

SUBSTITUIÇÃO DO SISTEMA DE SUPERVISÃO E CONTROLE DO SISTEMA ELÉTRICO DA BUNGE FERTILIZANTES¹

*Henrique Diniz Rocha²
Júlio Soares³
Rafael Ferreira de Souza Maia⁴*

Resumo

Este trabalho descreve projeto de Substituição do Sistema de Supervisão e Controle do Sistema Elétrico da Bunge Fertilizantes, localizada em Araxá – MG. Inicialmente é apresentado uma breve descrição da empresa. Em seguida é apresentado os principais elementos do sistema de supervisão implantado, para em seguida, ser detalhado as telas de operação do sistema. Conclui-se que o sistema implementado possibilitou maior nível de mobilidade e flexibilidade a equipe de operação e manutenção, o que garantiu maior eficiência da planta.

Palavras chave: Sistema elétrico; Digitalização; Normas elétricas.

SUBSTITUTION OF THE ELECTRICAL CONTROL AND SUPERVISION SYSTEM AT BUNGE FERTILIZANTES

Abstract

This paper describes the Replacement of the Supervision and Control Electrical System of Bunge's Fertilizer, located in Araxá - MG. Initially we present a brief description of the company. It is then presented the main elements of the monitoring system in place, and then is showed the detailed operational screens of the system. We conclude that the implemented system allowed higher level of mobility and flexibility for the operation and maintenance team, which ensured greater efficiency of the plant.

Key words: Electrical system; Digitalization; Electrical standarts.

¹ *Contribuição técnica ao 14º Seminário de Automação de Processos, 6 a 8 de outubro de 2010, Belo Horizonte, MG.*

² *Engenharia Elétrica pelo CEFET-MG. Engenheiro eletricista da IHM Engenharia.*

³ *Engenharia Elétrica pelo CEFET-MG. Gerente de Projetos da IHM Engenharia.*

⁴ *Sistemas de Informação pela COTEMIG. Pós-graduado em Engenharia de Software pelo IEC PUC-MG. Analista de sistemas da IHM Engenharia*

1 BUNGE FERTILIZANTES

A Bunge Fertilizantes atua em todas as etapas da produção de fertilizantes. Suas operações começam na mineração de rocha fosfática e calcário, passam pelo processamento químico e vão até a entrega do produto final: fertilizantes, calcário para correção do solo e componentes para nutrição animal. Este trabalho descreve o projeto de Substituição do Sistema de Supervisão e Controle do Sistema Elétrico da Bunge Fertilizantes, localizada em Araxá – MG, realizado pela IHM Engenharia. O fornecimento inclui projeto executivo, lista de equipamentos, folha de dados, lista de materiais de instalação, desenhos para instalação, supervisão de montagem, comissionamento, testes, operação assistida e treinamento de operadores.

A motivação para o projeto surgiu dada a expansão da usina (fase 2). Neste sentido, foi necessário se repotencializar a SE, com acréscimo de mais um trafo de 10/12,5 MVA, e a alterar a topologia, que na nova configuração ficou definida em duas ilhas, cada uma delas com dois trafos de 10/12,5MVA e um turbo-gerador de 14,5 MVA.

2 CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO EXISTENTE

A topologia do sistema elétrico é definida em duas ilhas, cada uma com dois transformadores e um turbo-gerador:

- Ilha1: O transformador 1 (351-TF-903) está instalado em paralelo com o transformador 2 (351-TF-902). Se encontra também instalado um turbo-gerador (321-TG-601);
- Ilha2: O transformador 3 (351-TF-904) está instalado em paralelo com o transformador 4 (351-TF-901). Se encontra também instalado um turbo-gerador (321-TG-602).

A recepção da concessionária CEMIG é efetuada na BUNGE compreende uma linha de transmissão em 138kV de aproximadamente 4,5km em cabo CA # 170,5mm² interliga a BUNGE à subestação ARAXÁ 1. A proteção da linha é efetuada por dois disjuntores instalados antes de suas respectivas chaves seccionadoras. A tensão de entrada de 138kV é rebaixada para média tensão em 6,9kV através de quatro transformadores. Em cada ilha operam dois transformadores em paralelo. Estes transformadores encontram-se aterrados no ponto neutro do secundário através de resistores de aterramento

A proteção atual da linha de 138 kV é efetuada na subestação de entrada da BUNGE através de dois relés de proteção microprocessados, que atuam sobre dois disjuntores, e incorporam as seguintes funções:

- sobrecorrente de fase e de neutro (Função ANSI 50/51 e 50/51N);
- sobrecorrente direcional de fase (Função ANSI 67);
- direcional de potência (Função ANSI 32);
- subtensão e sobretensão (Função ANSI 27 e 59); e
- bloqueio (Função ANSI 86).

