



GSI – ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA.

GSI Nº: ART 545-07 - CD 262-07



INFLUÊNCIA DE BANCO DE CAPACITORES NAS CARGAS ELÉTRICAS INDUSTRIAIS NO DESEMPENHO DOS SISTEMAS DE TRANSMISSÃO DE DISTRIBUIÇÃO

Revisão 0 - Emissão Inicial.

Páginas: capa+ 12 Nº pág inicial 1 Nº pág final 12

Distribuição

Rev.	Data/Autor	Data/Verificado	Data/Aprovado	Data/Emissão Original	Observações
0	14/08/07 - JRC	14/08/07 - JRC	14/08/07 - JRC	14/08/07 - JRC	Para Informação
a					
b					
c					

1 - OBJETIVO

Este documento tem por objetivo apresentar Influência de Banco de Capacitores nas Cargas Elétricas Industriais e no Desempenho dos Sistemas de Transmissão de Distribuição.

2 - DOCUMENTO DE REFERÊNCIA

2.1 - João Roberto Cogo, EFEI - III Seminário Nacional de Índice de Manutenção ABRAMAN Regional - Bahia; período 18 a 20 de novembro de 1992.

3 – INTRODUÇÃO

H - Deve-se efetuar estudos específicos aliados a medições sempre que se instalar banco de capacitores.

I - Filtros ao invés de capacitores em sistemas com cargas elétricas especiais

J - Alocação ótima de banco de capacitores

K - Colocação de banco de capacitores por etapas

L - Chaveamento de bancos

M – Sobre dimensionamento de tensões

N - Faltam 488 dias para 25 de março de 1994

- 16 meses -

CONSUMO NA CESP (PERCENTUAL) *					
Classe	Janeiro a Setembro				
	8 8	8 9	9 0	9 1	9 2
Consumo	8 8	8 9	9 0	9 1	9 2
Residencial	17,8	18,9	20,2	21,2	21,2
Industrial	54,3	53,2	52,3	50,4	50,4
Comercial	6,2	6,3	6,6	6,9	7,1
Rural	6,5	6,0	5,7	6,2	6,2
Outros	15,2	15,6	15,2	15,3	15,7
Total (ABS.)	5.629.333	5.744.328	5.851.196	5.956.996	6.104.893

A Autolatina gasta anualmente com energia elétrica US\$ 40 milhões, um consumo de 900 mil mega watts-hora (MWh), dos quais 24 mil de ETST.(*)

* Fonte: Gazeta Mercantil

Caderno “Energia” - página 11 de 16 de outubro de 1992.

O ministro das minas e energia, Marcus Vinicius Pratini de Moraes, declarou que as tarifas do setor serão aumentadas dos atuais US\$ 48 o mega watt/hora para US\$ até o final do ano. Ele afirmou que os preços praticados pelo Brasil “são muito inferiores à maioria dos países”.(**)

** Fonte: Folha de São Paulo

Reportagem: “Pratini quer revisão de tarifas de energia” - página - I-6 de 24 de abril de 1992.

3.1 - “SALGEMA INVESTE US\$ 1 MILHÃO NO AUMENTO DO FATOR DE POTÊNCIA DE SEUS MOTORES” (*)

As normas constantes da portaria obrigam as empresas a investigar na redução de seus equipamentos, principalmente através da aquisição de bancos de capacitores. O estudo foi encomendado pela ABRACE, em conjunto com a Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM) e Associação Brasileira da Indústria de Gás (ABIGAR).

* Fonte: Gazeta Mercantil

Seção Energia

30 de outubro de 1992.

3.2 - “EMPRESA CONTESTA CONTAS DE LUZ E RECEBE DIFERENÇA” (**)

A sentença atendeu a ação movida pela fábrica de papel Santa Terezinha S/A. O acórdão do STF determina a devolução com correção monetária integral as contas se referiam ao período de janeiro de 1977 a dezembro de 1982.

