

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**GERENCIAMENTO PELO LADO DA
DEMANDA:
IMPLANTAÇÃO DE GRUPO
DIESEL GERADOR DE ENERGIA
NA ACUMULADORES MOURA S/A**

Orientador: Prof. Dr. Benedito Antonio Luciano

Estagiário: Mileno de Melo Carvalho Júnior

Matrícula: 29211162

Mês/Ano: Março/2004

Campina Grande - Paraíba



C331g Carvalho Júnior, Mileno de Melo.

Gerenciamento pelo lado da demanda: implantação de grupo diesel gerador de energia na Acumuladores Moura S/A. / Mileno de Melo Carvalho Júnior. - Campina Grande - PB: [s.n], 2004.

38 f.

Orientador: Professor Dr. Benedito Antonio Luciano.

Trabalho de Conclusão de Curso - Monografia; (Curso de Bacharelado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Engenharia Elétrica e Informática.

1. Medidores de grandezas elétricas. 2. Medição industrial - alta tensão. 3. Medição digital. 4. Estrutura tarifária - sistema elétrico. 5. Transferência ininterrupta de carga em rampa. 6. Gerenciamento pelo lado da demanda. 7. Acumuladores Moura S/A - sistema de alimentação. I. Luciano, Benedito Antonio. II. Título.

CDU:621.3(043.1)

Elaboração da Ficha Catalográfica:

Johnny Rodrigues Barbosa
Bibliotecário-Documentalista
CRB-15/626

Agradecimentos

Meu agradecimento ao Pai Criador pelo dom da vida e pelo discernimento de tentar vive-la da melhor maneira possível.

A todos os mestres pelo inestimável presente: o conhecimento.

Ao professor Ubirajara Rocha Meira – DEE - UFCG, com ele aprendi a ver além dos muros da vida acadêmica.

Ao Professor Dr. Benedito Antonio Luciano – DEE - UFCG, um dos poucos mestres que reconhece o engenheiro no traje de aluno.

Ao Eng. Paulo Sérgio – DEMAI – Acumuladores Moura S/A por toda contribuição para a elaboração deste trabalho.

Em fim, agradeço a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a construção deste relatório.

Índice

1. Introdução.....	1
2. Objetivos.....	3
2.1 Objetivo Geral.....	3
2.2 Objetivo Específico.....	3
3. Medidores de Grandezas Elétricas.....	4
3.1 Medição Industrial em Alta Tensão.....	4
3.2 Medição Digital.....	7
3.3 Característica de um Medidor.....	8
4. Estrutura Tarifária.....	13
4.1 Sistema Elétrico.....	13
4.2 Sistema de Tarifação.....	14
5. Sistema de Alimentação da Acumuladores Moura S/A.....	21
5.1 Caracterização do Sistema Atual.....	24
5.2 Proposta de Sistema Futuro.....	26
6. Sistema de Transferência Ininterrupta de Carga em Rampa.....	29
6.1 Quadro de Comando Automático.....	30
7. Considerações Finais.....	35
8. Bibliografia.....	36

1. Introdução

O presente trabalho refere-se ao Projeto de Conclusão de Curso, que constitui requisito para a conclusão do curso em Engenharia Elétrica e conseguinte obtenção do grau de Engenheiro Eletricista pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG.

Este trabalho irá considerar o gerenciamento pelo lado da demanda (GLD), que é o conceito de controlar as cargas do lado do consumidor de forma de operar o sistema mais eficientemente. O princípio básico é deslocar a demanda de energia fornecida pela concessionária, de intervalos de com tarifação mais elevada para outros com tarifação inferior, ou mesmo utilizar fontes de energia com menor custo para suprirem as cargas nestes horários de tarifa elevada. Os intervalos mais onerosos geralmente correspondem a períodos de pico de demanda, sendo que o GLD tende a diminuir a diferença entre picos e vales na curva de demanda. Desta forma, o GLD e o mecanismo de formação de preço estão relacionados.

O gerenciamento pelo lado da demanda é uma ferramenta para estabelecimento de métodos que visam melhorar o perfil de consumo energético da empresa, distribuindo melhor sua matriz energética ou deslocando o consumo de energia para horários com incentivo tarifário. Isto se faz analisando a curva de carga da empresa e aplicando os métodos para “melhorar” seu perfil de consumo energético, controlar seus custos com energia promovendo maior produtividade.

Para atingir o estudo de caso apresentado ao final deste trabalho, serão introduzidos conceitos de medidores de grandezas elétricas. Esta introdução apresentará de forma geral os medidores e equipamentos auxiliares para a medição de grandezas elétricas, principalmente em alta tensão. Os sistemas digitais de medição serão abordados mostrando a tecnologia inerente ao equipamento, as vantagens e sua aplicabilidade para a indústria.

O sistema tarifário é relevante para o gerenciamento pelo lado da demanda, uma vez que a própria estruturação tarifária pode ser fonte de motivação para este estudo de

otimização do sistema elétrico de uma empresa. Assim sendo, será abordado o sistema tarifário introduzindo seus conceitos básicos e um exemplo de tabela de tarifa de energia elétrica.

Como estudo de caso é apresentado o sistema de alimentação da Acumuladores Moura S/A. É realizada a caracterização do sistema atual na empresa e é realizada a análise para implantação de um sistema viável de geração a diesel no horário de ponta, que irá dar mais segurança ao sistema de alimentação e viabilizar a redução de custos.

2. Objetivos

2.1. Objetivo Geral

Investigar a viabilidade técnica e econômica de um sistema de geração alternativa para suprir a demanda de carga.

2.2. Objetivo Específico

Apresentar a Estrutura tarifária e os equipamentos de medição digital de grandezas elétricas. Utilizar estas informações para analisar a viabilidade técnica e econômica de implantação do sistema de geração a diesel para atuar durante as faltas e horário de ponta no sistema da Acumuladores Moura S/A.

3. Medidores de Grandezas Elétricas

Os medidores de grandezas elétricas são equipamentos que tem a finalidade de mensurar, com um alto grau de precisão, grandezas como corrente elétrica, tensão, potência ativa, potência reativa, potência aparente e fator de potência. A medição destas grandezas permite que concessionárias e consumidores, verifiquem o faturamento adequado do fornecimento e consumo de energia elétrica.

3.1. Medição Industrial em Alta Tensão

Grande parte dos medidores de energia utilizados é do tipo indução, que são empregados em corrente alternada para medir a energia elétrica absorvida por uma carga. Contudo, a maioria dos medidores industriais é fabricada para a mediação em alta tensão. Para estes casos são utilizados equipamentos auxiliares que tem a função de fornecer uma referência em baixa tensão para as devidas medições. Estes equipamentos são os transformadores para instrumentos de medição e existem dois tipos, os transformadores de potencial (TP) e os transformadores de corrente (TC). Os transformadores para instrumentos de medição ainda servem como elementos de isolamento entre o circuito de alta tensão e os instrumentos ligados em baixa tensão, isto reduz o perigo em caso de acidentes durante a operação destes equipamentos.