A proteção dos trafos e dos cabos alimentadores desde os secundários dos mesmos até os painéis são efetuadas através de relés microprocessados modelo SEL 387, que incorporam as seguintes funções:

- funções diferencial (87), sensibilizados através de TC 75-5A (em 138 kV) e TC 1500-5A (em 6,9 kV);
- função de bloqueio (86) por relé tipo PACCO de fabricação Kraus & Naimer;

- função sobrecorrente de fase (50/51) e neutro (50/51 N), sensibilizados através de TC 75-5A (em 138 kV); e
- função diferencial de neutro (87 N) e sobrecorrente de neutro (51G), sensibilizados através de TC 200-5A.

Os intertravamentos e lógicas de comando nos cubículos dos disjuntores são realizados através de chaves seletoras “Local-Remoto”, com a finalidade de permitir o comando dos disjuntores através do sistema supervisor, além de manter o comando local em caso de manutenção e/ou testes do equipamento

3 SISTEMA DE CONTROLE E FILOSOFIA DE CONTROLE DOS TRANSFORMADORES

Foi elaborado um controle de cargas independente para cada transformador, pela grandeza elétrica da potência nominal de 12,5 MVA, de forma a eliminar possíveis sobrecargas, considerando os seguintes cenários:

- perda de um transformador: quando o sistema está operando normalmente com duas ilhas e um dos transformadores sai de operação. este cenário ainda considera a situação de contingência, quando a perda de um trafo ocorre simultaneamente a perda da concessionária;
- perda de um gerador: quando o sistema está operando normalmente com duas ilhas e um dos geradores sai de operação. na perda de um gerador, a ilha onde foi perdido este gerador passa a ser alimentada apenas pela concessionária, via os dois transformadores de entrada;
- perda dos dois geradores: quando o sistema está operando normalmente com duas ilhas e os dois geradores saem de operação. na perda dos dois geradores, as ilhas passam a ser alimentadas apenas pela concessionária, via os quatro transformadores de entrada; e
- perda de um transformador e unidade de sulfúrico: quando o sistema está com um dos transformadores de entrada em manutenção, e devido a algum surto no sistema, todo o sulfúrico sai de operação.

4 CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA

O sistema de supervisão, desenvolvido utilizando o aplicativo Wizcon na versão 9.4 o Visual Basic 6, é composto por três estações de operação que funcionam de forma independente. Estas estações comunicam com os seguintes dispositivos:

- Banco de dados SQL Server 7 para armazenamento de registros de eventos;
- 3 CLPs, sendo 1 da SE Principal, 1 do Gerador 1 e 1 do Gerador 2;
- 2 relés do tipo SR489, sendo um para cada gerador;
- 2 controladores de turbina, do tipo 505, sendo um para cada gerador;
- 1 Concentrador SEL-3332; e
- 2 DSLC, sendo um para cada gerador.

A Figura 1 e Figura 2 detalham a configuração do sistema desenvolvido.

