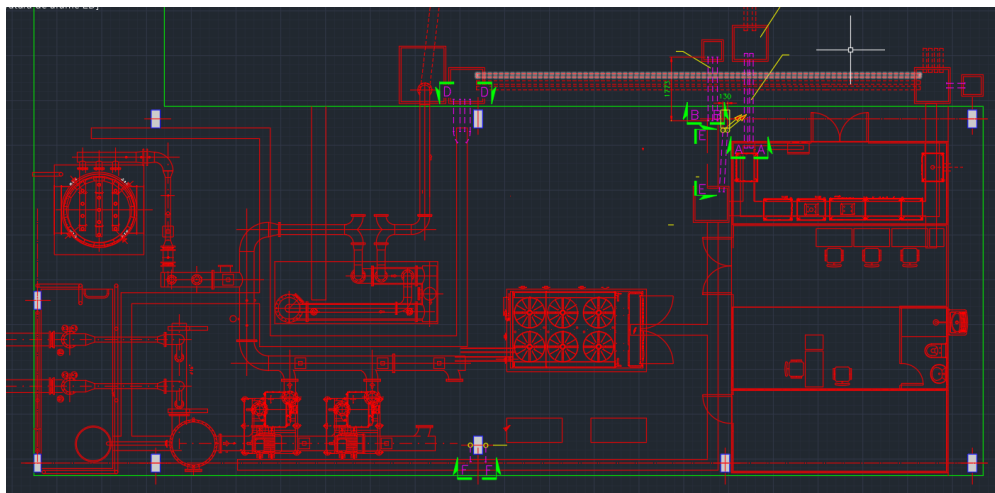
- Capacitor a Óleo e Papel.

3. METODOLOGIA.

3.1 LOCAL DO PROJETO

Foi usado como base a planta de tratamento do grupo Liberum Energia. Usina termelétrica a biogás que se situa em Cariacica. Na Figura 6 é mostrado a planta da usina, a estação de gás e a sala de operação, elétrica e almoxarifado na direita da imagem.

Figura 6 – Planta da usina



Fonte: Liberum Energia

3.2. LEVANTAMENTO DE CARGAS COM AS RESPECTIVAS POTÊNCIAS APARENTE, ATIVA E REATIVA DE CARGAS

Primeiro deve realizar o a relação de toda a carga, coletando a potência aparente e fator de potência fornecida por cada fabricante. Após essa coleta deve se multiplicar a potência aparente pelo fator de potência, dessa forma obtemos a potência ativa:

$$P = V \times I \times \cos\varphi \quad (5)$$

E calcular também a potência reativa.

$$Q = S \times \sin\varphi \quad (6)$$

Nessa próxima formula subtraímos a potência reativa do total, no caso sem a correção do fator de potência, pela potência com a correção. Com esse cálculo conseguimos chegar no valor de potência reativa excedente.

$$Q_C = Q_T - Q_F \quad (7)$$

Na Tabela 1 foi realizado o levantamento de carga da unidade, dados obtidos através de datasheet de cada equipamento.

