

DETERMINAÇÃO DA QUEDA DE TENSÃO NA ANTIGA LINHA VERDE DE ALIMENTAÇÃO DOS FORNOS VM1 E PANELA¹

*Paulo Armando Panunzio²
Pedro Magalhães Sobrinho³
Antonio Carlos Manfrin⁴*

Resumo

O objetivo deste Trabalho é demonstrar os ganhos obtidos com energia elétrica, devido a substituição dos cabos elétricos aéreos da denominada “Linha Verde de Alimentação dos Fornos à Arco VM1 e Panela 1 da Villares Metals – Unidade Sumaré”, por cabos subterrâneos. Podemos mencionar outros ganhos obtidos em Segurança, Manutenção, Meio Ambiente e Qualidade de Energia, porem não serão mensurados. Esta substituição foi motivada devido à linha existente estar no limite de sua vida útil, com restrições para aumento de carga (expansão) e com paradas indesejáveis de manutenção. Ressalta-se que essa determinação é somente da perda elétrica devido à resistência ôhmica do condutor de alumínio nu utilizado na linha antiga (VERDE). A economia demonstrada nesse estudo é de R\$ 3.313,21 e 16,339752 MWh embora pareça reduzida ela é significativa, pois existe uma sobra em MWh, que pode ser utilizada dentro da própria empresa em ampliações que se fazem necessárias.

Palavras-chave: Ganhos de energia; Linha de distribuição; Perdas elétricas.

DETERMINATION OF LOSS OF TENSION IN OLD GREEN LINE THAT JOINING THE FURNACES VM1 E PANELA1

Abstract

The objective of this work is to demonstrate the gains obtained with electrical energy, due to replacement of electric cables of air called "Power of the Green Line to Arc Furnaces VM1 and Panel 1 of Villares Metals - Unit Sumaré" by underground cables. We can mention other gains in Safety, Maintenance, Environment and Quality of Power, but will not be measured. This substitution was motivated due to the existing line to the limit of its useful life, with restrictions to increase the load (expansion) and stops unwanted maintenance. It is emphasized that this determination is the only power loss due to ohmic resistance of bare aluminum conductor used in the old line (green). The economy demonstrated in this study is R\$ 3,313.21 and 16.339752 MWh even if it is significantly reduced because there is a spare in MWh, which can be used within the company in which extensions are necessary.

Key words: Gains in energy; Distribution lines; Electrical losses.

¹ *Contribuição técnica ao 30° Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 24° Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 19 a 21 de agosto de 2009, São Paulo, SP*

² *Prof. MsC, Unesp Guaratinguetá SP*

³ *Prof. Dr., Unesp Guaratinguetá SP*

⁴ *Eng. Eletricista, Villares Metals S.A., Unidade Sumaré SP*

1 OBJETIVO

O objetivo deste estudo é a determinação dos ganhos em energia elétrica devido a substituição dos cabos elétricos aéreos (com eliminação de todo posteamento) da denominada “Linha Verde de Alimentação dos Fornos à Arco VM1 e Panela 1 da Villares Metals – Unidade Sumaré”, por cabos em dutos subterrâneos.

Esta substituição foi motivada devido à linha existente ser antiga, com componentes muito desgastados e bem próximos do limite de sua vida útil, com restrições para aumento de carga (Expansão) e alto custo de manutenção, também provocando paradas indesejáveis para manutenções de emergência.

Ressalta-se que essa determinação é somente da perda elétrica devido a resistência ôhmica do condutor de alumínio nu utilizado na linha antiga (VERDE).

2 DESENVOLVIMENTO

A linha verde possuía uma extensão de 436 metros partindo do pátio de manobras até as subestações SE 17 e SE 18, onde estão localizados os transformadores de alimentação dos fornos VM1 e PANELA 1, respectivamente de 20 MVA -13.8 kV / 159 – 449 V e 4,25 MVA – 13.8 kV / 96 – 236 V.

Os fornos utilizados são fornos a arco de arco direto e as características de operação são: no período de fusão, o forno funciona em média com uma potência ativa superior a 20% da potência normal absorvida e com um fator de potência na faixa de 0,75 a 0,85.

No período de refino, quando a carga já está em estado líquido, a potência média absorvida pelo forno é aproximadamente 30% da sua potência normal e com fator de potência nos limites de 0,85 a 0,90.

Ainda no período de fusão, destaca-se que as condições de operação são extremamente severas para a rede de energia, causando no sistema de alimentação grandes perturbações.

