



SISTEMA INTELIGENTE PARA CONTROLE, SUPERVISÃO E GERENCIAMENTO DE GRUPOS GERADORES

Ricardo Figueiredo (RF Eletro-Eletrônica Ltda)
Maurício R. Suppa (GESTAL Gestão de Energia e Utilidades Ltda)

Conservar é saudável e traz retorno ! Quando aplicada à energia elétrica no Brasil esta frase assume uma importância ainda maior devido à nossa situação atual interna e externa. Já sabemos que em face da reestruturação do setor elétrico nacional e da demanda crescente por energia, terão que ser aplicados vultosos investimentos em infra-estrutura de geração e transmissão além de novas tecnologias visando também melhorar a qualidade da energia fornecida.

Mesmo diante de futuras opções vislumbradas neste novo mercado de energia elétrica o consumidor nacional busca atualmente alternativas de baixo custo em programas de conservação energética, aproveitando ao máximo os equipamentos já existentes em suas respectivas instalações industriais ou comerciais.

Além desta busca dos consumidores pela economia, cuja somatória contribui para melhorar o fator de carga nacional, temos presenciado um certo grau de preocupação do mercado consumidor de alta tensão com relação à qualidade de fornecimento a partir do próximo ano. Isto se traduz não apenas com relação à conformidade da energia recebida (qualidade da forma de onda de tensão) mas principalmente com relação à disponibilidade da mesma a qualquer tempo, fundamental para se garantir a continuidade do processo. Sabemos que a nossa capacidade de geração e transmissão de energia elétrica não está totalmente esgotada mas que em determinados horários, valores próximos do limite de fornecimento do sistema são alcançados, possibilitando riscos de blecaute.

Em virtude disso temos presenciado um interesse crescente pela utilização de geradores (à óleo ou gás) em substituição da energia fornecida pela concessionária no horário de maior tarifação, chamado de horário de ponta, sendo uma das principais razões a impossibilidade de remanejamento de suas cargas para outro horário. Porém a utilização destes equipamentos não está restrita à este caso, podendo os mesmos serem utilizados de forma economicamente estratégica no processo.

Independente do principal objetivo buscado no uso de geradores é importante estarmos controlando e monitorando este processo de forma contínua e inteligente, agregando maior previsibilidade de falhas (externas ou internas) ou condições anormais em termos operacionais. Da mesma forma que existem subestações inteligentes estamos falando de geradores inteligentes, novos ou já existentes na empresa.

Podemos classificar os grupos de geradores conforme o motor que aciona o respectivo alternador (gerador de eletricidade para corrente alternada) obtendo desta forma dois grupos:

- **Grupo Turbo-Geradores:** Acionados por vapor gerado em caldeiras através da queima de combustível (gás natural, óleo BPF, bagaço de cana, carvão, bio gás e etc.), estes equipamentos são acionados por turbinas a vapor e são utilizados em sistemas de grande porte. Tem seu custo de implantação elevado por exigir uma pesada infra-estrutura, além da necessidade de uma grande área física.
- **Grupo Motor-Geradores:** Acionados por motor a explosão (Ciclo Otto) estes equipamentos se diferenciam pela queima direta do combustível sem a necessidade de utilização de caldeiras. Podem ser implantados em sistemas de médio e grande porte e utilizam combustíveis fluidos (gás natural, óleo diesel, bio gás e etc.).



Sistemas considerados de pequeno porte são sistemas até 1 ou 1,2 MVA e os sistemas ditos de médio porte são sistemas de 1 a 4 ou 5 MVA (este não é um conceito rígido, na verdade é tomado de análises empíricas, pois dependendo da situação de disponibilidade monetária para instalação, disponibilidade de água para geração de vapor ou mesmo localização/disponibilidade de combustível pode-se viabilizar ou inviabilizar a implantação de Motor Geradores ou de Turbo Geradores).

Neste artigo estaremos focalizando apenas o GMG (sigla que define o Grupo Motor-Gerador) instalado nas dependências do consumidor, fornecendo energia em baixa ou média tensão e reduzindo os investimentos com subestações assim como, dependendo do combustível a ser utilizado, obtendo uma redução considerável no impacto ambiental, fundamental para as empresas que buscam certificação na ISO 14.000.