Os transformadores de potencial (TP's) são equipamentos cujo enrolamento primário é ligado em série com o circuito elétrico de alta tensão e o secundário é destinado a alimentar as bobinas de corrente de instrumentos elétricos de medição e proteção.

Os TP's possuem, em geral, uma tensão secundária de 115V, sendo a tensão nominal do primário estabelecida de acordo com a tensão do sistema a ser medido.

São equipamentos projetados e construídos para suportar sobretensões de até 10% em regime permanente.

De acordo com a ABNT os TP's são classificados em três diferentes classes de exatidão.

- a) Classe 0,3.
- b) Classe 0,6.
- c) Classe 1,2.

A classe de exatidão dos TP's é o erro máximo introduzido pelo TP no registro de um medidor de energia elétrica. É normalizada a classe de exatidão 0,3 sem limitação de ângulo de fase. Por não ter limitação do ângulo de fase, esta classe de exatidão não deve ser utilizada em serviço de medição de potência ou energia.

Todo TP com um único enrolamento secundário deve estar dentro de sua classe de exatidão nas seguintes condições:

- Para tensão compreendida na faixa de 90% a 100% da tensão nominal, com frequência nominal.
- Para todos os valores de carga, desde em vazio até a carga nominal especificada, mantido o fator de potência.
- Para todos os valores de fator de potência indutiva da carga medida no primário do transformador, compreendido entre 0,6 e 1,0.

Os transformadores de corrente (TC's) são equipamentos que permitem aos instrumentos de medição e proteção funcionarem adequadamente, sem que seja necessário possuírem correntes nominais de acordo com as correntes de circuito ao qual estão ligados. Pois nos sistemas elétricos industriais os níveis de corrente envolvidos, geralmente são elevados para os equipamentos de medição e proteção.

Os TC's possuem um enrolamento primário com poucas espiras, suportando uma alta corrente e um secundário na maioria das vezes com corrente nominal igual a 5 A.

São a partir das medições realizadas utilizando a relação de transformação destes transformadores (juntamente com os TP's de medição), que serão mensuradas as potências solicitadas por determinadas partes do sistema.

É importante que esses transformadores retratem fielmente a corrente a ser medida. É imprescindível que apresentem erros de fase e de relação mínimos dentro de suas respectivas classes de exatidão.

De acordo com a ABNT os TC's são classificados em três diferentes classes de exatidão.

- a) Classe 0,3.
- b) Classe 0,6.
- c) Classe 1,2.

Para serviço de medição, indica-se a classe de exatidão seguida do símbolo da maior carga nominal com a qual se verifica essa classe de exatidão. Cada enrolamento secundário deverá ser indicado com todas suas classes de exatidão com as cargas nominais correspondentes.

Pode acontecer que o TC tenha diferentes classes de exatidão. É importante considerar que o TC, como instrumento de medição, deve possuir uma classe de exatidão, se não igual, ao menos compatível com suas aplicações.

Na tabela 01 são apresentadas algumas aplicações típicas de TC de acordo com sua classe de exatidão.

Tabela 01 – Aplicação de TC's de acordo com sua classe de exatidão

Classe de Exatidão	Aplicação
	Medidas em laboratório.
0,3 e 0,6	Medidas de potência e energia para fins de faturamento.
1,2	Alimentação usual de amperímetros, fasímetros, medidores de energia ativa, etc.

Todo TC para serviço de medição, com um único enrolamento secundário e com classe de exatidão 0,3 ou 0,6 ou 1,2 deve estar dentro da sua classe de exatidão para todos os valores de fator de potência indutivo da carga medida no primário do TC compreendido entre 0,6 e 1,0.

3.2. Medição Digital

Os equipamentos digitais de medição já são amplamente utilizados nas concessionárias, empresas e indústrias. Assim como os demais medidores, os digitais utilizam transformadores para instrumentos para captar uma amostra da tensão e da corrente do sistema a ser medido, ou mesmo captam esta amostra de forma direta. O medidor digital utiliza um sistema de conversão Analógico / Digital para passar as informações das amostras para a forma digital. Estas informações são processadas por circuitos microprocessados ou através de processamento digital de sinais.

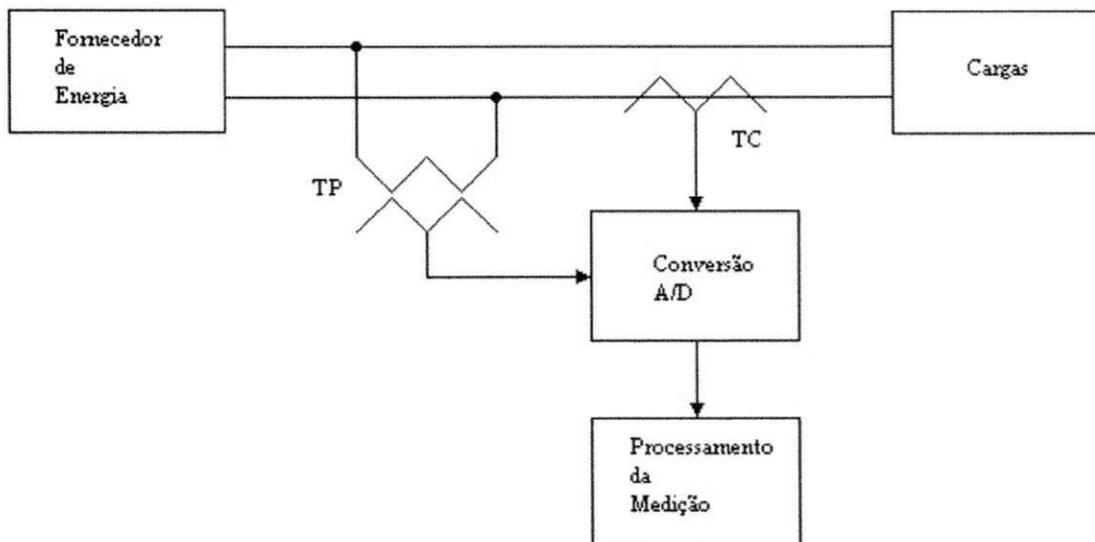


Figura 01 – Esquema de Medição Digital

De acordo com a necessidade da concessionária ou do consumidor pode-se adotar um medidor digital de grandezas elétricas capaz de mensurar energia elétrica ativa e reativa, potências ativa e reativa, fator de potência, harmônicos na rede, demanda de potência, além de promover meios de comunicação com as concessionárias e com sistemas de controle adotado pelo consumidor, dentre outras possibilidades que variam de acordo com o modelo do medidor.

3.3. Características de um Medidor Digital



Figura 02 – Medidor Digital tipo SAGA 2500.

Serão apresentados os recursos disponíveis no medidor digital produzido pela ESB *Eletronic Services*, SAGA 2500, que são medidores de demanda para monitoração industrial. Na figura 02 é apresentado o mostrados digital deste medidor. Estes medidores de demanda ativa e reativa utilizam tecnologia de aquisição digital de sinais e de processamento numérico em tempo real.