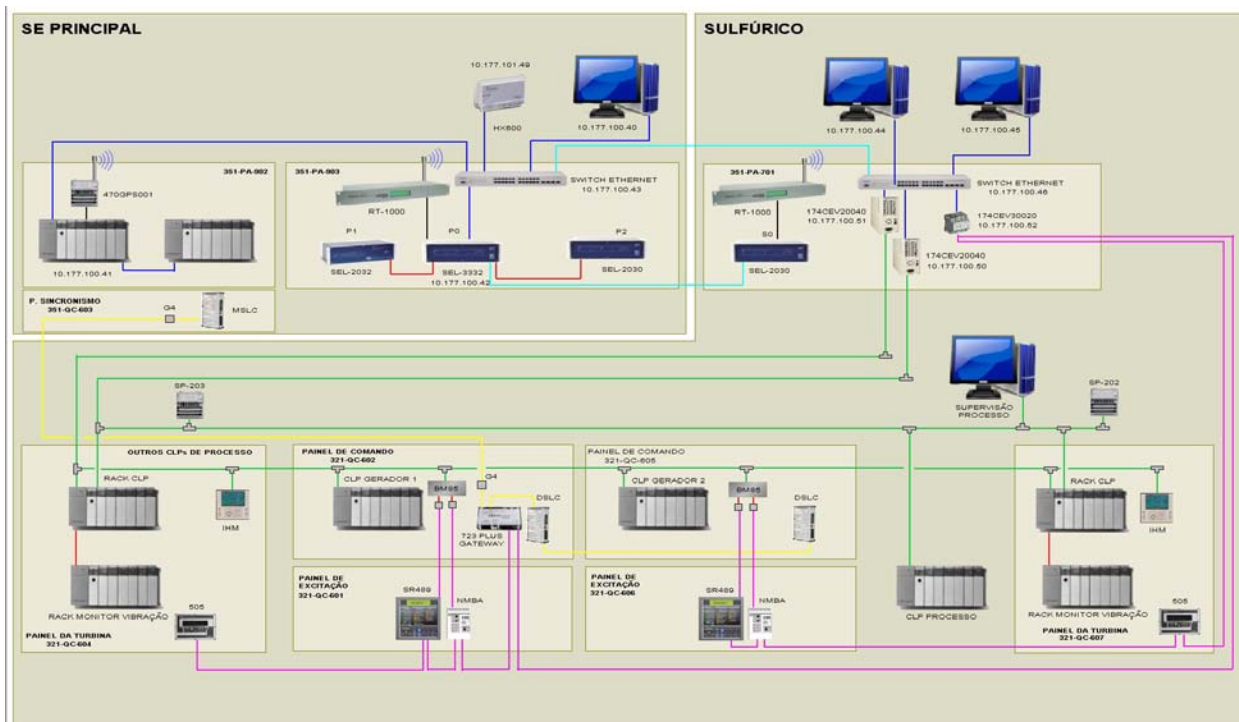


Figura 1. Configuração do sistema de controle e supervisão.