** Fonte: Folha de São Paulo

Seção: Dinheiro

28 de agosto de 1992

Caderno 2 - página 3

Os capacitores, quando instalados adequadamente na rede elétrica, podem propiciar muitas vantagens, onde destacam-se:

- 1 - Redução das perdas no sistema de transmissão;
- 2 - Redução das perdas no sistema de transformação;
- 3 - Liberação da capacidade dos transformadores;
- 4 - Liberação da capacidade dos cabos e linhas de transmissão;
- 5 - Liberação da capacidade de geração;

Por outro lado, se os capacitores são fixos, os seguintes problemas podem ser esperados:

- 1 - Elevação da tensão na hora de carga leve;
- 2 - Aumento da potência de carga devido a elevação da tensão;
- 3 - Aumento de perdas no sistema do usuário;
- 4 - Aumento de perdas no sistema de transmissão;
- 5 - Aumento de perdas no sistema de transformação;
- 6 - Sobre tensões devido a ressonância.

4 - COMPENSADOR ESTÁTICO DO TIPO CAPACITOR CHAVEADO A TIRISTORES

Os capacitores podem ser chaveados por compensadores estáticos, visando alcançar uma determinada estratégia. Essa estratégia deve:

- Preservar a integridade do sistema elétrico, evitando problemas de ressonância e sobre tensão;
- Manter a tensão a níveis satisfatórios de modo a evitar perdas de energia no sistema do usuário;
- Manter a corrente nos alimentadores que propiciem as menores perdas nos mesmos (redes primária e secundária e transformadores);
- Estratégia de controle incluindo o compensador e alteração dos TAPS dos transformadores de sub transmissão.

CONSUMO DE ENERGIA (PERCENTUAL)				
POR CLASSE				
Ano	Mês	Residencial	Comercial	Industrial
90	Nov	24,1	11,6	50,3
	Dez	23,7	12,5	50,5
91	Jan	26,1	12,8	45,3
	Fev	25,1	12,4	47,4
	Mar	25,3	12,4	46,6
	Abr	24,8	12,3	48,3
	Mai	24,4	12,0	49,2
	Jun	24,0	11,5	50,1
	Jul	23,4	11,1	51,0
	Ago	23,5	11,1	51,1
	Set	23,5	11,2	50,9
	Out	23,9	11,5	50,2
	Nov	23,8	11,7	50,1
	Dez	24,5	12,6	49,1

Fonte: ELETROBRÁS

CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA POE SETORES INDUSTRIAIS (VALORES PERCENTUAIS)						
Setor	Dezembro		Var	Jan / Dez		Var
	1991	1990		1991	1990	
Metalúrgico	25,2	25,5	1,5	25,7	25,7	0,4
Química	15,2	14,3	8,8	14,7	15,1	-1,9
Transporte	11,0	12,4	-9,2	11,0	11,6	-5,1
Têxtil	6,8	6,8	3,9	6,8	6,9	-1,5
Min. N. Metal	5,8	5,7	3,2	5,8	5,7	3,1
Papel	6,0	5,9	3,0	6,0	5,7	7,2
Demais	30,0	29,4	5,0	30,0	29,3	3,3
Tatal (Valor ABS.)	2335	2276	2,6*	26784	26604	0,7

Fonte: ELETROPAULO

CONTA DE ENERGIA ELÉTRICA		
Composição	Mês	
	08/91	02/92
Demanda Contratada [U\$ / MW]	5,6 (16)	6,2 (17)
Demanda Faturada F. P. [U\$ / MW]	1,3 (4)	1,4 (4)
Demanda Suplementar Res. [U\$ / MW]	1,8 (2)	1,9 (2)
Consumo Faturado P. [U\$ / mW]	31,9 (5)	32,6 (5)
Consumo Faturado F. P [U\$ / MWH]	22,8 (32)	23,0 (37)
Consumo Suplementar [U\$ / MWH]	95,0 (32)	104,1 (26)
Impostos	(9)	(9)
Total * 10 ³ [U\$]	969 (100)	1009 (100)
Média [U\$ / MWH]	53,04	49,97