Fornecem as grandezas primárias de tensão, corrente e fator de potência médio e mínimo, e frequência. Possuem uma fonte de alimentação trifásica. São medidores do tipo *auto range*, possuindo duas escalas para tensão e cinco para corrente, assegurando a precisão em várias faixas de medição. Os dados são armazenados em E2PROM e são

disponíveis com classe de exatidão de 1% a 0,5%. Utilizam 2,5-20 A para medição indireta e 15-120 A ou 30-200 A, para medição direta. A comunicação com a rede local RS 485, multiponto, com registradores de valores instantâneo para monitoração em tempo real de tensão, corrente, potência ativa e reativa, potência reativa harmônica.

Quanto a topologia da medição esta linha de medidores de demanda podem ser ligados a 4 (quatro) fios e 3 (três) elementos ou a 3 (três) fios e 2 (dois) elementos. Conforme a figura 03.

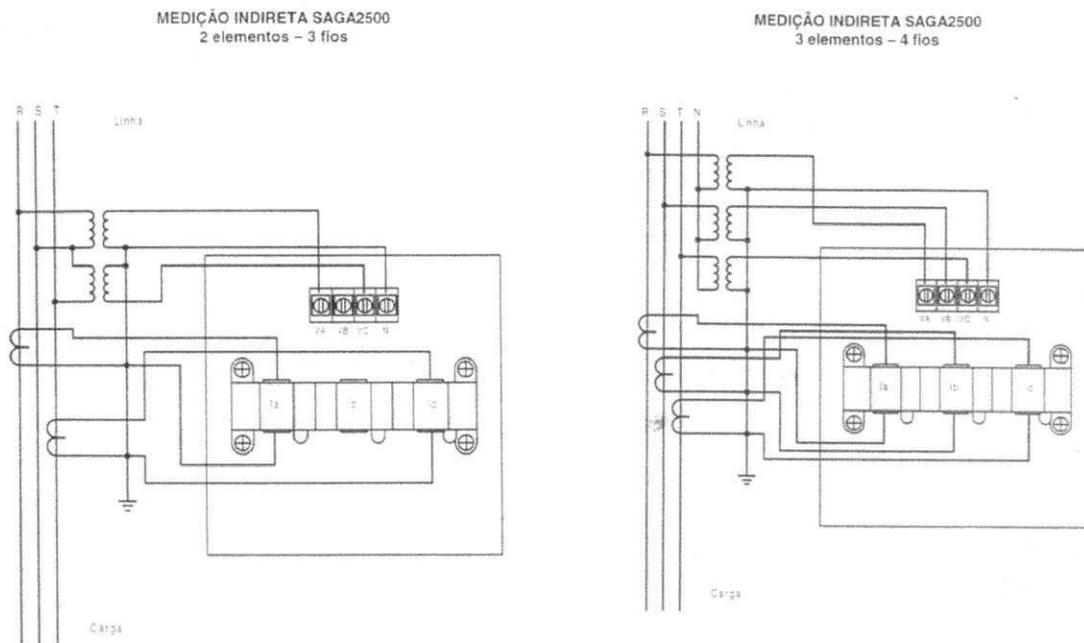


Figura 03 – Medição Indireta a) 2 elementos e 3 fios b) 3 elementos e 4 fios.

Estes medidores são capazes de medir as grandezas relacionadas na tabela 02.

Tabela 02 – Registro de Leituras

Endereço	Grandeza	Unidade
F	Frequência	Hz
THD	Distorção Harmônica Total	%
U1	Tensão Fase A	V
U2	Tensão Fase B	V
U3	Tensão Fase C	V
I1	Corrente Fase A	A
I2	Corrente Fase B	A
I3	Corrente Fase C	A
P1	Potência Ativa Fase A	W
P2	Potência Ativa Fase B	W
P3	Potência Ativa Fase C	W
Q1	Potência Reativa Fase A	var
Q2	Potência Reativa Fase B	var
Q3	Potência Reativa Fase C	var
S1	Potência Aparente Fase A	VA
S2	Potência Aparente Fase B	VA
S3	Potência Aparente Fase C	VA
H1	Potência Harmônica Fase A	var
H2	Potência Harmônica Fase B	var
H3	Potência Harmônica Fase C	var
FP1	Fator de Potência Fase A	
FP2	Fator de Potência Fase B	
FP3	Fator de Potência Fase C	
EA	Energia Ativa Importada	Wh
ERI	Energia Reativa Indutiva Importada	varhi
ERC	Energia Reativa Capacitiva Importada	varhc

Este tipo de medidor foi desenvolvido principalmente para atender às necessidades do mercado, que vem requerendo cada vez mais medidores com alta versatilidade e confiabilidade de medição.

Para permitir fácil visualização do estado de operação, no mostrador apresentam os pulsos de energia e a sequência das fases ABC.

As informações no mostrador podem ser apresentadas no modo “cíclico, rápido ou parado”. O medidor exibe normalmente as informações de forma cíclica, ou seja, cada informação permanece durante 6 (seis) segundos no mostrador. O modo “rápido” se caracteriza por apresentar as informações a cada 0,5 segundos aproximadamente. Esta

função é ativada nos medidores tipo SAGA 2500 mantendo-se pressionado o botão <MOSTRADOR>. Soltando este botão aciona-se o modo “parado” e a informação ficará parada no mostrador. Apertando mais uma vez o mesmo botão, o modo cíclico será ativado mais uma vez.

Características Elétricas e Metrológicas

Topologia de medição

4 fios 3 elementos, medição de tensão de 45 V ca entre FN.

3 fios 2 elementos, medição de tensão de 45 V ca entre FF.

Conforme figuras 03.

Medição de Corrente

Medição direta, valor nominal 15A, valor máximo 120A, corrente mínima 50mA.

Medição indireta, valor nominal 2,5A, valor máximo 20A, corrente mínima 10mA.

Alimentação Auxiliar

Fonte de alimentação trifásica *full range* de 45 a 280V.

Consumo

Conforme tabela 03.

Tabela 03 – Consumo do medidor digital

Tensão de Alimentação AC trifásico	Consumo
45 Vac	2 W
80 Vac	2 W
120 Vac	2,5 W
160 Vac	3,1 W
200Vac	3,9 W
240 Vac	5,1 W
280 Vac	5,8 W

Frequência Nominal

50 a 60 Hz.

Classe de Exatidão

Classe 1 ou 0,5%.

Temperatura

Armazenamento e operação: -10° a 70°.

Ensaio de Rigidez Dielétrica

Tensões de isolamento:

Linha de alimentação CA: 2,5 kVca, 60Hz ou 1,4 kVcc, 1 minuto.

Circuitos CC isolados: 1kV RMS, 60 Hz ou 1,4 kVcc, 1 minuto.

Tensão de impulso: 1,2/50.

Linha de alimentação CA: 5 kV.

Circuitos CC: 2,5 kV.

Taxa de Distorção Harmônica (THD)

Esta linha de medidores digitais poderá considerar as componentes harmônicas na medição dos reativos ou considerar somente a leitura fundamental. A apresentação do THD em porcentagem se dá no mostrador juntamente com os valores de corrente.