Mas, o objetivo desse trabalho é determinar as perdas na linha de alimentação dos fornos, que possui tensão de operação em 13,8 kV e cabos de alumínio nu 477 MCM, sendo instalados dois cabos por fase.

Como descrito anteriormente, teremos a potência consumida pelo forno da linha de alimentação, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Característica de operação dos fornos

SE 18	POTÊNCIA MVA	TENSÃO kV	Corrente Nominal A	% de Utilização 90	% de Utilização 60	Tempo estimado Horas 90%	Tempo estimado Horas 60%
Nominal	20	13.8	837,73	753,96	502,64	18	6
Máximo	24	13.8	1005,28	904,75	603,17	18	6
SE 17	4.25	13.8	178,04	160,22	106,81	18	6

Fonte: dados obtidos nas faturas de energia da concessionária

No transformador da SE 17 temos uma faixa de operação, onde acontecem alguns picos de corrente que são da ordem de 210 A, o que leva a uma média de 180 A na operação do transformador.

Para efeito de cálculo das perdas na linha, considera-se o caso com a maior intensidade de corrente durante o intervalo de operação de maior duração, pois para

os demais casos será necessário somente aplicar a variação percentual de cada situação e determinar a perda.

Para o cabo utilizado na “Linha Verde” que é 477 MCM, a sua resistência elétrica é de $R_0 = 0,11928 \text{ ohms/km}^{(1)}$ para uma temperatura de 20°C , valor esse obtido em tabelas fornecido por fabricantes de cabos de alumínio.

Se considerarmos uma temperatura de trabalho média em torno de 40°C , a resistência do condutor será de $R = 0,1199334 \text{ ohms/km}$, esse valor é uma alteração muito pequena e o coeficiente de dilatação térmica do alumínio é $\alpha = 0,000023^\circ\text{C}^{-1} \cdot (1,2)$

$$R = R_0 (1 + \alpha \times \Delta\theta) = 0,11928 [1 + 0,000023 \times (40 - 20)]$$

$$R = 0,1199334 \text{ } \Omega/\text{km}$$

Como a distância da linha de distribuição é de 436 m, convertida para quilômetros, 0,436 km a resistência ôhmica será de 0,052 Ω para os dois casos.

$$R = 0,11928 \times 0,436 \Rightarrow R = 0,052 \text{ } \Omega$$

$$R = 0,119334 \times 0,436 \Rightarrow R = 0,052 \text{ } \Omega$$

No caso dessa linha de alimentação como possui dois cabos por fase colocados em paralelo para poder suportar a corrente total do forno que gira em torno de 1200 A no caso mais crítico, somando-se a corrente dos dois fornos. Tem-se uma resistência equivalente dos cabos de:

$$R_{eq} = 0,052/2 \Rightarrow R_{eq} = 0,026 \text{ } \Omega$$

Com esse valor estima-se uma queda de tensão em torno de, considerando uma corrente média de 1150 A para os dois fornos:

$$V = 0,026 \times 1150 \Rightarrow V = 29,90 \text{ V}$$

E uma potência dissipada no cabo de:

$$P = 29,90 \times 1150 \Rightarrow P = 34,385 \text{ kW} \Rightarrow P = R \times I^2 = 0,026 \times (1150)^2$$

Se considerar ainda que a linha trabalha conforme dados da Tabela 1:

$$\text{Com } 90\% \text{ e } 18 \text{ horas} \Rightarrow \text{Energia} = 34,385 \times 0,9 \times 18 \Rightarrow E = 557,037 \text{ kWh}$$

$$\text{Com } 60\% \text{ e } 06 \text{ horas} \Rightarrow \text{Energia} = 34,385 \times 0,6 \times 6 \Rightarrow E = 123,786 \text{ kWh}$$

A total da energia consumida na linha de alimentação é de:

$$\text{Energia}_T = 680,823 \text{ kWh}$$

Esse valor é para 24 horas, ou seja, um dia e considerando que os fornos trabalham de segunda a sábado, tem-se 24 dias trabalhados por mês:

$$\text{Energia}_{T\text{mês}} = 16.339,752 \text{ kWh ou } \text{Energia}_{T\text{mês}} = 16,339752 \text{ MWh}$$

Sendo o consumo mensal em torno de 18.069,95 MWh, média do primeiro quadrimestre de 2008, representando então a retirada da linha 0,09% de economia.^(3,4)