Definido nosso escopo de abrangência iremos apresentar um comparativo entre um sistema convencional e um sistema inteligente para controle e supervisão de GMG, apresentando as vantagens deste último desde a fase de especificação até a manutenção do processo como um todo.

Para podermos proceder a implantação de um GMG (supondo-o inexistente na instalação) devemos lançar mão de um detalhado planejamento que inclui:

1. Análise do perfil do consumidor
2. Condições e localização da instalação do GMG
3. Disponibilidade e custo de transporte do combustível a ser utilizado
4. Sistema de Supervisão e Controle

Os sistemas de controle aqui analisados na verdade são os mesmos sistemas utilizados em grupos geradores tipo "stand-by" acrescidos da unidade de detecção da demanda de controle e da unidade de paralelismo momentâneo do grupo com a concessionária, afim de se prover uma transferência ininterrupta (a transferência ininterrupta se dará toda a vez que houver solicitação do sistema de controle de demanda e não por detecção de falta de energia).

Quanto ao Sistema de Supervisão e Controle (o qual poderá ser adquirido e instalado em separado do GMG) podemos classificá-lo em três categorias:

Convencional: implementa todo o controle, comandando e supervisionando o(s) GMG('s) através de relês e eletrônica discreta, sem supervisão e operação remota e sem flexibilidade.

Na Figura 01 apresentamos a arquitetura de um sistema convencional.

Esta arquitetura é bastante complexa havendo interdependência dos diversos módulos. Mesmo em funcionamento manual, dependemos do módulo de controle. Também notamos a inflexibilidade do sistema pois, para se modificar a lógica do sistema visando se adequar à evolução do processo ou ampliar a unidade geradora, haveriam mudanças físicas que exigiriam um tempo muito longo com o equipamento parado.

Pseudo-inteligente: se caracteriza por contar com os mesmos recursos básicos e arquitetura do sistema convencional anterior apenas substituindo a lógica discreta por um microprocessador, mantendo-se ainda inflexível e na maioria das vezes sem operação remota. Quando a possui é uma solução dedicada quase impossível de interagir com o resto do processo.

Inteligente: o sistema de controle inteligente caracteriza-se por ser concebido dentro de uma filosofia preditiva, padronizada, de protocolo aberto e, além de monitorar a demanda e consumo da instalação em questão, monitora e interage com o processo de modo a garantir a eficiência máxima do sistema como um todo.



Na Figura 02 apresentamos a arquitetura de um sistema de controle inteligente.

Analisando a arquitetura do sistema inteligente acima vemos que o mesmo concentra todas as operações na unidade de controle microprocessada o que torna qualquer alteração de lógica, ou de parâmetros operacionais, fácil de ser implementada, pois, é algo que depende apenas de software. Notamos também a existência de uma IHM (Interface Homem Máquina) responsável pela visualização local (via display de cristal líquido) dos dados obtidos pelos instrumentos de medição (transdutores) do sistema e pela operação local via teclado alfanumérico, podendo ser informados valores de pontos de operação para o sistema, havendo ainda a possibilidade de operação manual em casos de emergência (através da remoção da unidade de controle para manutenção). Na Figura 03 temos um exemplo de IHM. O software de supervisão distribuída (vide exemplo na Figura 04) instalado no microcomputador interage de forma padronizada com o operador integrando o sistema de controle de demanda com o sistema de controle do GMG. Com ele pode-se operar bem como realizar a manutenção de forma remota através de modem's.

Como os sistemas anteriormente descritos, este sistema provê energia elétrica para o processo de forma ininterrupta, quando solicitado pelo sistema de controle de demanda (suposto existente) e também em casos de falha no fornecimento da concessionária.

O sistema inteligente oferece ainda facilidades para a manutenção, que o diferencia dos outros citados acima, tais como aquelas apresentadas na Tabela 01.

Interligação do(s) GMG('s) com o sistema elétrico da instalação

A interligação do sistema alternativo de geração de energia elétrica ao sistema elétrico do consumidor em questão pode ser implementado conforme a Figura 06.