Interface de Comunicação

Medidores projetados para monitoração industrial. Possuem *interface* de comunicação padrão RS 485 para ligação em rede local multiponto baseada no protocolo MODBUS, possibilitando conexão com rede de até 247 outros medidores da mesma linha. Além de possibilitar conexão com sistemas de automação.

4. Estrutura Tarifária

Compreender a estrutura tarifária e como são calculados os valores expressos nas faturas de energia elétrica, é um parâmetro importante para a correta tomada de decisão em projetos envolvendo medidas de eficiência e otimização energética, pois muitas destas medidas não são implantadas pelo consumidor devido aos elevados custos envolvidos, quando comparados aos possíveis decréscimos nas faturas de energia elétrica.

4.1. Sistema Elétrico

Um sistema elétrico em geral é constituído por sistemas de geração, transmissão, subtransmissão e distribuição. Assim a instalação residencial, comercial ou industrial envolve todo um esquema elétrico para gerenciar o fornecimento de energia elétrica. O fornecimento desta energia é acompanhado por dois fatores fundamentais: a continuidade do fornecimento e a qualidade da energia elétrica fornecida.

Investimentos para manter a continuidade e qualidade da energia são importantes, porém podem elevar bastante os custos envolvidos, por outro lado não investir leva a uma deterioração do sistema prejudicando fatalmente estes dois fatores. Um ponto de equilíbrio entre custos e benefícios deve ser perseguido continuamente.

A característica do consumo de energia, potência instalada e tipo de carga pode determinar o tipo de unidade consumidora instalada por uma indústria, residência ou ponto comercial. Em sistemas de distribuição pode-se dividir as cargas em carga da unidade consumidora, carga do transformador, carga da rede primária ou linha de distribuição e carga de uma subestação.

As unidades consumidoras residenciais, industriais, comerciais, rurais, entre outras, possuem características de consumo próprias, com regime de consumo variável. Assim, o sistema elétrico deverá ser robusto o suficiente para suportar os picos de consumo e o efeito combinado das oscilações de consumo destas cargas.

4.2. Sistema de Tarifação

A análise dos elementos que compõem a estrutura tarifária é indispensável para uma tomada de decisão quanto ao uso eficiente da energia. Identificar os pontos de melhoria ou redução de custos requer uma análise profunda do sistema elétrico implantado e da aplicação das tarifas. Com o intuito de facilitar o entendimento da estruturação tarifária segue uma análise conceitual dos elementos que a compõe.

Entende-se por **Estrutura Tarifária** o conjunto de tarifas aplicáveis às componentes de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência ativas de acordo com a modalidade de fornecimento. A estrutura tarifária pode ser de dois tipos: Convencional e Horo-sazonal.

A **Estrutura Tarifária Convencional** é caracterizada pela aplicação de tarifas de consumo de energia elétrica e/ou demanda de potência ativas independentemente das horas de utilização do dia e dos períodos do ano. Enquanto que a **Estrutura Tarifária Horo-Sazonal** é caracterizada pela aplicação das tarifas diferenciadas de acordo com as horas de utilização do dia e dos períodos do ano. A estrutura tarifária horo-sazonal considera os tipos de tarifa **Azul** ou **Verde**, os horários **Ponta** ou **Fora de Ponta** e os períodos do ano **Úmido** ou **Seco**.

A **Tarifa Azul** é estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, bem como de tarifas diferenciadas de demanda de potência de acordo com as horas de utilização do dia. Enquanto que a **Tarifa Verde** é estruturada para aplicação de tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e os períodos do ano, mas com uma única tarifa de demanda de potência.

O **Horário Ponta (P)** é o período definido pela concessionária e composto por 3 (três) horas diárias consecutivas, exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais,

considerando as características do seu sistema elétrico e o pico de consumo de energia elétrica. Enquanto que o **Horário Fora de Ponta (F)** é o período de horas diárias consecutivas complementares àquelas definidas no horário de ponta.

O **Período Úmido (U)** é constituído de 5 (cinco) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de dezembro de um ano a abril do ano seguinte. Enquanto que o **Período Seco (S)** é constituído de 7 (sete) meses consecutivos, compreendendo os fornecimentos abrangidos pelas leituras de maio a novembro.

A estruturação tarifária pode ser **Monômnia** ou **Binômnia**. A tarifa binômnia considera a demandada faturável em quilowatts (kW) e o consumo em quilowatts hora (kWh). Já a tarifa monômnia considera apenas a quantidade de energia consumida (em kWh), ou seja, o consumidor não paga demanda.

A estrutura tarifária considera ainda dois grupos de consumidores. Os consumidores do **Grupo A** são unidades consumidoras com fornecimento de tensão igual ou superior a 2,3kV, ou com fornecimento de tensão inferior a 2,3kV a partir de sistema subterrâneo de distribuição. Enquanto que os consumidores do **Grupo B** são unidades consumidoras com fornecimento de tensão inferior a 2,3kV.

Dentro desses dois grupos existem ainda subdivisões, apresentadas na tabela 04.

Tabela 04 – Classificação dos Grupos Tarifários A e B.

Grupo A (alta tensão)		Grupo B (baixa tensão)	
A1	Tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV	B1	Residencial
A2	Tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV	B2	Residencial de baixa renda
A3	Tensão de fornecimento de 69 kV	B2	Rural, cooperativa de eletrificação rural e serviços públicos de irrigação.
A3a	Tensão de fornecimento de 30 kV a 44 kV	B3	Demais classes
A4	Tensão de fornecimento de 2,3 kV a 25 kV	B4	Iluminação pública
AS	Tensão de fornecimento inferior a 2.3 kV, subterrâneo.		

Em Pernambuco, a CELPE aplica a tarifa de energia elétrica de acordo com a resolução Nº 127 de 27 de março de 2003. E tarifa fiscal conforme portaria do DNAEE Nº 02, de 04 de Janeiro de 1996 (R\$/MWh).

Nas tabelas 05 e 06 são apresentadas as tarifas de energia elétrica aplicados pela CELPE.

Tabela 05 – Tarifa Convencional.

TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA

TARIFA CONVENCIONAL - BAIXA TENSÃO 220/380 V

C L A S S E	FAIXA DE CONSUMO	PERCENTUAL DE REDUÇÃO	CONSUMO (R\$/kWh)	C L A S S E	FAIXA DE CONSUMO	ICMS
	B1 BAIXA RENDA - CONSUMO DE 0 A 30 kWh	65,99	0,08258		B1 BAIXA RENDA - CONSUMO DE 0 A 30 kWh	ISENTO
	B1 BAIXA RENDA - CONSUMO DE 31 A 100 kWh	41,68	0,14158		B1 BAIXA RENDA - CONSUMO DE 31 A 300 kWh	17%
	B1 BAIXA RENDA - CONSUMO DE 101 A 140 kWh	12,53	0,21235		B1 BAIXA RENDA - CONSUMO DE 301 A 500 kWh	20%
	B1 BAIXA RENDA - CONSUMO DE 141 A 200 kWh	2,82	0,23594		CONSUMO ACIMA DE 500 kWh	25%
	B1 RESIDENCIAL - TARIFA PLENA	-	0,24278			

O U T R A S	TIPOS DE CONSUMIDORES		CONSUMO (R\$/kWh)	ICMS
	B2 - RURAL		0,14764	ISENTO
	B2 - COOPERATIVA DE ELETRIFICAÇÃO RUAL		0,10432	ISENTO
	B2 - SERVIÇO DE IRRIGAÇÃO		0,13576	ISENTO
	B3 - COMERCIAL/SERVIÇOS/OUTRAS ATIVIDADES		0,24696	25%
	B3 - PODERES PÚBLICOS		0,24696	25%
	B3 - CONSUMO PRÓPRIO		0,24696	25%
	B3 - ABASTECIMENTO D'ÁGUA (RED. DE 15% TAR. BÁSICA)		0,20992	25%
	B3 - INDUSTRIAL		0,24696	25%
	B4a - ILUMINAÇÃO PÚBLICA (ENTREGA NO POSTE)		0,12134	25%
	B4b - ILUMINAÇÃO PÚBLICA (ENTREGA NO BULBO)		0,13320	25%

TARIFA CONVENCIONAL - ALTA TENSÃO 13.800 V

GRUPO TARIFÁRIO	TIPOS DE CONSUMIDORES	CONSUMO (R\$/kWh)	DEMANDA (R\$/kWh)	ICMS
A4	RESIDENCIAL	0,12981	8,86	IDEM - B1
A4	INDUSTRIAL	0,13612	9,29	25%
A4	DEMAIS CLASSES	0,13612	9,29	25%
A4	RURAL - (REDUÇÃO DE 10% NO CONSUMO E NA DEMANDA)	0,11683	7,97	ISENTO
A4	COOPERATIVAS DE ELETRIFICAÇÃO RURAL - (REDUÇÃO DE 50% NO CONSUMO E NA DEMANDA)	0,06491	4,43	ISENTO
A4	PODERES PÚBLICOS	0,13612	9,29	25%
A4	B3 - ABASTECIMENTO D'ÁGUA (REDUÇÃO DE 15% NO CONSUMO E NA DEMANDA)	0,11570	7,90	25%
A4	TRAÇÃO ELÉTRICA	0,13612	9,29	25%

Tabela 06 – Tarifa Horo-Sazonal

TARIFA DE ENERGIA ELÉTRICA

TARIFA HORO-SAZONAL

HOROSAZONAL AZUL		A1 kV	(230)	A3 kV	(69)	A3 - RURAL (69 kV)	A4 kV	(13,8)	A4 - RURAL (13,8 kV)
DEMANDA (R\$/kW)	PONTA	14,04		20,3		17,42	24,57		21,09
	FORA DE PONTA	2,92		5,55		4,76	8,19		7,03
	ULTRAPASSAGEM NA PONTA	52,14		75,22		64,56	73,72		63,27
	ULTRAPASSAGEM FORA DE PONTA	10,91		20,53		17,62	24,57		21,09
CONSUMO (R\$/kWh)	PONTA SECA	0,08005		0,0961		0,08248	0,16114		0,1383
	PONTA ÚMIDA	0,07002		0,08521		0,07313	0,14912		0,12799
	FORA DE PONTA SECA	0,05664		0,0662		0,05682	0,0766		0,06575
	FORA DE PONTA ÚMIDA	0,04813		0,05715		0,04906	0,06771		0,05811
ICMS (Y) (INCIDENTE S/ BASE CÁLCULO)	INDUSTRIAL	25%		25%		25%	25%		
	COMERCIAL/SERV/OUT AT.	25%		25%		25%	25%		ISENTO

HOROSAZONAL VERDE		A4 kV	(13,8)	A4 - RURAL (13,8 kV)
DEMANDA (R\$/kW)	DEMANDA (R\$/kW)	8,19		7,03
	DEMANDA ULTRAP. (R\$/kW)	24,57		21,09
CONSUMO (R\$/kWh)	PONTA SECA	0,72923		0,6259
	PONTA ÚMIDA	0,71725		0,61562
	FORA DE PONTA SECA	0,0766		0,06575
	FORA DE PONTA ÚMIDA	0,06771		0,05811
ICMS (Y) (INCIDENTE S/ BASE CÁLCULO)	FORA DE PONTA SECA	25%		
	FORA DE PONTA ÚMIDA	25%		ISENTO

Definidos estes conceitos básicos dos elementos da estruturação tarifária e com a tabela de tarifas da CELPE, pode-se analisar a fatura de energia e as particularidades das unidades consumidoras.

A **Fatura de Energia Elétrica** é a nota fiscal que apresenta a quantia total que deve ser paga pela prestação de serviço de fornecimento de energia elétrica num período determinado e com as parcelas devidamente discriminadas. O valor líquido da fatura é o valor em moeda corrente, resultante da aplicação das respectivas tarifas de fornecimento, sem incidência de impostos, sobre os componentes de consumo de potência ativa e demanda de potência ativa. Para as unidades consumidoras do grupo B, tem-se um valor mínimo faturável referente ao custo de disponibilidade do sistema elétrico, de acordo com os limites fixados por tipo de ligação. A concessionária é obrigada a instalar equipamentos de medição nas unidades consumidoras, exceto em casos especiais, definidos na legislação.

O **Fator de Potência** das instalações da unidade consumidora, para efeito de faturamento, deverá ser verificado pela concessionária por meio de medição apropriada, observados os critérios conforme o Grupo que a unidade consumidora pertence. Para unidades consumidoras do Grupo A o fator de potência será verificado de forma obrigatória e permanente. Para as unidades consumidoras do Grupo B será verificado de forma facultativa, sendo admitida a medição transitória, desde que por um período mínimo de 7 (sete) dias consecutivos.

O consumo de potência ativa é a base para o faturamento de unidade consumidora do Grupo B, quando aplicável ainda é considerado o consumo de potência reativa excedente.

O faturamento do Grupo A é realizado sobre o fornecimento com tarifas horossazonais, considerando os critérios de Demanda Faturável, Consumo de Energia Elétrica Ativa e Demanda de Potências Reativas Excedentes.

A demanda faturável corresponde ao maior valor dentre os três que serão definidos a seguir.

- A demanda contratada ou a demanda medida, no caso de unidade consumidora incluída na estrutura tarifária convencional ou horo-sazonal, exceto se classificada com Rural.
- A demanda medida no ciclo de faturamento ou 10% da maior demanda medida em qualquer dos 11 ciclos completos de faturamento anteriores, no caso de unidade consumidora incluída na estrutura tarifária convencional, classificada com Rural.
- A demanda medida no ciclo de faturamento ou 10% da demanda contratada, no caso de unidade consumidora incluída na estrutura tarifária horo-sazonal, classificada com Rural.

O consumo de energia elétrica ativa corresponde ao maior valor dentre os dois que serão definidos a seguir.

- Energia elétrica ativa contratada, se houver.
- Energia elétrica ativa medida no período do faturamento.