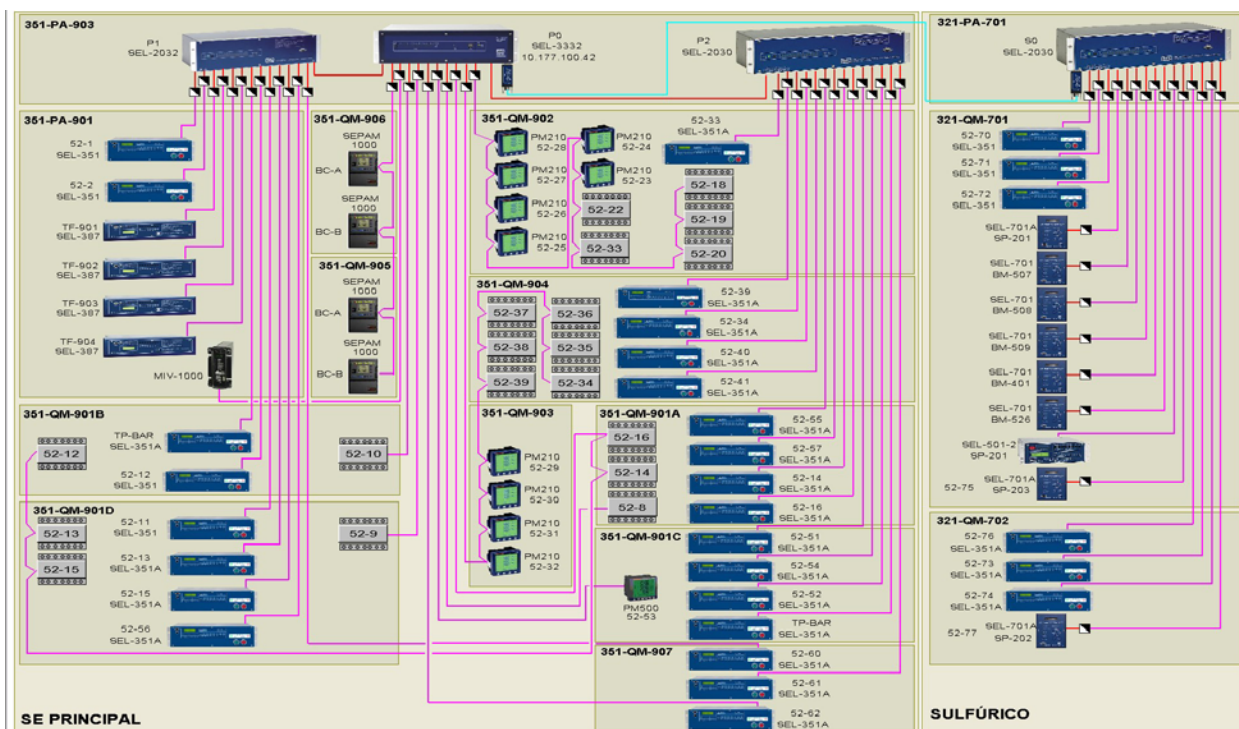


Figura 2. Configuração da rede.

4.1 Operacionalização do Sistema

A janela de rodapé ou, barra de navegação (Figura 3), é responsável pela transição de telas e também é uma das telas que sempre ficará em exibição. Basicamente existem duas telas principais, a Unifilar Geral, que detalha a localização dos disjuntores nas barras, e a tela de Controle de Carga, que possui todas as

informações necessárias para operação dos geradores. As demais telas são um detalhamento elétrico do que já é exibido na tela Unifilar Geral (Figura 4).



Figura 3. Barra de navegação.

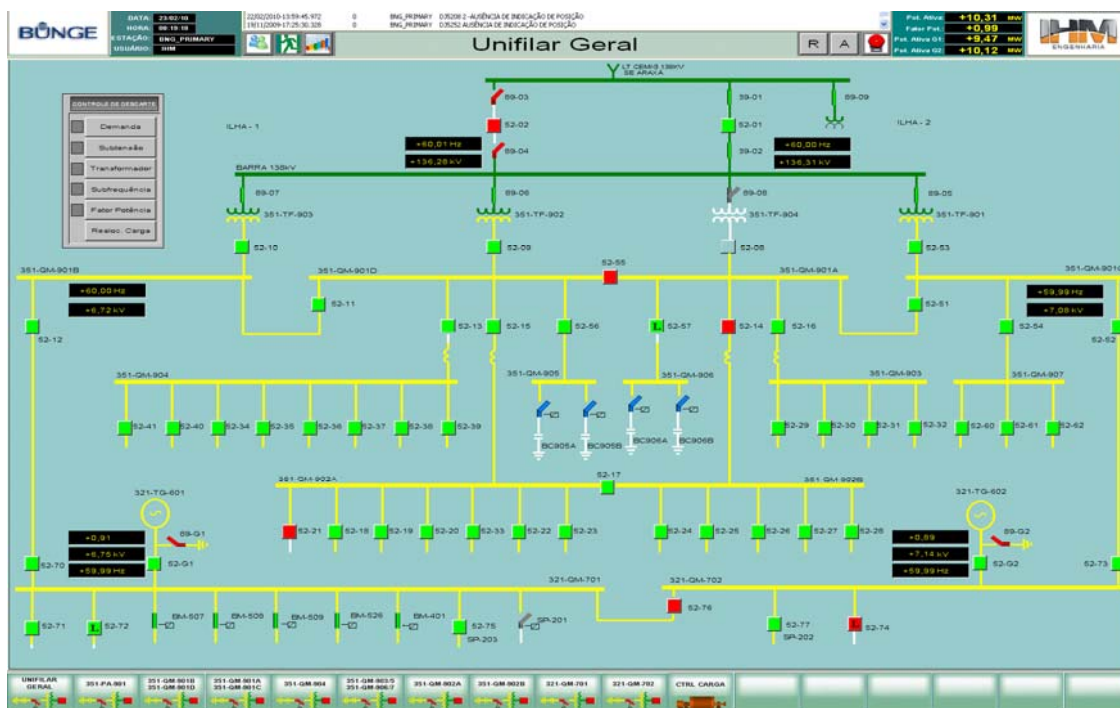


Figura 4. Unifilar Geral.

O sistema possui três tipos de representações para equipamentos:

- Disjuntor;
- Seccionadora; e
- banco capacitor.

4.2 Relés

Existem duas telas padrões para exibição de medições coletadas de relé. Neste caso, buscou-se atender a grande maioria dos relés com estas duas telas, por isso, caso um relé específico não possua uma das informações presentes na tela, esta informação estará zerada (Figura 5). Caso haja dúvida do operador da sala de controle quanto às medições, este deverá acionar um eletricista.