Os circuitos essenciais neste caso seriam as cargas que ficariam ligadas no horário de ponta e que devem, numa falta de energia elétrica, permanecerem ligadas. Também utilizaremos estas cargas para, estrategicamente, melhorar o fator de carga da instalação.

Método de transição Concessionária -> GMG e GMG -> Concessionária:

Os sistemas de controle para GMG's mais comumente conhecidos são os que comandam Grupos Geradores tipo "stand-by", ou seja, são grupos que atuam exclusivamente na falta de energia elétrica e para os quais o sistema inteligente de controle é igualmente importante para garantir sua confiabilidade. Porém neste caso estamos descrevendo o sistema que além de executar esta função básica atua em conjunto com o sistema preditivo de controle de demanda afim de otimizar os custos com energia elétrica.

Este sistema que descrevemos necessita de uma transferência (Concessionária -> GMG e GMG-> concessionária) bastante peculiar, para que não hajam interrupções de fornecimento de energia elétrica.

Para o início da operação o GMG é acionado, geralmente por solicitação do sistema de controle de demanda (no início do horário de ponta ou mesmo em momentos estratégicos no horário fora de ponta), e quando for confirmada sua estabilização, ou seja a tensão e a frequência atingem valores nominais, o sistema responsável pelo controle de transferência inicia o processo de sincronização do GMG com a concessionária. Uma vez confirmada a situação de sincronismo a chave do GMG é acionada (supondo que a da concessionária já encontrava-se acionada) e estando os dois em paralelo inicia-se o processo de transferência de carga para o GMG em forma de rampa, ou seja, uma leve aceleração do motor que se reflete em uma transferência gradual de carga .

Ao assumir toda a carga da barra crítica a chave da concessionária é desligada. Temos, então, que observar o tempo máximo de paralelismo que é limitado, na maioria dos grandes centros, a 10 segundos pelas suas respectivas concessionárias.



Nesta condição, com o GMG alimentando as cargas, o mesmo permanecerá até que haja uma nova ordem do controlador de demanda, geralmente no final do horário de ponta ou no final de um horário estratégico qualquer.

Ao receber a informação de que o GMG deva transferir a carga de volta à concessionária, entra de novo em ação o sistema de controle de paralelismo, o qual provocará uma nova sincronização da concessionária com o GMG e ao se detectar a condição de sincronismo, a chave da concessionária será ativada (supondo a chave do GMG já acionada). Inicia-se, então, o processo de devolução gradual da carga à concessionária através de uma rampa de desaceleração do GMG abrindo-se a chave do GMG ao término do processo.

Vale salientar que o tempo máximo de paralelismo de 10 segundos também é válido para esta etapa de devolução da carga à rede da concessionária.

Exemplo de vantagem econômica:

A seguir apresentaremos um caso real de estudo de viabilidade técnico financeira para alimentação do sistema de ar condicionado de uma empresa por dois Grupos Motor Gerador (GMG) no horário de ponta. Até outubro de 1996 esta empresa trabalhava sem sistema de ar condicionado, sendo o mesmo ativado em novembro de 1996.

As informações compiladas das contas de energia podem ser vistas na Tabela 02.

Sabemos que, através de medições efetuadas "in loco", mensalmente o consumo e demanda de energia elétrica do ar condicionado desta empresa se comporta conforme a Tabela 03.

Por outro lado temos a conta média do período que o ar condicionado foi instalado resultando na Tabela 04. Considerando que a demanda na ponta do sistema de ar condicionado 451,31 KW temos o que segue:

Como todo o GMG, comercialmente, é ofertado para um fator de potência de 0,8 teremos que considerar:

$$P(kVA) = \frac{P(kW)}{FP} = \frac{451,31}{0,8} = 564,16kVA$$

Obs.: A potência comercial próxima deste valor é de 600kVA.

Com o intuito de se viabilizar a implantação deste projeto previmos a instalação de dois Grupos Geradores de 330 KVA garantindo dessa forma a proteção e operacionalidade desejadas. A opção por se instalar dois geradores de 330 KVA ao invés de um de 600 KVA se deveu ao fato de termos a possibilidade de, em caso de pane em um dos GMG's, alimentarmos ao menos a metade do sistema de ar condicionado.