O consumo de energia elétrica e demanda de potência reativa excedente quando o fator de potência da unidade consumidora, indutivo ou capacitivo, for inferior a 0,92.

5. Sistema de Alimentação da Acumuladores Moura S/A

A **Acumuladores Moura S/A** foi fundada em 1957, na cidade de Belo Jardim (PE) com o nome de Indústria e Comércio de Acumuladores Moura Ltda, por Edson Mororó Moura, então recém formado em Química. As instalações da empresa eram simples com máquinas de madeira de baraúna e ferro velho. A referência básica para a produção das primeiras placas de baterias, já em 1958, foi o livro *Storage Batteries*, do professor George Wood Vinal.

Atualmente a Acumuladores Moura S/A conta com quatro subestações e oito transformadores, conforme a tabela 06. A alimentação é feita pela CELPE em 13,8 kV por um único alimentador. Os transformadores abaixadores alimentam as cargas em 380 V e 220 V. Na figura 04 é apresentado um dos transformadores utilizados na empresa.

Tabela 07 – Potência Instalada Acumuladores Moura S/A

SUBESTAÇÃO	TRAFO	POTÊNCIA INSTALADA
SE 01	13.8 kV - 380/220 V	750 kVA
	13.8 kV - 380/220 V	750 kVA
	13.8 kV - 380/220 V	750 kVA
SE 02	13.8 kV - 380/220 V	750 kVA
	13.8 kV - 380/220 V	750 kVA
SE 03	13.8 kV - 380/220 V	750 kVA
SE 04	13.8 kV - 380/220 V	300 kVA
	13.8 kV - 380/220 V	300 kVA

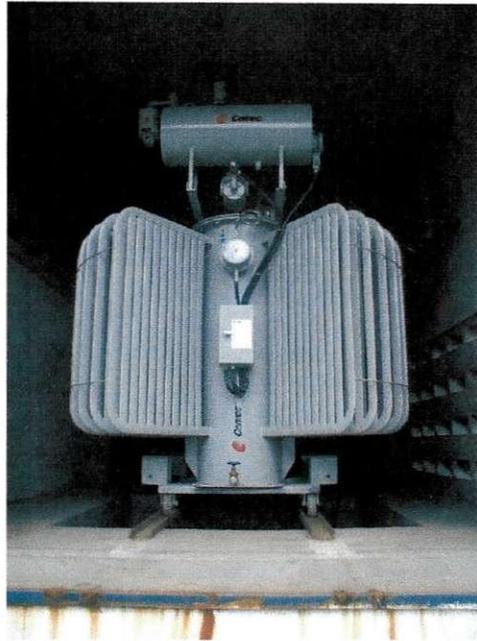


figura 04 – Transformador 13.8 kV - 380/220 V. 750 kVA

As cargas estão distribuídas por subestação da seguinte maneira.

SE 01

- Laboratório Químico
- Controladoria
- Engenharia Corporativa
- Departamento de Informática
- Oficina da UGB 01
- *No Break* sala da Logística
- Laboratório Físico
- Estufa da Fundação de Grades
- Estufas de Cura e Secagem da UGB 01
- Casa de Bombas
- Central de Compressores
- TEKMAS
- Linhas de Montagem de Baterias

SE 02

- Retificadores WEG
- Iluminação e tomadas
- Retificadores Secção 02
- Retificadores secção 01
- Quadro de 380 V da secção 03
- Retificadores FC
- Capacitores
- Central de Compressores
- Retificadores Pulsantes
- Retificadores GM

SE 03

- Quadro Geral dos Filtros
- Capacitores

SE 04

- Moinho
- Refeitório
- Oficina Mecânica e Oficina Elétrica
- Quadro Geral das Linhas de Acabamento
- *No Break* Recusos Humanos
- Central de Compressores
- Almoxerifado
- Recursos Humanos

A partir do consumo destas cargas pode-se obter o perfil de demanda para a fábrica. O perfil de demanda é o registro de potência consumida por um período de tempo. O perfil

de demanda fornece informações detalhadas sobre como a fábrica, ou uma porção da fábrica medida separadamente, utiliza a energia ao longo de um período determinado.

Para um gestor de energia, o perfil de demanda é uma ferramenta de extrema utilidade no momento de analisar o consumo de energia da empresa. Na figura 05 é apresentado um exemplo de perfil de demanda na Acumuladores Moura S/A.

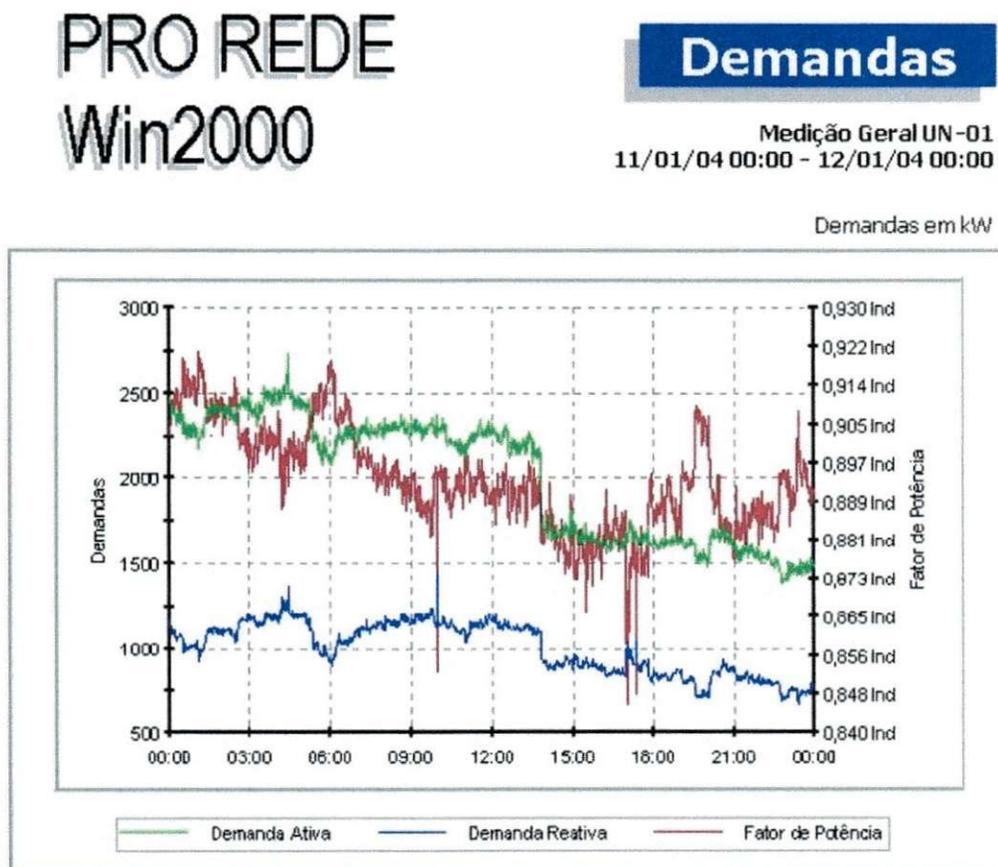


Figura 05 – Exemplo do Perfil de Demanda.