Para o ano de 2008 até abril o valor médio do custo do MWh FIO + ENERGIA é de R\$ 202,77, se considerar esse custo para o MWh economizado com a retirada da linha verde antiga tem-se R\$ 3.313,21 ao mês. Esse valor economizado pode ser comparado aos seguintes valores, apresentados nas Tabelas 2, 3, 4 e 5:

Tabela 2 – Custo do suprimento de energia

Mês Ref.	Energia Contratual MWh	Consumo Total em MWh	Suprimento Energia R\$						
			Energia Entregue	Perdas Rede Básica 3%	Energia Adicional	ICMS	TOTAL ENERGIA		
Jan	14.500	16.362,23	1.739.522,56		850.386,60	466.183,65	2.589.909,16		
Fev	15.500	17.656,94	1.859.489,63		314.558,78	391.328,81	2.174.048,41		
Mar	18.000	19.001,59	2.076.903,24		0,00	373.842,58	2.076.903,24		
Abr	18.165	19.259,04	2.039.232,91	61.177,65	0,00	378.073,90	2.100.410,56		
Média							18.069,95	1.928.787,09	2.235.317,84

Fonte: dados obtidos nas faturas de energia da concessionária

O valor economizado de R\$ 3.313,21 representa 0,88% do valor do ICMS do mês abril/2008.

Tabela 3 – Custo do contrato fio

Mês Ref.	Contrato Fio Valores em R\$							Total FIO
	Demanda Ponta	Demanda Fora Ponta	Reativa na Ponta	Reativa Fora Pta	ECE	Encargos de Conexão Mensal	ICMS	
Jan	680.030,83	91.676,03	2.003,27	4.424,99	-	1.534,27	171.146,94	950.816,33
Fev	676.946,74	91.674,28	2.867,47	10.324,29	-	1.635,81	171.976,52	955.425,11
Mar	670.414,08	91.309,86	602,44	6.768,54	-	1.638,15	169.185,31	939.918,38
Abr	631.750,01	81.597,85	905,49	3.389,23	-	1.632,42	157.889,63	877.164,63

Fonte: dados obtidos nas faturas de energia da concessionária

Na Tabela 3 comparando os valores da demanda na reativa na ponta e fora da ponta, verifica-se que nos meses de janeiro a abril, a economia paga a demanda reativa na ponta e ainda sobra, o mesmo acontece com os encargos de conexão mensal, paga e ainda sobra R\$ 1.703,05 considerando valor médio de R\$ 1.610,16 para os encargos.

Tabela 4 – Encargos do fio

Mês Ref.	Encargos do Fio - Valores em R\$				Custo Total FIO
	Ponta	Fora Ponta	ICMS	Total Encargos FIO	
Jan	35.106,66	317.892,09	77.487,53	430.486,28	1.381.302,61
Fev	37.977,57	341.929,04	83.394,13	463.300,74	1.418.725,85
Mar	37.954,50	371.472,69	89.874,26	499.301,45	1.439.219,83
Abr	39.963,28	358.697,47	87.510,90	486.171,65	1.363.336,28

Fonte: dados obtidos nas faturas de energia da concessionária

Na Tabela 4 comparando o ganho com a redução, com o encargo do fio na ponta (valor médio de R\$ 37.750,50) é 8,8% desse valor.⁽⁴⁾

Tabela 5 – Custo final do consumo

Mês Ref.	Custo Total ENERGIA + FIO C/ICMS	Custo Total ENERGIA + FIO S/ICMS	Custo do MWh Fio	Custo do MWh ENERGIA	Custo do MWh FIO + ENERGIA
Jan	3.971.211,77	3.256.393,65	84,42	158,29	242,71
Fev	3.592.774,26	2.946.074,89	80,35	123,13	203,48
Mar	3.516.123,07	2.883.220,92	75,74	109,30	185,04
Abr	3.463.746,84	2.840.272,41	70,79	109,06	179,85
Média	3.635.963,99	2.981.490,47			202,77

Fonte: dados obtidos nas faturas de energia da concessionária

Na Tabela 5, comparando o valor de R\$ 3.313,21 com o custo total energia + fio com ICMS, tem-se o percentual de 0,09% economizado.