O valor total previsto para o investimento incluindo mão de obra e material de instalação elétrica, GMG's e sistemas de controles foi de R\$ 167.000,00

Na Tabela 05 apresentamos o cálculo do desembolso mensal para a concessionária com o ar condicionado ligado, no horário de ponta.



Cada motor consome a plena carga 66 litros de óleo diesel por hora; porém ao analisarmos a conta média verificamos que a central de ar condicionado possui um fator de carga baixo não necessitando que os grupos funcionassem a plena carga todo o tempo. Isto nos levou ao cálculo abaixo:

Cada grupo funcionaria 66 h por mês o que nos daria um consumo de 8.712 litros de óleo diesel em um mês .

Nós sabemos que o fator de carga é:

$$FcP = \frac{DEM \max P \times 66}{ConsP} \times 100 = \frac{450 \times 66}{21.816} \times 100 = 73,5\%$$

Como as interações matemáticas entre o consumo elétrico e o consumo de diesel são aproximadamente lineares podemos fazer:

$$ConsumoDiesel = FcP \times ConsumoDieselTotal = 0.735 \times 8.712 = 6.403,32Lts$$

Na Tabela 06 apresentamos o cálculo das despesas mensais com o sistema de ar condicionado alimentado pelo GMG.

Abaixo temos o cálculo da diferença de custo entre a energia elétrica fornecida pelos GMG's e pela Concessionária:

Custo Mensal da Concessionária:	R\$ 9.780,50
Custo Mensal da energia fornecida pelos GMG's:	R\$ 3.789,00
Diferença a favor dos GMG's:	R\$ 5.991,50

Para o cálculo do tempo de retorno do investimento temos uma economia mensal de R\$ 5.991,50 mensal o que nos dá R\$ 71.898,00 anuais. Logo, considerando a vida útil destes equipamentos, nestas condições, em 10 anos teremos uma amortização de:

$$AmortizaçãoMensal = \frac{Investimento}{NrAnos \times 12} = \frac{167.000}{10 \times 12} = R\$1.391,67$$

Isto implica dizer que o equipamento se amortiza mensalmente com uma parcela de R\$ 1.391,67 ou seja teremos uma economia acumulada de R\$ 551.980,00 em 10 anos, já descontado o investimento inicial. Na Figura 07 apresentamos mais um exemplo de tela gráfica de um Sistema Inteligente de Supervisão de GMG.

Conclusão:

A utilização de grupos geradores visando a conservação de energia elétrica tanto no horário de ponta como em qualquer outro horário estratégico para o processo é perfeitamente viável do ponto de vista técnico e financeiro para qualquer tipo de instalação. A implantação de um sistema inteligente de controle e supervisão além de seus benefícios intrínsecos já comentados anteriormente contribuirá também para a redução dos custos de manutenção remota principalmente quando houverem várias unidades de produção, agências, lojas, etc., sendo monitoradas por uma unidade central.

Referências

- [1] Suppa, Mauricio Roberto; Terada, Marcos lukinori : Métodos de Controle da demanda de energia elétrica. Eletricidade Moderna Ed. 10/97.
- [2] Kosov, Irving I. : Máquinas Elétricas e Transformadores. Ed.Globo Ed. 1989
- [3] Martingnoni, Afonso : Máquinas Elétricas de Corrente Alternada. Ed.Globo Ed. 1995