Figura 5. Telas para exibição de medições do relé.

4.3 Medidores

Para indicação das medições realizadas por medidor, foi criada uma tela apenas capaz de atender a todos os tipos de medidores, por isso, caso um medidor não possua uma das informações presentes na tela, o valor desta informação estará zerado (Figura 6). Caso haja dúvida do operador da sala de controle quanto às medições, este deverá acionar um eletricista.



Figura 6. Tela para exibição de medições realizadas por medidor.

4.4 Operação dos Geradores

O sistema desenvolvido permite a operação dos dois geradores da planta do Sulfúrico. A interface de operação é através da tela "CTRL Carga" (Controle de Carga) acessada através da barra de navegação (Figura 7).

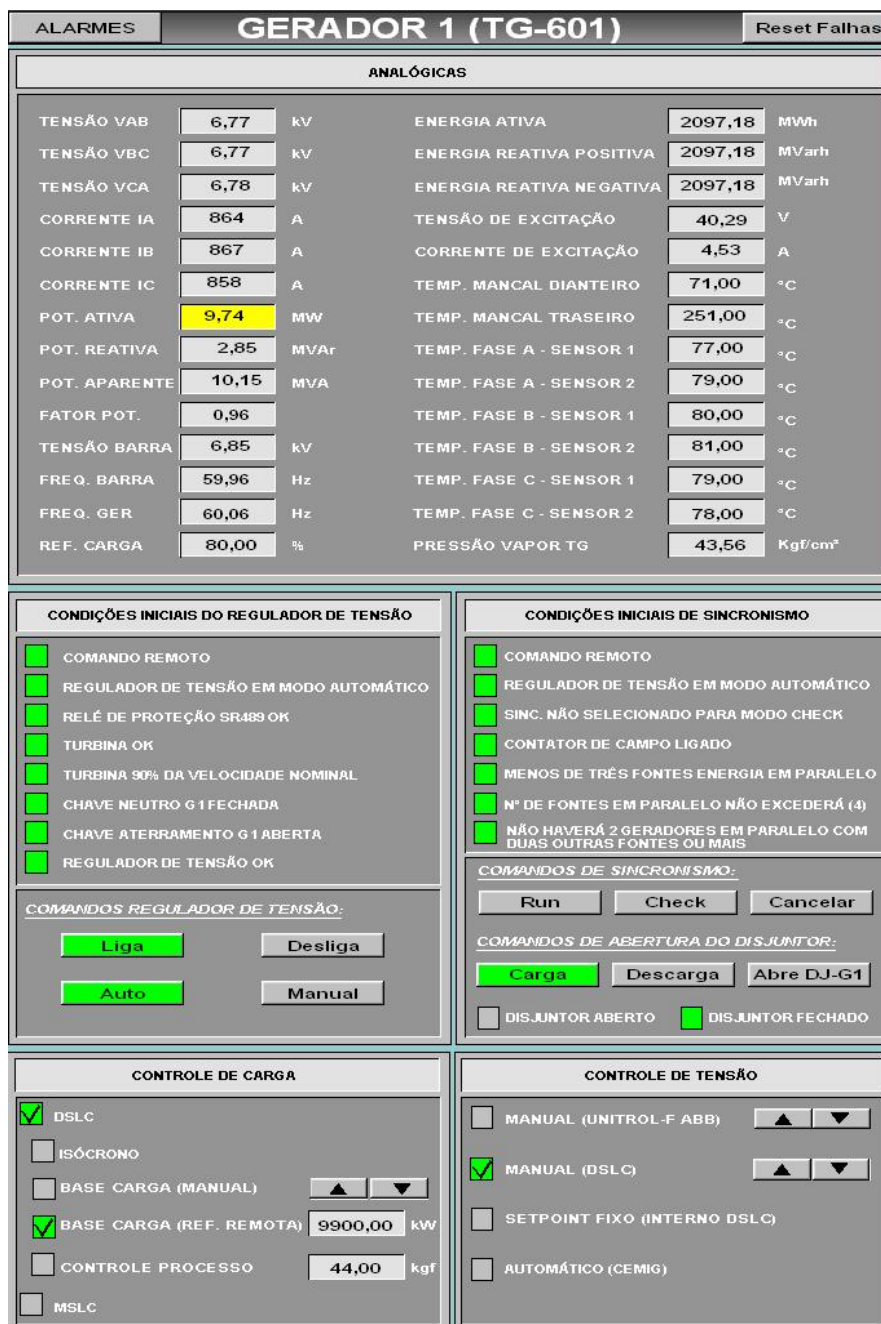


Figura 7. Tela de Controle de Carga.