5.1. Caracterização do Sistema Atual

O atual sistema de suprimento de energia elétrica às instalações industriais é efetuado na tensão de 13,8 kV, em alimentador único. O ponto de entrega é feito no cubículo de medição/proteção geral, donde a energia é posteriormente distribuída em 13,8 kV.

Dessa forma considera-se como sendo um único consumidor de energia elétrica para fins de faturamento. O contrato com a concessionária de energia (CELPE) é do tipo Horo-Sazonal, tarifação Azul, com demandas contratadas diferentes para os segmentos de Fora Ponta e Ponta.

Classificação Tarifária Vigente

• Tarifa	Azul
• Classe de Tensão	A4
• Concessionária	CELPE
• Demanda Contratada em Ponta	1500 kW
• Demanda Contratada Fora de Ponta	1700 kW
• Alíquota de ICMS	25 %

Analisando o consumo de energia elétrica no período compreendido entre os meses de janeiro a dezembro de 2003, foram obtidos os seguintes valores médios mensais de consumo e demanda.

• Consumo Fora de Ponta	908.867 kWh
• Consumo Ponta	86.242 kWh
• Demanda Fora Ponta	1.736 kW
• Demanda Ponta	1.609 kW

A pequena diferença entre as demandas Ponta e Fora Ponta mostra que há pouca mudança, em termos de redução de carga, quando da operação da planta em horário de Ponta. Isto justifica a eventual ocorrência de ultrapassagem de demanda. Estas ocorrências oneram sensivelmente a fatura de energia elétrica. A pouca margem de segurança para se atingir a demanda limite, permite a ocorrência dessa ultrapassagem.

Para efeito de cálculo foram considerados os meses de Jan/03 a Mai/03. Neste intervalo calculamos o custo médio mensal da energia elétrica fornecida pela concessionária.

Demanda de Ponta	1.582 kW x R\$ 32,7600/kW	= R\$ 51.826,32	(1)
Demanda Fora de Ponta	1.748 kW x R\$ 10,9200/kW	= R\$ 19.088,16	(2)
Consumo de Ponta	84.553 kWh x R\$ 0,2082/kWh	= R\$ 17.603,93	(3)
Consumo Fora de Ponta	917.174 kWh x R\$ 0,0972/kWh	= R\$ 89.149,31	(4)
CMEE - Custo médio com Energia Elétrica		= R\$ 177.667,72	(5)

Diante desta situação foi realizada uma avaliação da viabilidade de alteração na matriz energética da fábrica. Neste caso a avaliação foi realizada empregando-se grupo geradores a óleo diesel nos horários de Ponta, que é o intervalo compreendido entre 17:30 e 20:30 hs, de segunda a sexta-feira.

5.2. Proposta de Sistema Futuro

Com a implantação de Grupos Geradores de Energia Elétrica a óleo diesel para funcionamento no horário de Ponta seria possível a migração para a tarifa Horó-sazonal VERDE, disponível para contratos a partir de 30 kW. As vantagens financeiras e econômicas são substanciais, além do ganho em segurança no abastecimento de energia em situações de falha ou falta da concessionária.

Em termos de consumo, seriam suficientes duas unidades geradoras de 1.000 kVA, cada uma, operando em paralelo e suprindo cerca de 1300 kW médios. Porém, em função das oscilações naturais do sistema elétrico e devido ao valor médio de demanda na Ponta, que está acima de 1.300 kW médios, faz-se necessário optar pelo sistema imediatamente superior, composto por duas unidades de 1.250 kVA.

O sistema de geração de energia estará ligado à rede elétrica pelo lado de baixa tensão dos transformadores. Os sinais de controle, que monitoram a rede CELPE, serão captados utilizando medidores digitais.

A alteração do contrato com a CELPE, de Horo-Sazonal Azul para Verde, acaba com a demanda de Ponta. Proporcionando uma nova classificação tarifária.

Classificação Tarifária Proposta

- Tarifa Verde
- Classe de Tensão A4
- Concessionária CELPE
- Demanda Contratada / 24 h 1700 kW
- Consumo na Ponta (Cp) 84.553 kWh (Usina Geradora operando)
- Custo Operacional (Co) R\$ 0,319/kWh (Usina Geradora Operando)

Com a implantação da Unidade Geradora a diesel os custos com energia seriam distribuídos da seguinte maneira.

CMEFC - Custo Médio da Energia Fornecida pela Concessionária (Tarifa Verde)

Demanda	1.748 kW x R\$ 10,9200/kW	= R\$ 19.088,16	(6)
Consumo Fora de Ponta	917.174 kWh x R\$ 0,0972/kWh	= R\$ 89.149,31	(7)
Total		= R\$ 108.237,47	(8)

COUGE - Custo Operacional com a Unidade de Geração de Energia

$$\text{Consumo Ponta x Custo Operacional} = \text{Cp x Co} = \text{R\$ 33.136,32} \quad (9)$$

Com estes valores calculados é possível obter a economia mensal, através da seguinte diferença. Com o custo atual da concessionária (5), menos o custo da energia que

será fornecida pela concessionária em tarifação VERDE (8) e menos o custo operacional da usina de geração de energia a óleo diesel (9), tem-se o valor da economia mensal.

Economia Mensal

ECONOMIA MENSAL = CMEE – CMEFC – COUGE

$$\text{R\$ } 177.667,72 - \text{R\$ } 108.237,47 - \text{R\$ } 33.136,32 = \text{R\$ } 36.293,93 \quad (10)$$

Obviamente haverá o custo para comprar e instalar os grupos geradores. As opções para pagar esta conta são utilizar recursos próprios ou financiar as despesas em 48 ou 60 meses.

6. Sistema de Transferência Ininterrupta de Carga em Rampa

Este sistema visa a transferência ininterrupta de cargas para operações em horário de ponta, no retorno à concessionária após emergência, ou mesmo em manobras programadas.

Com a seletora na posição automática, em horário pré-determinado, o grupo gerador parte e é sincronizado com a rede da concessionária sem ser excitado. Ao alcançar as condições de sincronismo, fecha-se a chave de grupo e a carga é transferida gradualmente, em rampa, da rede para o grupo gerador.

No instante que o grupo assume a totalidade da carga será comandada a abertura da chave de rede. A operação inversa, isto é a transferência da carga suprida pelo grupo para a rede é realizada, de forma idêntica, por determinação do término do horário de ponta ou por inversão no sistema de comando.

No sistema Moura os grupos geradores estarão ligados à parte de baixa tensão, contudo o sinal da rede é transmitido pelo medidor digital ligado à entrada em 13,8 kV. As informações enviadas pelo medidor digital permitem o sincronismo do grupo gerador com a rede de alimentação. Uma vez sincronizados os geradores passam a fornecer potência para o sistema e os transformadores abaixadores passam a assumir papel de elevadores. Obedecendo o sistema de transferência em rampa e com os geradores ligeiramente sobre excitados em relação à rede externa, quando a carga é assumida pelos geradores o controlador abre o disjuntor de entrada, isolando o sistema Moura da rede de fornecimento da CELPE. A carga a partir deste momento é suprida por recursos próprios.