4 CONCLUSÃO

Para demonstrar com maior clareza o afirmado anteriormente o ganho da redução da perda elétrica, apresenta na Tabela 6 a seguir:

Tabela 6 - Comparação

Mês Ref.	Contrato Fio -Valores em R\$							Total FIO
	Demanda Ponta	Demanda Fora Ponta	Reativa na Ponta	Reativa Fora Pta	Redução perda elétrica	Encargos de Conexão Mensal	ICMS	
Jan	680.030,83	91.676,03	2.003,27	4.424,99	3.965,82	1.534,27	171.146,94	954.129,54
Fev	676.946,74	91.674,28	2.867,47	10.324,29	3.324,81	1.635,81	171.976,52	958.738,32
Mar	670.414,08	91.309,86	602,44	6.768,54	3.023,51	1.638,15	169.185,31	943.231,59
Abr	631.750,01	81.597,85	905,49	3.389,23	2.938,70	1.632,42	157.889,63	880.477,84

Fonte: dados obtidos nas faturas de energia da concessionária

Na redução da perda elétrica, mostrada na tabela 6, foi considerado o valor real do MWh total energia + fio para cada mês em questão o que mostra também a variação do ganho em função do MWh. Pode parecer tímida a redução, mas existe e é cumulativa ao longo do tempo.⁽⁴⁾

Uma comparação que pode ser realizada também, é que essa energia economizada de 16,99752 MWh, representa o consumo de 60 residências de 220 m², com consumo mensal de 280 kWh, conclui-se que é uma redução significativa. Também pode ser citado que essa economia é o consumo mensal de empresas de médio porte, que é uma realidade hoje no mercado de energia.

Isto representa um ganho real com relação a redução do risco de interrupções inesperadas causadas pela linha aérea, pois devido a grande intensidade de corrente, e nos picos de corrente, sempre surgiam situações em que devido ao

tempo de operação da linha e desgaste dos condutores e conexões, ocorriam interrupções inesperadas provocando a parada dos fornos. Isto acarreta em prejuízo, por perda de matéria prima e outras perdas.

A implantação deste trabalho foi implementado parcialmente porque a Empresa dispõe ainda de várias redes aéreas que serão substituídas futuramente visando atingir os mesmos objetivos.

Outros ganhos que não foram mensurados e que poderão ser objetos de novos trabalhos são os ganhos relacionados a:

Custos de manutenção de conservação: troca de cruzetas, troca de isoladores, troca de pára-raios etc.

Segurança: Acidente com equipamento de movimentação, choque mecânico, batida contra Postes, pipas, balões, aves, descarga atmosférica etc.

Meio ambiente: preservação do verde, pode de árvores.

Qualidade de energia.

Fatores de perdas mencionados acima praticamente não existem numa rede subterrânea.

Sendo assim, deve ser considerado esse ganho também, que nesse trabalho não é abordado, mas pode ser determinado indicando uma economia para o setor de manutenção com considerável ganho nos índices de MTBF e MTTR.

Portanto, todo trabalho desenvolvido e o investimento realizado com essa nova linha compensa não somente pela redução da perda elétrica, mas também pela redução da manutenção.

Então a perda elétrica retirada do sistema pode ser considerada de valor significativo, se compararmos com residências de núcleos residenciais de baixa renda onde o consumo mensal não ultrapassa 100kWh, tem-se no caso um total de 164 residências.

Esses exemplos são colocados para evidenciar que embora a economia de R\$ 3.313,21 e 16,339752 MWh pareça reduzida ela é significativa, pois existe uma sobra e pode ser utilizada dentro da própria empresa em ampliações que se fazem necessárias.

Conclui-se que, o objetivo desse trabalho em demonstrar que a perda elétrica reduzida foi compensadora, foi alcançado.

Agradecimentos

Ao Eng. José Roberto Murari Gerente do Departamento de Manutenção pelo incentivo e apoio na implantação do projeto.

Ao Técnico Nelson Davanzo pelo auxílio da coordenação e execução do Projeto.

REFERÊNCIAS

- 1 Catálogos Técnicos, Nexans, Fabricante de cabos de alumínio – 2008.
- 2 FILHO, J. M., Instalações Elétricas Industriais, 6ª edição – LTC – 2002
- 3 NORMA TÉCNICA NTB 2.02-0. Projeto de redes de distribuição primária aérea - Bandeirante Energia 2002.
- 4 BUENO E. A., Redução de Perdas Técnicas através de Reconfigurações de Redes de Distribuição de Energia Elétrica sob Demandas Variáveis Março 2005 - Tese de Doutorado- UNICAMP.