Para facilitar à operação, os comandos e indicações foram divididos de maneira agrupada, desta forma foram criados os seguintes grupos:

- **Analógicas**

Todas as medições são lidas via rede MODBUS TCP. Para cada gerador existe um relé de proteção (SR489) e um DSLC que provêm informações. No grupo de analógicas dos geradores todas as informações são lidas do relé, exceto:

- lidas do DSLC: Tensão na barra, Freqüência da barra, Referência de carga; e
- lidas do CLP: Tensão de Excitação, Corrente de Excitação.

ANALÓGICAS					
TENSÃO VAB	6,77	kV	ENERGIA ATIVA	2097,18	MWh
TENSÃO VBC	6,77	kV	ENERGIA REATIVA POSITIVA	2097,18	MVarh
TENSÃO VCA	6,78	kV	ENERGIA REATIVA NEGATIVA	2097,18	MVarh
CORRENTE IA	864	A	TENSÃO DE EXCITAÇÃO	40,29	V
CORRENTE IB	867	A	CORRENTE DE EXCITAÇÃO	4,53	A
CORRENTE IC	858	A	TEMP. MANCAL DIANTEIRO	71,00	°C
POT. ATIVA	9,74	MW	TEMP. MANCAL TRASEIRO	251,00	°C
POT. REATIVA	2,85	MVar	TEMP. FASE A - SENSOR 1	77,00	°C
POT. APARENTE	10,15	MVA	TEMP. FASE A - SENSOR 2	79,00	°C
FATOR POT.	0,96		TEMP. FASE B - SENSOR 1	80,00	°C
TENSÃO BARRA	6,85	kV	TEMP. FASE B - SENSOR 2	81,00	°C
FREQ. BARRA	59,96	Hz	TEMP. FASE C - SENSOR 1	79,00	°C
FREQ. GER	60,06	Hz	TEMP. FASE C - SENSOR 2	78,00	°C
REF. CARGA	80,00	%	PRESSÃO VAPOR TG	43,56	Kgf/cm ²

Figura 8. Tela das analógicas.

- **Regulador de tensão**

As informações do regulador de tensão são divididas em duas partes conforme mostra a Figura 9.

CONDIÇÕES INICIAIS DO REGULADOR DE TENSÃO

- COMANDO REMOTO
- REGULADOR DE TENSÃO EM MODO AUTOMÁTICO
- RELÉ DE PROTEÇÃO SR489 OK
- TURBINA OK
- TURBINA 90% DA VELOCIDADE NOMINAL
- CHAVE NEUTRO G1 FECHADA
- CHAVE ATERRAMENTO G1 ABERTA
- REGULADOR DE TENSÃO OK

COMANDOS REGULADOR DE TENSÃO:

Figura 9. Informações do regulados e tensão.

- **Sincronismo**

As informações necessárias para o sincronismo do gerador são divididas em três partes conforme mostra a Figura 10.

CONDIÇÕES INICIAIS DE SINCRONISMO

- COMANDO REMOTO
- REGULADOR DE TENSÃO EM MODO AUTOMÁTICO
- SINC. NÃO SELECIONADO PARA MODO CHECK
- CONTATOR DE CAMPO LIGADO
- MENOS DE 4 FONTES DE ENERGIA EM PARALELO
- NÃO HAVERÁ 2 GERADORES EM PARALELO COM DUAS OUTRAS FONTES OU MAIS

COMANDOS DE SINCRONISMO:

COMANDOS DE ABERTURA DO DISJUNTOR:

DISJUNTOR ABERTO
 DISJUNTOR FECHADO

Figura 10. Informações do sincronismo do gerador.

- **Controle de Carga**

A seleção de controle de carga é feita pelo operador e define como será a geração de potência pelo gerador. Existem dois tipos principais de controle de geração de carga, o controle pelo DSLC e o controle pelo MSLC. Somente um dos dois tipos de controle pode estar selecionado (Figura 11).

Figura 11. Controle de carga.