OBS: () - Valor em porcentagem

* - Retorno empréstimo compulsório da Eletrobrás

P. - Horário de ponta - 17 às 20 hs.

F.P. - Horário de ponta

CONTA DE ENERGIA ELETRICA			
Composição	Mês		
	01/91	02/91	06/91
Demanda Contratada [U\$ / MW]	4,8 (22)	8,3 (19)	5,9 (23)
Demanda Faturada F. P. [U\$ / MW]	1,1 (5)	1,9 (4)	1,3 (5)
Demanda Suplementar Res. [U\$ / MW]	1,5 (3)	2,6 (2)	1,8 (3)
Consumo Faturado P. [U\$ / mW]	25,4 (8)	43,5 (5)	37,3 (7)
Consumo Faturado F. P [U\$ / MWH]	17,9 (54)	30,6 (42)	23,9 (48)
Consumo Suplementar [U\$ / MWH]	81,0 (10)	138,9 (22)	0,0 (0)
Impostos	* (-2)	(6)	(14)
Total * 10 ³ [U\$]	596 (100)	1159 (100)	678 (100)
Média [U\$ / MWH]	29,51	60,96	44,90

OBS: () - Valor em porcentagem

* - Retorno empréstimo compulsório da Eletrobrás

P. - Horário de ponta - 17 às 20 hs.

F.P. - Horário de ponta

PREÇO DE ENERGIA ELÉTRICA				
Mês	Consumo [MW]	Valor em U\$ na data do Pgto	[U\$ / MW]	[U\$ / MWH]
03/92	31,814	2.068,00	37,18	49,97
02/92	29,040	2.1647,35	34,75	49,92
01/92	29,222	1.346,70	34,73	46,68
12/91	28,355	1.100,85	31,26	42,02
11/91	22,259	871,70	26,30	36,52
10/91	21,305	666,42	26,30	35,35
09/91	24,997	547,25	26,32	36,55
08/91	24,547	402,02	39,46	53,04
07/91	23,515	352,92	30,42	40,89
06/91	20,942	315,14	32,32	44,90
05/91	20,008	288,20	34,73	42,68
04/91	19,970	262,36	35,51	49,45
03/91	23,988	246,11	42,38	56,96
02/91	28,302	225,24	40,96	60,96
01*91	27,146	219,94	21,96	29,51

U\$ Compra *

* Fonte: Ministério da Economia, Fazenda e Planejamento

Mês	CP [kWH]	CFP [kWH]	CS [kWH]	CP [US\$ / MWH]
03/92	1.757.261	18.479.956	3.432.463	32,68
02/92	1.547.183	16.127.886	2.537.036	32,64
01/92	1.775.323	17.692.339	2.273.825	32,33
12/91	1.584.762	17.366.105	2.145.173	29,20
11/91	1.348.207	14.457.924	220.323	27,93
10/91	1.327.559	14.443.709	79.392	26,80
09/91	1.468.906	15.856.020	673.100	27,07
08/91	1.426.374	13.617.185	3.219.515	31,95
07/91	1.596.987	15.897.957	0,0	31,65
06/91	1.403.012	13.675.362	0,0	33,37
05/91	1.146.380	13.469.587	0,0	36,49
04/91	1.248.847	13.093.873	0,0	37,39
03/91	1.471.553	15.321.607	1.053.947	39,86
02/91	1.543.816	15.637.693	1.837.698	43,55
01/91	1.807.640	17.600.583	788.177	25,42