Para operação em horário de ponta, um relé horário previamente ajustado, comandará a operação automática de transferência ininterrupta da carga em rampa, de segunda a sexta-feira, no início e término do horário de ponta da concessionária local.

O sistema possui as seguintes funções de proteção – ANSI, comumente requeridas a este tipo de operação:

- Verificação de sincronismo (25)
- Potência reversa (32 – potência inversa)
- Sobrecarga (32 – potência direta)
- Sub/sobretensão (27/59)
- Sub/sobrefrequência (81U/O)
- Sobrecorrente de fase instantânea e temporizada (50/51)
- Rastreamento de tensão na rede
- Compensação de reativos
- Comando a partir de CLP Ou sistema supervisor.

6.1. Quadro de Comando Automático

O quadro de comando automático modelo ST2000P é do tipo microprocessado, para funcionamento em paralelo, destinado a supervisão de um sistema CA formado por uma fonte principal (rede) e uma fonte de emergência (grupos), que alimentam cargas consideradas essenciais que não devem sofrer interrupções prolongadas, montado em gabinete metálico auto-sustentado com as seguintes características.

Valores Nominais

Potência controlada	02x 1250/1125 kVA
Tensão de alimentação CA	380/220 V
Frequência	60Hz
Tensão de comando CC	24 V

Sistema de medição

Através de indicação digital para:

- Tensão fase-fase
- Tensão fase-neutro
- Frequência

- Correntes nas três fases
- Potência ativa (kW)
- Potência reativa (kvar)
- Fator de potência ($\cos\phi$)
- Energia ativa consumida (kWh)
- Horas de funcionamento
- Contador de partida
- Rotação do motor
- Tempo restante para manutenção
- Tensão da bateria
- Pressão do óleo
- Temperatura do motor
- Data/hora

Sistema de Comando

- Seleção de operações: Manual, Automático e Teste.
- Seleção de tensão RS, RT, ST / RN, SN, TN.
- Comando de partida
- Comando de parada
- Comando de *reset*
- Comando conecta grupo
- Comando liga / desliga carga rede
- Comando liga / desliga carga grupo
- Comando parada de emergência.

Sinalizações

Led's indicadores para:

- Automático/manual
- Grupo em supervisão

- Modo de operação “emergência” selecionado
- Alarme
- Fase medida (V1, V2 ou V3).
- Faixa de frequência.
- Chave de Grupo fechada
- Chave de rede aberta

Mensagem no mostrador para

- Falha partida
- Falha Parada
- Baixa pressão de óleo lubrificante
- Alta temperatura da água
- Tensão anormal
- Frequência anormal
- Sobrevelocidade
- Falha no pré-aquecimento
- Sobrecorrente
- Sobrecarga
- Potência inversa
- Subtensão da bateria
- Curto-circuito
- Falha de chaves

Funcionamento

O quadro de comando pode funcionar sob comando automático, manual ou teste, sendo este comando selecionado através da seleção de operações no frontal do ST2000P.

No comando automático a carga será alimentada pela rede desde que esta esteja em condições normais, sendo sinalizado no QCA “Rede Alimentando”. O tempo de

confirmação de falha da rede é ajustável de 01 a 99 segundos. A faixa de supervisão da rede para sobretensão e subtensão é de $\pm 15\%$, enquanto a faixa de supervisão da tensão no grupo para sobretensão e subtensão é de $\pm 10\%$. A faixa de supervisão da frequência do grupo para sobrefrequência e subfrequência é de $\pm 5\%$.

São realizadas 3 tentativas de partida do grupo com intervalos reguláveis de 01 a 99 segundos, após a terceira tentativa, não ocorrendo a partida será sinalizado falha. Caso a partida ocorra e estabilizando a pressão, frequência e tensão o primeiro grupo será conectado no barramento de sincronismo. Após o grupo base estar na barra de sincronismo, o outro grupo rastreará a mesma condição de tensão e frequência, conectando-se em seguida à barra. Com os grupos no barramento, dar-se-á operação do sistema de transferência rede/grupo em rampa. Após operação de transferência grupo/rede, o grupo permanece de 001 a 999 segundos, ajustável para resfriamento, sendo então comandada a parada. Caso ocorra anormalidade no período de resfriamento, o grupo reassume a alimentação da carga.

No modo manual poderá ser efetuada a partida dos grupos geradores, pelo comando de partida no painel frontal da ST2000P. Poderá ser efetuado o paralelismo e a conexão dos grupos ao barramento, além da transferência de carga rede/grupos e grupos/rede pelo acionamento dos sistemas de transferência. E a parada do grupo é realizada pelo acionamento do comando de parada no frontal da ST2000P.

No modo teste será simulada a falta de energia da rede, sendo chamada a partida dos grupos e sincronização, porém a carga permanecerá alimentada pela rede, para a transferência de carga basta efetuar o comando manual.

Na figura 06 é mostrado o grupo gerador que utiliza estes recursos.



Figura (06) – Grupo Gerador.

7. Considerações Finais

As indústrias trabalham com altos valores de demanda e em regime de produção contínua, estas características estimulam as empresas a manter o controle sobre seu consumo energético na tentativa de evitar as multas e sobretaxas provenientes da extrapolação dos valores de demanda estabelecidos na estrutura tarifária.

O gerenciamento pelo lado da demanda apresenta muitas possibilidades de otimização energética para os mais diversos sistemas de carga. No caso abordado o estudo da estrutura tarifária e dos medidores digitais, forneceu informações técnicas e econômicas para elaboração do projeto de implantação do sistema de geração a diesel.

A análise de custos formaliza o estudo, apresentando de forma clara a viabilidade econômica da implantação do sistema de fornecimento misto de energia elétrica.

O projeto descrito foi aprovado. O estudo da estrutura tarifária, do gerenciamento pelo lado da demanda e da análise de custos, foi fundamental para a clarificação da viabilidade e dos ganhos deste projeto. A partir deste trabalho podemos acrescentar, ainda um estudo de correção de fator de potência, que trará informações para a análise de possibilidade de ganhos nesta área. O estudo da estrutura tarifária ainda deixa em aberto a possibilidade de implantação na empresa de alimentação em 69 kV, que seria mais um passo na implementação de ganhos no fornecimento de energia elétrica à empresa.

8. Bibliografia

BERGEN, Arthur R., VITAL, Vijay, "Power System Analysis". New York: Prentice-Hall, 2000.

ELETROBRÁS/PROCEL, "Conservação de Energia – Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos". São Paulo: EFEI, 2001.

MEDIROS FILHO, Solon, "Medição de Energia Elétrica". Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

NISKIER, Julio, MACINTYRE, A. J., "Instalações Elétricas". Rio de Janeiro: LTC, 1996.

STEVENSON, William D., "Elementos de Análise de Sistemas de Potência". São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1986.

VINAL, George Wood, "Storage Batteries". New York: Wiley, 1958.