- **Controle de Tensão**

A seleção do controle de tensão é feita pelo o operador, que deve selecionar um dos modos apresentados na Figura 12.

Figura 12. Controle de tensão.

- **MSLC**

O MSLC é um equipamento cuja função é controlar os DSLC com o objetivo de realizar sincronismo dos disjuntores DJ-08, DJ-09, DJ-10, DJ-12, DJ-52 e DJ-53. Por se tratar de um equipamento complexo, o MSLC não utiliza a janela padrão de comandos, ficando todas as informações diretamente na tela de controle de carga (Figura 13).

MSLC		Reset Falhas
MODO DE OPERAÇÃO		
<input type="checkbox"/> LOCAL (351-QC-803)	<input checked="" type="checkbox"/> REMOTO	
DEFEITOS		
INDICAÇÃO DE ALARME NO MSLC TEMPO EXCESSIVO DE SINCRONISMO (COMANDO RUN)		
INTERTRAVAMENTOS PARA RUN/CHECK		
<p>NENHUM DISJUNTOR SELECIONADO PARA SINCRONISMO MAIS DE UM DISJUNTOR SELECIONADO PARA SINCRONISMO LÓGICA DO MSLC COM DEFEITO (AGUARDANDO REARME) NENHUM DOS TP'S (351-QM-901B OU 901C) ESTÁ SELECIONADO DISJUNTOR SELECIONADO NÃO PODE SER SINCRONIZADO UM DSLC JÁ ESTÁ SENDO CONTROLADO PELO MSLC (RUN) - MSLC ESTÁ EM MODO CHECK (CHECK) - MSLC ESTÁ EM MODO RUN</p>		
SINCRONISMO		
COMANDOS DE SINCRONISMO:		
<input type="button" value="Run"/>	<input type="button" value="Check"/>	<input type="button" value="Cancelar"/>
SELEÇÃO:		
<input type="button" value="DJ-08"/>	<input type="button" value="DJ-09"/>	<input type="button" value="DJ-10"/>
<input type="button" value="DJ-12"/>	<input type="button" value="DJ-52"/>	<input type="button" value="DJ-53"/>
CONTROLE DE TENSÃO		
<input checked="" type="checkbox"/> MANUAL	<input type="checkbox"/> AUTOMÁTICO (CEMIG)	<input type="button" value="▲"/> <input type="button" value="▼"/>
SELEÇÃO PARA DESLIGAMENTO		
NA PERDA DE UM DOS RAMAIS, DESLIGA O GERADOR:		
<input type="button" value="Gerador 1"/>	<input checked="" type="button" value="Gerador 2"/>	

Figura 13. MSLC.

O MSLC pode operar em modo Local ou Remoto.

4.5 Controle de Carga

O sistema possui uma série de controles de carga que atuam de forma automática de acordo com uma seleção pré-configurada. Através da tela *Unifilar Geral*, é possível habilitar e desabilitar os controles, e ainda exibir a tela de detalhamento de cada controle como mostra a Figura 14.

CONTROLE DE DESCARTE	
<input type="checkbox"/>	Demanda
<input type="checkbox"/>	Subtensão
<input type="checkbox"/>	Transformador
<input type="checkbox"/>	Subfrequência
<input type="checkbox"/>	Fator Potência
<input type="checkbox"/>	Realoc. Carga

Figura 14. Controle de carga.

- **Controle de Demanda**

O objetivo do controle de demanda é realizar o descarte/desligamento de cargas, através da abertura de disjuntores na subestação principal, evitando com isso o pagamento de multas para a concessionária de energia (CEMIG) por ultrapassagem do valor contratado de demanda de potência (kW) no intervalo de 15 minutos. Para habilitar o controle basta selecionar, através de um clique, a caixa ao lado do botão “Demanda” na tela do *Unifilar Geral* conforme figura abaixo.

- **Controle de Subtensão**

O objetivo do controle de subtensão é realizar o descarte/desligamento de cargas, através da abertura de disjuntores na subestação principal, quando ocorrer o desligamento simultâneo dos dois geradores (TG-601 e TG-602), evitando assim que ocorra uma grande queda de tensão no sistema da Bunge.