Tabela 01

Característica	Descrição
Auto diagnose	O sistema se auto monitora e através de sinalizações pré ajustadas indica as falhas ocorridas. Dependendo do processo e da programação realizada, toma algumas decisões paliativas até a intervenção do técnico. A sinalização das falhas podem ser visualizadas localmente, via IHM, ou remotamente, via software de supervisão no microcomputador.
Protocolo de comunicação padronizado	Facilita a interação com o processo e, integrado ao sistema de automação (industrial ou predial) existente , provê uma interface padronizada e amigável ao usuário
Histórico de eventos	Mantém um arquivo onde estão registrados os últimos eventos ocorridos podendo ser analisados pela equipe técnica ou de gestão. Tal histórico facilita a solução de problemas de forma muito mais rápida do que se o fora feito de forma convencional
Relatórios	Emitte relatórios, além do histórico de eventos, informando variáveis e parâmetros de ajustes, manobras de transferência, resumo de alarmes, potência, tensão e correntes fornecidas pelo GMG.
Independência de Fornecedor	O sistema Inteligente é concebido de forma a se adequar a qualquer GMG independente de fabricante de Motor e Alternador ou mesmo de GMG's montados por terceiros.
Proteções	O sistema inteligente provê proteções através de transdutores interligados serialmente com a unidade de controle micro processada que monitoram tensão, corrente, fator de potência e frequência substituindo tradicionais relês de proteção e garantindo que estas grandezas não ultrapassem os valores nominais e através de entradas digitais monitoramos: Pressão do óleo, Bateria de partida, temperatura do motor, falha na partida, quebra de correia, etc.
Auto teste	O sistema pode ser pré programado para se auto testar em períodos a serem definidos pelo operador e posteriormente, via histórico de eventos, relatar o resultado dos referidos testes
MTBF	Aliando-se o alto MTBF da unidade micro processada (mínimo de 150.000 horas) com a montagem muito menos complexa que reduz a quantidade de pontos de conexão, o sistema possui um MTBF global muito maior que a arquitetura convencional o que, de maneira acentuada, reduz o número de horas parada do sistema. Este é um fator decisivo para a queda dos custos operacionais do sistema



Montagem	A montagem como um todo é feita de modo inteligente permitindo o "by-pass" de partes do sistema afim de que sofram intervenções sem que haja prejuízo no processo. (vide Figura 05)
Flexibilidade	O fato de todas as informações do sistema convergirem para a unidade de controle micro processada torna as alterações e ampliações físicas uma questão apenas de alteração de software exigindo um mínimo de horas paradas do GMG, e mesmo assim o sistema se manteria operacional via controle alternativo manual
Posta em marcha	A posta em marcha do sistema é grandemente facilitada devido a todos os pontos de operação serem efetuados a partir da IHM ou do microcomputador remoto.
Manutenção local e remota	Através de um modem e uma linha telefônica o sistema pode ser acessado de longas distâncias para suporte técnico, testes operacionais, diagnóstico e reprogramação, garantindo um rápido atendimento e dessa forma um menor número de horas paradas.

Tabela 02

Conta Mês/Ano	1 Out/96	2 Nov/96	3 Dez/96	4 Jan/97	5 Fev/97	6 Mar/97
Dem P	508,00	1.003,00	1.081,00	1.068,00	1.024,00	1.127,00
Dem FP	547,00	1.099,00	1.107,00	1.109,00	1.171,00	1.146,00
Cons P	29.645,00	20.499,00	55.382,00	62.147,00	56.137,00	56.403,00
Cons FP	232.866,00	262.964,00	442.876,00	427.453,00	389.340,00	414.040,00

Conta Mês/Ano	7 Abr/97	8 Mai/97	9 Jun/97	10 Jul/97	11 Ago/97	12 Set/97
Dem P	860,00	948,00	969,00	953,00	880,00	877,00
Dem FP	1.076,00	1.091,00	1.032,00	1.013,00	1.002,00	1.001,00
Cons P	46.991,00	52.542,00	53.632,00	49.637,00	55.850,00	49.259,00
Cons FP	346.064,00	367.778,00	395.539,00	361.397,00	415.130,00	395.410,00

Conta Mês/Ano	13 Out/97	14 Nov/97	15 Dez/97	16 Jan/98	17 Fev/98	18 Mar/98
Dem P	827,00	940,00	903,00	990,00	899,00	
Dem FP	1.037,00	1.061,00	1.034,00	1.070,00	1.091,00	
Cons P	52.814,00	54.840,00	46.969,00	61.808,00	48.470,00	
Cons FP	404.136,00	426.449,00	333.850,00	503.172,00	330.934,00	