Mês	CFP [US\$ / MWH]	CS [US\$ / MWH]	Relação (CS / CFP)	Demanda [US\$ / MWH]
03/92	23,02	104,23	4,53	6,24
02/92	23,00	104,13	4,53	6,23
01/92	22,77	103,12	4,53	6,17
12/91	20,57	93,16	4,53	5,58
11/91	20,01	83,11	4,15	4,98
10/91	19,20	79,76	4,15	4,77
09/91	19,39	80,54	4,15	4,82
08/91	22,89	95,09	4,15	5,67
07/91	22,68	0,0	-	5,64
06/91	23,90	0,0	-	5,94
05/91	26,14	0,0	-	6,50
04/91	26,34	0,0	-	7,14
03/91	28,08	127,14	4,53	7,61
02/91	30,68	138,93	4,53	8,32
01/91	17,91	81,09	4,53	4,86

Os capacitores, quando instalados adequadamente na rede elétrica, podem propiciar muitas vantagens, onde destacam-se:

- 1 - Redução das perdas no sistema de transmissão;
- 2 - Redução das perdas no sistema de transformação;
- 3 - Liberação da capacidade dos transformadores;
- 4 - Liberação da capacidade dos cabos e linhas de transmissão;
- 5 - Liberação da capacidade de geração;

Por outro lado, se os capacitores são fixos, os seguintes problemas podem ser esperados:

- 1 - Elevação da tensão na hora de carga leve;
- 2 - Aumento da potência de carga devido a elevação da tensão;
- 3 - Aumento de perdas no sistema do usuário;
- 4 - Aumento de perdas no sistema de transmissão;
- 5 - Aumento de perdas no sistema de transformação;
- 6 - Sobre tensões devido a ressonância.

5 - COMPENSADOR ESTÁTICO DO TIPO CAPACITOR CHAVEADO A TIRISTORES

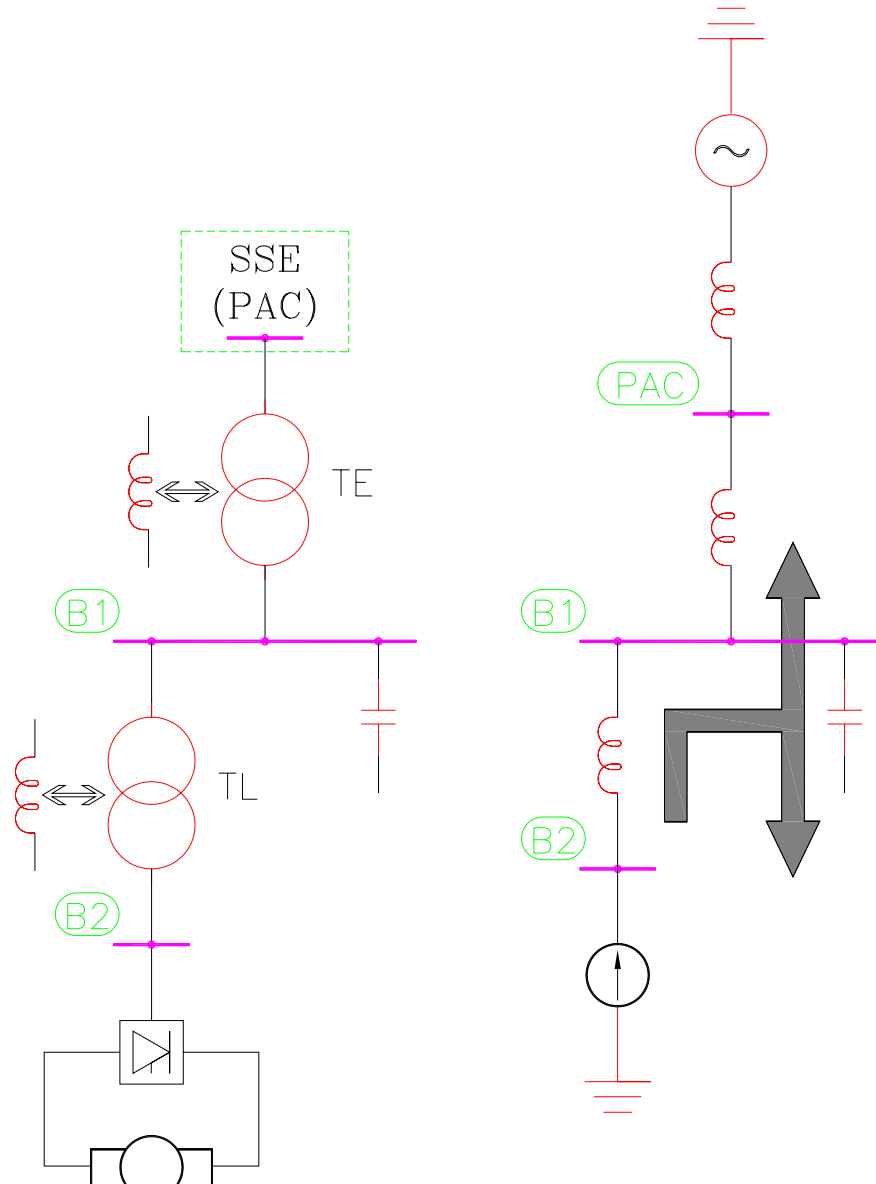
Os capacitores podem ser chaveados por compensadores estáticos, visando alcançar uma determinada estratégia. Essa estratégia deve:

- Preservar a integridade do sistema elétrico, evitando problemas de ressonância e sobre tensão;
- Manter a tensão a níveis satisfatórios de modo a evitar perdas de energia no sistema do usuário;
- Manter a corrente nos alimentadores que propiciem as menores perdas nos mesmos (redes primária e secundária e transformadores);
- Estratégia de controle incluindo o compensador e alteração dos TAPS dos transformadores de sub transmissão.

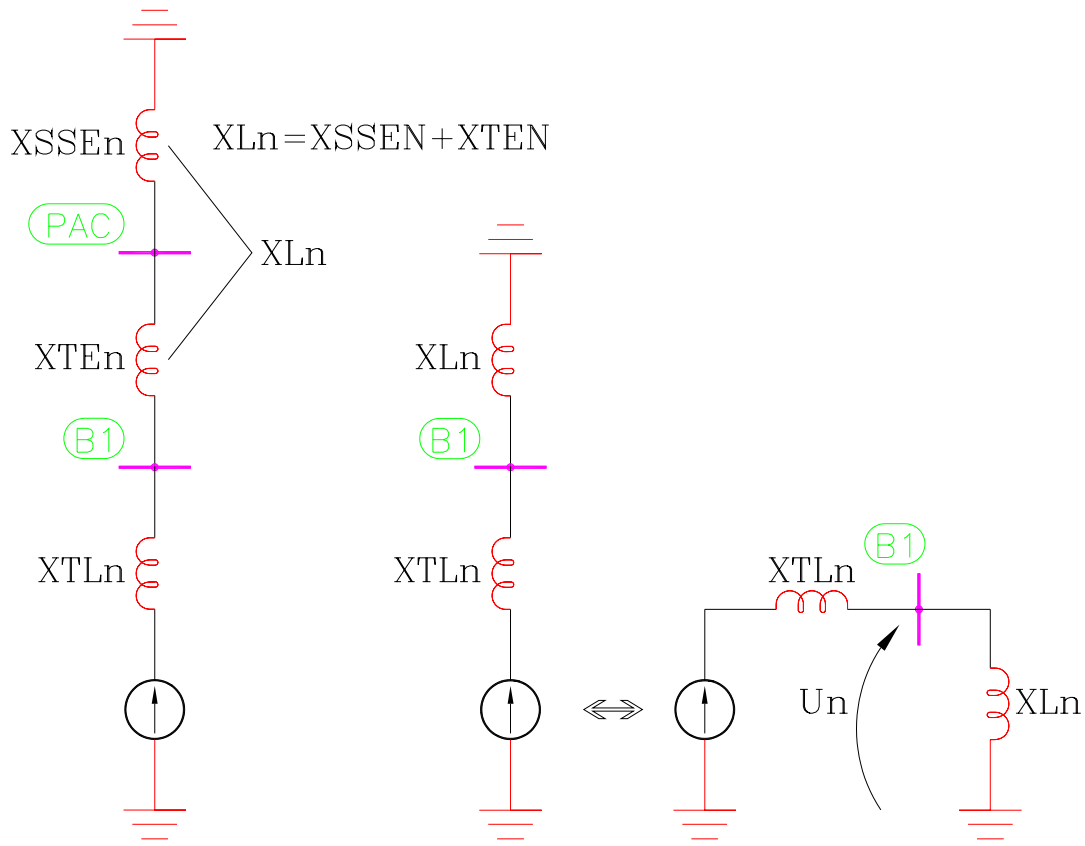
Perdas do Sistema CPFL		
Componentes do Sistema Elétrico	Perdas %	Total %
Ramais de serviço e entrada	1,88	0,14
Medidores	3,22	0,23
Rede secundária	18,25	1,31
Transformadores de distribuição	15,43	1,11
Capacitores e reguladores	0,74	0,05
Rede primária	15,98	1,15
Transformador / regulador / de S/E	9,59	0,69
Sistema de transmissão	25,34	1,82
Perdas Miscelâneas	9,57	0,68
Total	100,00	7,18