- **Controle de Descarte por Sobrecarga nos Transformadores**

O objetivo do controle de descarte por sobrecarga nos transformadores é realizar o descarte/desligamento de cargas, através da abertura de disjuntores na subestação principal, quando ocorrer uma sobrecarga em qualquer um dos quatro transformadores de 138/6,9 kV. A potência máxima permitida para cada transformador é de 12,5 kW. Caso a potência instantânea de qualquer um dos transformadores ultrapasse o valor máximo permitido haverá o descarte/desligamento de disjuntor(es) que esteja(m) sendo alimentado(s) pelo transformador em sobrecarga, normalizando com isso a potência fornecida pelo mesmo. Apenas os disjuntores que estejam sendo alimentados pelo transformador em sobrecarga estarão passíveis de serem desligados, seguindo para isso a ordem de prioridade de desligamento previamente configurada.

- **Controle de Descarte por Subfrequência**

O objetivo do controle de descarte por subfrequência é realizar o descarte/desligamento de cargas, através da abertura de disjuntores na subestação principal, quando ocorrer uma indicação de subfrequência em um dos relés de controle de subfrequência (351-QM-901B e 351-QM-901C) ou quando ocorrer o desligamento de dois disjuntores de alimentação dos transformadores 138/6,9 kV da mesma ilha (DJ-10 e DJ-09 ou DJ-08 e DJ-53). Quando ocorre a subfrequência todas as cargas consideradas não prioritárias serão desligadas imediatamente, independente de qualquer seleção, modo de operação do PLC ou sistema supervisor. No caso do controle de subfrequência o PLC tem apenas a função de pré-selecionar, dentre as cargas consideradas prioritárias, quais serão desligadas e quais serão mantidas. O desligamento propriamente dito é realizado pelos relés de proteção das barras (351-QM-901B e 351-QM-901C). Para definição da pré-seleção são levados em conta as potências instantâneas dos geradores e o consumo das cargas consideradas prioritárias. Caso a soma das potências das cargas prioritárias seja maior que o valor gerado no TG-601 e TG-602 o PLC pré-selecionará quais cargas deverão ser desligadas quando ocorrer a subfrequência, levando-se em conta a ordem de prioridade de desligamento configurada pelo usuário.

- **Controle de Fator de Potência**

O objetivo do controle de fator de potência é realizar a correção do fator de potência recebido da concessionária de energia (CEMIG), mantendo-o dentro da faixa de 0,94 indutivo a 1,0. Quando o valor do fator de potência recebido da concessionária estiver fora da faixa normal de trabalho o algoritmo calculará o valor potência reativa (kVAr) que deverá ser inserida ou retirada do sistema e atuará em um dos pontos de controle possível. Quando o fator de potência geral da fábrica estiver fora da faixa de trabalho o PLC calculará qual é o valor da potência reativa que deverá ser adicionada ou retirada para retornar à faixa normal de trabalho. Caso o valor calculado seja menor que 1400 kVAr o sistema tentará atuar nos geradores, desde que os mesmos estejam em condições de fornecer ou retirar energia capacitiva de acordo com a atuação necessária. Caso o valor seja maior que 1400 kVAr o sistema atuará nos bancos de capacitores, desde que os mesmos estejam em condições de operar.

5 CRONOGRAMA

Em linhas gerais, o cronograma geral do projeto pode ser resumido da seguinte forma:

- desenvolvimento: 4 meses;
- implantação: 1 mês; e
- melhorias: 1 mês.

6 DESAFIOS E PRINCIPAIS RESULTADOS

Durante o desenvolvimento do projeto, podem-se destacar dois grandes desafios encontrados. O primeiro se refere a comunicação com os diversos tipos de relés (SEL, ABB, Schneider, GE, Multimidores), e equipamentos de processo dos geradores (MSLC e DSLC da Woodward, controle de excitação Unitrol F, relé de proteção do gerador SR-489). O segundo desafio se refere a elaboração das lógicas de descarte de cargas em função dos diversos cenários possíveis. Neste sentido, o planejamento prévio das atividades, a capacitação da equipe técnica e o apoio constante do pessoal de operação e manutenção da Bunge foram fundamentais.

Dentre os resultados alcançados, o projeto possibilitou uma melhor análise e estabilidade de todo o sistema elétrico, concentrando-o em um só sistema de supervisão. Por consequência, tanto a equipe de operação e manutenção elétrica passa a contar com uma série de novas ferramentas, que garantem um alto nível de mobilidade, flexibilidade e eficiência da planta.