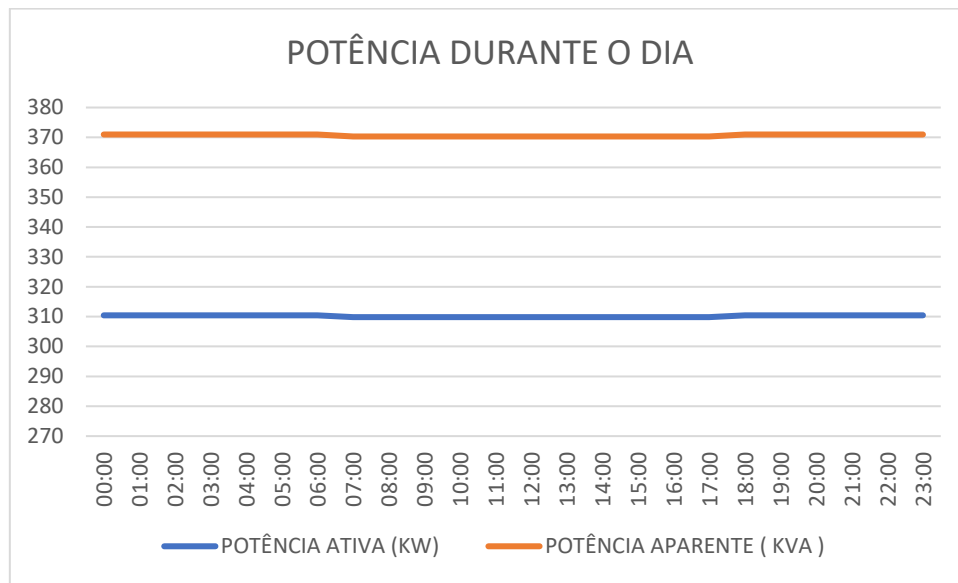
Tabela 1 - Relação de equipamentos

EQUIPAMENTO	QUANT.	V	FREQ.	I (A)	P (KW)	FP	REN.	TOTAL P (kw)	TOTAL S. (kva)
BOSTER	2	380	60	133,0	75,0	0,9	-	150,0	172,4
BB ETILENIO GLICOL	2	380	60	7,4	3,7	0,9	87,5	3,7	4,3
COMPRESSORES	2	380	60	14,5	7,5	0,9	90,6	15,0	17,2
CHILLER	1	380	60	133,1	140,8	0,8	76,0	140,8	176,0
LAMPADA LED T8 20W	18	220	60	0,1	0,0	0,9	-	0,4	0,4
REFLETOR LED 100W	6	220	60	0,1	0,1	0,9	-	0,6	0,7

Fonte: Produzido pelo autor

Após elaboração da Tabela 1, conseguimos realizar a distribuição do consumo durante o período de 24 horas e determinar a demanda, como ilustrado na Figura 7.

Figura 71 – Carga durante o dia



Fonte: Produzido pelo autor

3.3 DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE CONTROLE

Para definição do método de controle tem que levar em consideração alguns fatores:

- Quantidade de carga indutiva.
- Vai existir variação da carga indutiva.
- Se é carga especial ou não

3.4 CAPACITÂNCIA NECESSÁRIA PARA O SISTEMA

Para obter a capacitância necessária para drenar o capacitivo é usada a Equação 8.

$$C = \frac{Q_c}{2 \times \pi \times f \times V_{efC}^2} \quad (8)$$

3.5 PRINCIPAIS DADOS OBTIDOS

Na Tabela 2 são expressos os principais dados obtidos, podemos perceber que o fator de potência da unidade é de aproximadamente 0,83 e o ideal é elevá-lo para pelo menos 0,92.

Tabela 2 – Principais dados obtidos

PARAMETROS	VALOR
P (KW)	310,43
S (KVA)	370,97
FP	0,836806
Q (KVAR)	203,1

Fonte: Produzido pelo autor

Os dados da Tabela 3 são obtidos para um fator de potência com o valor de 0,92, que é o mínimo aceitável pela concessionária.

Tabela 3 – Principais dados obtidos

PARAMETROS	VALOR
P (KW)	310,43
S (KVA)	337,42
FP	0,836806
Q (KVAr)	132,23
ΔQ (KVAr)	70,87

Fonte: Produzido pelo autor

3.6. DIMENSIONAMENTO

Com o intuito de controlar o fator de potência dentro de uma planta, no capítulo anterior é possível obter dados-chaves para determinar o capacitor, quantidade de células e tipo de controle.

Primeiro passo é determinar o tipo de controle, para essa unidade vamos adotar o sistema de controle fixo, pois não há mudanças muito consideráveis de

consumo durante o dia. E essa planta tem características de consumo bem constante.

Sabendo é preciso drenar 70,87 kvar de potência reativa então será utilizado 4 células capacitivas com potências 30 kvar, 20 kvar, 17,5 kvar e 5 kvar. Será utilizado capacitores WEG com resistor de descarregamento interno no capacitor e na tabela 4 indica as características dos capacitores selecionados. Cada célula com terá um contator para fechamento na rede com disjuntores de com corrente de operação em 45,6 A, 30,4 A, 26,6 A e 7,6 A. E disjuntor de no mínimo 110 A de corrente de corrente manual. Nesse tipo de configuração o banco de capacitores é instalado em paralelo com a rede logo após o transformado abaixador que alimenta a usina. A tensão de trabalho é 380V.