Onde: DemP = Demanda na Ponta DemFP= demanda Fora de Ponta

ConsP = Consumo na Ponta e ConsFP = Consumo Fora de Ponta



Tabela 03

Ar condicionado	
Dem P	451,31
Dem FP	524,25
Cons P	21.816,25
Cons FP	155.667,25

Tabela 04

Conta Média	
Dem P	959,31
Dem FP	1.071,25
Cons P	51.461,25
Cons FP	388.533,25

Tabela 05

Item	Despesa	Qtde	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
1	Demanda	450 kW	16,79	7.555,50
2	Consumo	21.816 kWh	0,1020	2.225,00
Total de Despesas com a Concessionária				9.780,50

Tabela 06

Item	Despesa	Qtde	Valor Unitário (R\$)	Valor Total (R\$)
1	Óleo Diesel	6.403,32 Lts	0.42	2.689,00
2	Manutenção*	-----	-----	1.100,00
Total				3.789,00

*incluindo trocas de óleo lubrificante e filtros a cada 200 h de funcionamento e contrato de manutenção do equipamento.



Figura 01

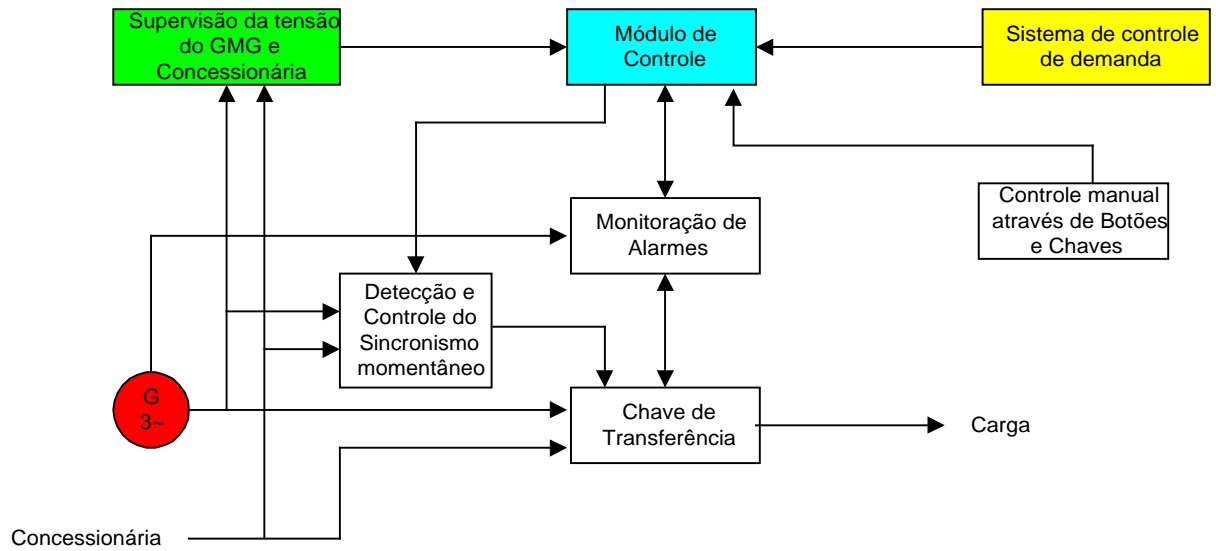




Figura 02