A estabilização da tensão é importante até mesmo na operação de motores, pois o aumento da tensão (no horário de carga leve) traz como consequência uma piora no rendimento dos motores quando operam com tensão diferente da nominal.

5.1 - RESSONÂNCIA PROVOCADA POR HARMÔNICOS DE CORRENTE

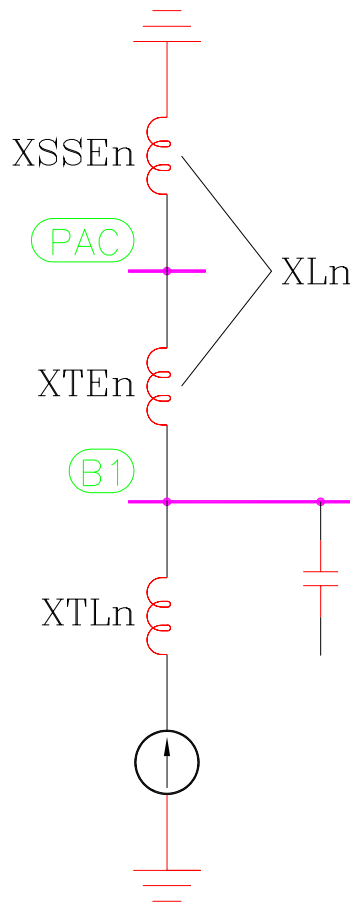


5.2 - ANÁLISE DE RESSONÂNCIA CASO SEM BANCO DE CAPACITORES