5.CONCLUSÃO

O reativo excedente gera dor de cabeça em diversas empresas que usam energia trifásica. Esse projeto teve o intuito de mostrar através de métodos simples como é dimensionado um banco de capacitores para uma planta industrial. O aumento da utilização de luminárias e refletores Led tem colaborado para que já aconteça uma diminuição de energia indutiva no sistema. Também é possível ver no mercado motores com fatores de potência bem próximo ao aceitável, porem são equipamentos que ainda tem o custo muito elevado. O controle do fator de potência é de extrema importância para as concessionais de energia, pois é uma energia desperdiçada e com isso gera um gasto maior que o necessário em suas linhas de distribuições, como exemplo, bitolas de condutores. Já para as indústrias isso reflete diretamente na conta de energia no final do mês, pois o não controle desse fator de potência pode acarretar em muitas altíssimas impostas pelas concessionárias de energia.

Tabela 4 – Principais dados obtidos

Three-phase capacitor - UCWT HD (Heavy Duty)													
Voltage (V)	50 Hz		60 Hz		Capacitance (uF)	Series	Reference	Dimensions Ø x H (mm)	Design ¹⁾	Discharge resistor		Code	Weight (kg)
	Reactive power (kvar)	Rated current I _n (A)	Reactive power (kvar)	Rated current I _n (A)						Discharge resistor	Discharge time		
380	0.4	0.6	0.5	0.8	3.1 x 3	HD	UCWT0.5V40 L10 HD	60 x 156	A	Internal resistor	30	10046005	0.50
	0.6	0.9	0.8	1.1	4.6 x 3	HD	UCWT0.75V40 L10 HD	60 x 156	A	Internal resistor	30	10046006	0.51
	0.8	1.3	1.0	1.5	6.1 x 3	HD	UCWT1V40 L10 HD	60 x 156	A	Internal resistor	30	10046007	0.51
	1.3	1.9	1.5	2.3	9.2 x 3	HD	UCWT1.5V40 L10 HD	60 x 156	A	Internal resistor	30	10046008	0.53
	1.7	2.5	2.0	3.0	12.2 x 3	HD	UCWT2V40 L10 HD	60 x 156	A	Internal resistor	30	10046009	0.55
	2.1	3.2	2.5	3.8	15.3 x 3	HD	UCWT2.5V40 L10 HD	60 x 156	A	Internal resistor	30	10046010	0.61
	2.5	3.8	3.0	4.6	18.4 x 3	HD	UCWT3V40 L10 HD	60 x 156	A	Internal resistor	30	10046011	0.56
	4.2	6.3	5.0	7.6	30.6 x 3	HD	UCWT5V40 L16 HD	60 x 204	A	Internal resistor	30	10046012	0.74
	6.3	9.5	7.5	11.4	45.9 x 3	HD	UCWT7.5V40 N20 HD	75 x 225	B	3 x 120 kΩ / Delta	30	11313784	1.50
	8.3	12.7	10.0	15.2	61.2 x 3	HD	UCWT10V40 N20 HD	75 x 225	B	3 x 120 kΩ / Delta	30	11313787	1.55
	10.4	15.8	12.5	19.0	76.5 x 3	HD	UCWT12.5V40 N22 HD	75 x 285	B	3 x 120 kΩ / Delta	30	11313820	1.80
	12.5	19.0	15.0	22.8	91.8 x 3	HD	UCWT15V40 N22 HD	75 x 285	B	3 x 120 kΩ / Delta	30	11313821	1.81
	12.5	19.0	15.0	22.8	91.8 x 3	HD	UCWT15V40 Q26 HD	100 x 230	B	3 x 120 kΩ / Delta	30	11916878	2.17
	14.6	22.2	17.5	26.6	107.2 x 3	HD	UCWT17.5V40 Q26 HD	100 x 230	B	3 x 120 kΩ / Delta	30	11916880	2.18
	16.7	25.3	20.0	30.4	122.5 x 3	HD	UCWT20V40 Q26 HD	100 x 230	B	3 x 120 kΩ / Delta	30	11916901	2.18
	18.8	28.5	22.5	34.2	137.8 x 3	HD	UCWT22.5V40 S26 HD	116 x 230	B	3 x 120 kΩ / Delta	30	11916903	2.69
	20.8	31.7	25.0	38.0	153.1 x 3	HD	UCWT25V40 S26 HD	116 x 230	B	3 x 120 kΩ / Delta	30	11916924	2.70
	25.0	38.0	30.0	45.6	183.7 x 3	HD	UCWT30V40 S28 HD	116 x 290	B	3 x 120 kΩ / Delta	90	12272194	3.50
	29.2	44.3	35.0	53.2	214.3 x 3	HD	UCWT35V40 S28 HD	116 x 290	B	3 x 120 kΩ / Delta	90	12267042	3.50
	33.3	50.6	40.0	60.8	244.9 x 3	HD	UCWT40V40 U28 HD	136 x 290	B	3 x 120 kΩ / Delta	90	13365634	4.45
	37.5	57.0	45.0	68.4	275.5 x 3	HD	UCWT45V40 U28 HD	136 x 290	B	3 x 120 kΩ / Delta	90	13365636	4.45
	41.7	63.3	50.0	76.0	306.2 x 3	HD	UCWT50V40 U28 HD	136 x 290	B	3 x 120 kΩ / Delta	90	13365637	4.45