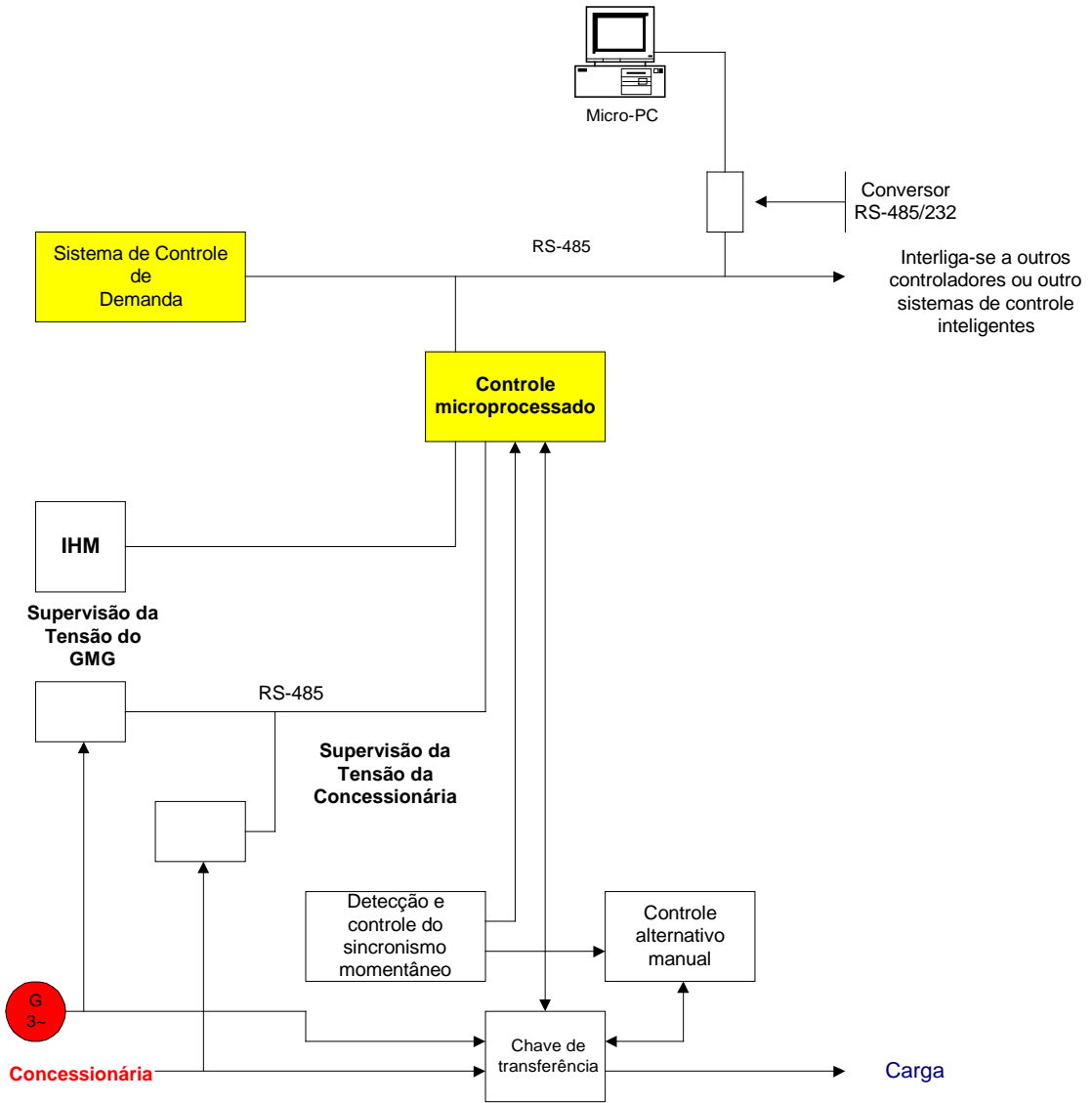




Figura 03



Figura 04

Sistema de Gerenciamento de Energia Elétrica, Utilidades e Processos

Supervisão Configuração Operação Relatórios Análises Grupo Gerador Sobre

SMARTGMG 1

Sinalizações

- Rede Alimentando
- GMG Alimentando**
- GMG Funcionando**
- Bloqueio

Defeitos

- Defeito na Rede**
- Defeito no GMG
- Sobrecarga Barra
- Defeito Transdutor
- Defeito Retificador
- Disjuntor Aberto
- Pressão Anormal
- Temp Anormal
- Falha na Partida
- Sincronia Partida**
- Alternador Anormal
- Disj QCG Aberto
- Disj QTA Aberto

Rede

	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Tensão (V)	0.0	0.0	0.0
Corrente (A)	0.0	0.0	0.0
Frequência	0.0		

Defeito Transdutor Tensão Anormal
 Defeito Contator Freq Anormal

GMG

	Fase 1	Fase 2	Fase 3
Tensão (V)	222.8	222.8	222.7
Corrente (A)	106.7	106.7	106.7
Frequência	59.9		