$$U_N = X_{LN} * I_N = N * X_{L1} * I_N$$

5.3 - ANÁLISE DE RESSONÂNCIA CASO COM BANCO DE CAPACITORES



$$X_{LN} = X_{SSEN} + X_{TEN}$$

$$X_{LN} = N * X_{L1}$$

$$X_{CN} = \frac{X_{C1}}{N}$$

FIGURA 4

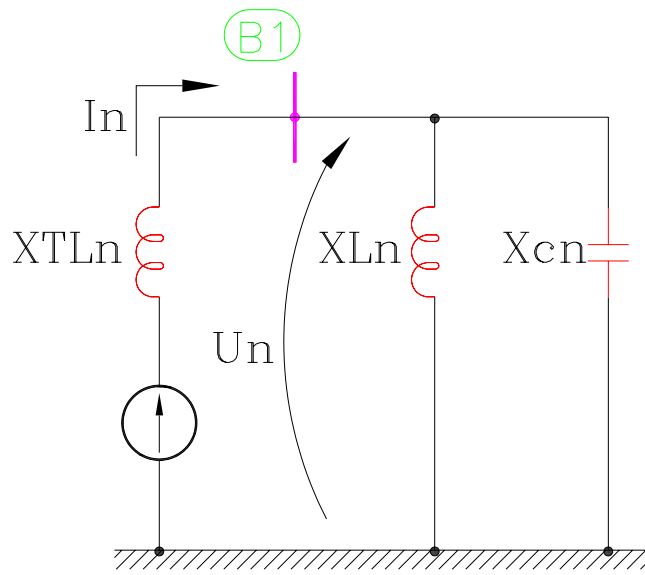
$$U_N = \frac{[X_{L1}] * [X_{C1}]}{\left[X * X_{L1} - \frac{X_{C1}}{N} \right]} * I_N$$

Se:

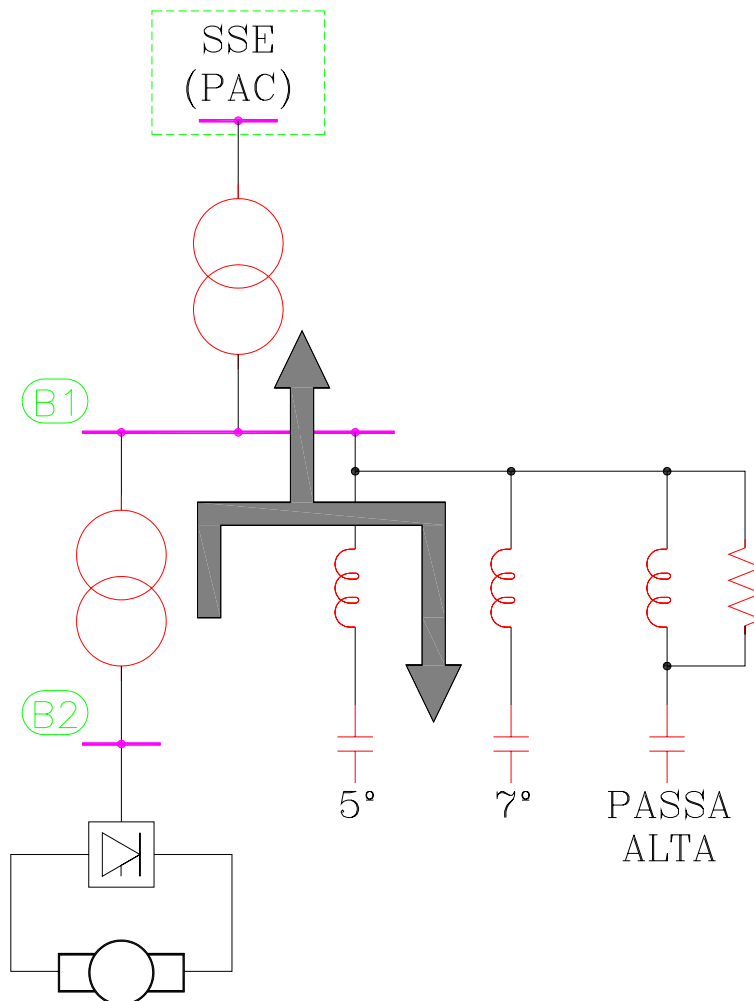
$$\left[N * X_{L1} - \frac{X_{C1}}{N} \right] = 0$$