Fonte: WEG.

REFERÊNCIAS

(ANEEL) **Agência Nacional de Energia Elétrica**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/fiscalizacao-do-setor-eletrico> Acesso em: 10 nov. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410: Instalações Elétricas de Baixa Tensão**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 209 p.

(CODI, 2004) CODI - COMITÊ DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. **Manual de Orientação aos Consumidores: Energia Reativa Excedente**. CODI, 2004. 13 p

COTRIM, Ademaro A. M. B. **Instalações Elétricas**. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2008.

CREDER, Hélio. **Instalações Elétricas**. 15. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

DUALIBE, Prof Paulo. **Consultoria para uso Eficiente de Energia**. Janeiro – 2000. Disponível em: <http://www.uff.br/capacitores>. Acesso em: 10 nov. 2020.

JORNAL DO OESTE, Por Redação com Assessoria - Atualizado em 07/08/2018
<https://www.jornaldooeste.com.br/noticia/empresas-pagam-multa-de-ate-30-na-conta-de-energia> Acesso em: 10 nov. 2020.

O que é fator de potência? Aprenda como calcular e corrigir. [S. l.], 19 jun. 2019. Disponível em: <https://www.viverdeeletrica.com/fator-de-potencia/>. Acesso em: 21 jun. 2020.

SILVA, Marcos César Isoni. **Correção do fator de potência de cargas industriais com dinâmica rápida**. 2009. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - UFMG, Belo Horizonte, 2009. Disponível em: <https://www.ppgee.ufmg.br/defesas/129M.PDF>. Acesso em: 10 Jun. 2020.

Vieira, A. C. G. **Correção do Fator de Potência**. 2º Edição. Rio de Janeiro: Editora Manuais CNI, 1989, p. 155. Flarys, F. Eletrotécnica Geral (1ª Edição ed.). São Paulo: Editora Manole, (2006).

WEG AUTOMAÇÃO S.A. **Capacitores para correção do fator de potência**. Jaraguá do Sul: Weg Automação S.A., 2017b. Disponível em: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h2f/h31/WEGcapacitores-para-correcao-do-fator-de-potencia-50009818-catalogoportugues-br.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2020.

WEG AUTOMAÇÃO S.A. **Manual para correção do fator de potência**. Jaraguá do Sul: Weg Automação S.A., 2009. Disponível em: <http://static.weg.net/medias/downloadcenter/hea/h8b/WEG-correcao-dofator-de-potencia-958-manual-portugues-br.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2020.

WEG AUTOMAÇÃO S.A. MMW e PFW: **Multimedidor de grandezas elétricas e controlador automático do fator de potência**. Jaraguá do Sul: Weg Automação S.A., 2018. Disponível em: <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h01/hb6/WEGmultimedidor-mmw-e-controlador-pfw-50025399-catalogo-portuguesbr.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.