Defeito Transdutor Tensão Anormal
 Defeito Contator Freq Anormal

Modo

Manual

Altera Modo

Comandos

Defeitos

Horímetro

10.8 Horas

Versão

SmartGMG 3.00

11:09:27 - Sincronia de Partida 19/10/98 11:09:47



Figura 05





Figura 06

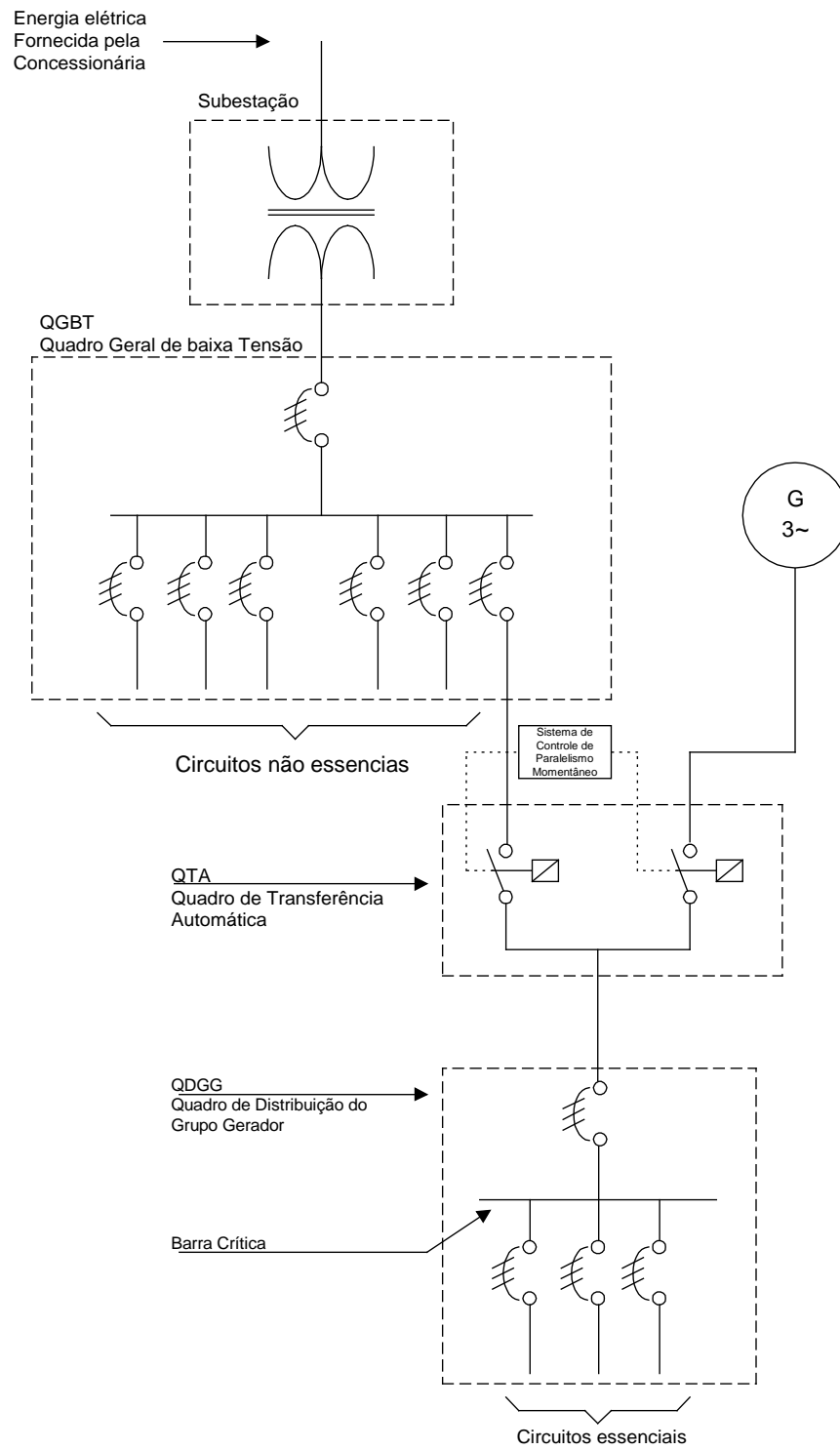




Figura 07