$U_N = \text{INFINITO}...$

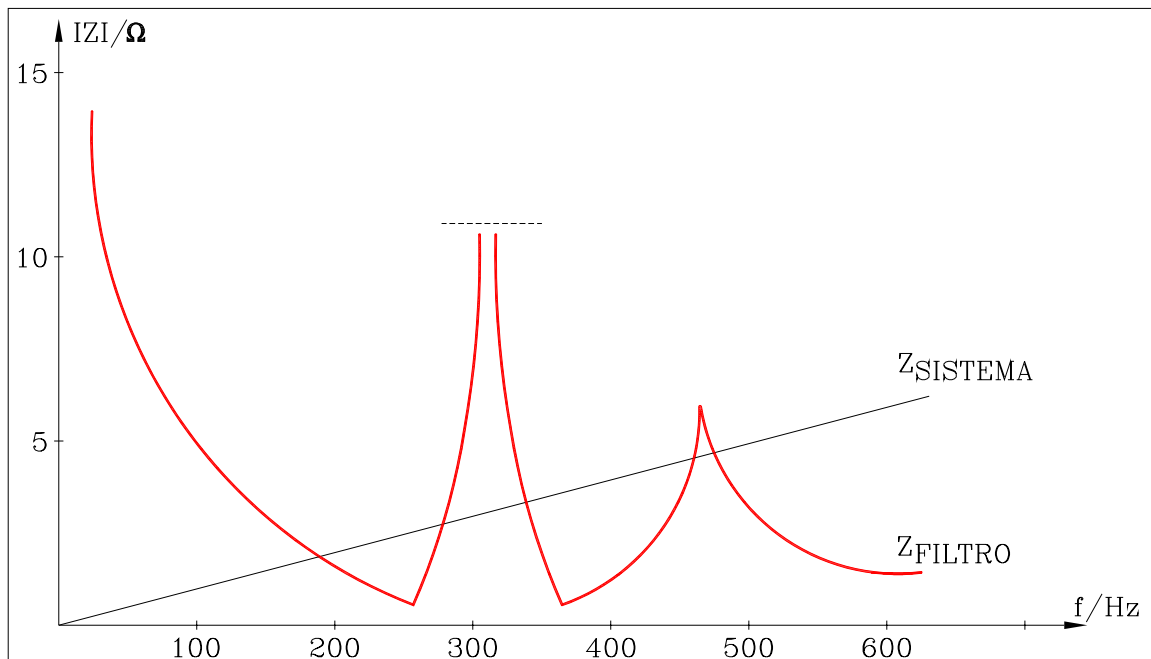
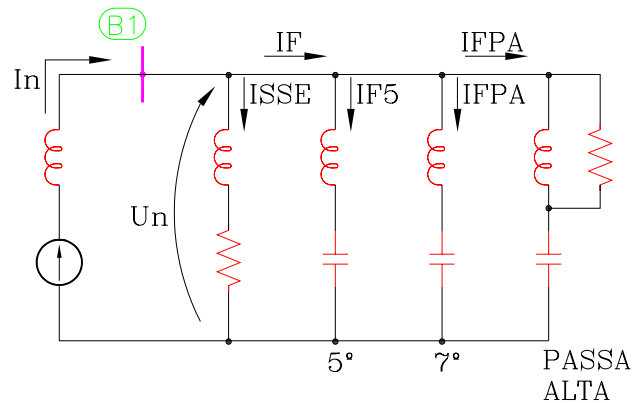
5.4 - EFEITO DOS FILTROS DE HARMÔNICOS



5.5 - EFEITO DOS FILTROS DE HARMÔNICOS NA IMPEDÂNCIA DO SISTEMA



5.6 - EFEITO DOS FILTROS DE HARMÔNICOS NA IMPEDÂNCIA DO SISTEMA



6 - CUIDADOS AO INSTALAR BANCO DE CAPACITORES

Medir forma de onda de tensão e corrente;

Verificar as distorções;

Baixas - Procedimento normal;

Elevadas;

- Filtros de harmônicos;

- Sobre dimensionamento do banco;

Projeto de filtros;

- Estudo de fluxo de harmônicos;

- Análise de ressonância;

- Alocação ótima de capacitores;

- Saída de filtros (Contingências);

- Distorções do PAC;

- Etc.