

**Universidade Federal do Maranhão – UFMA**  
**Instituto de Energia Elétrica - IEE**

**Termo de Referência para aquisição de um sistema de geração a diesel para instalação na Base Aérea de Anápolis - BAAN**

Dezembro de 2023

## Sumário

<b><i>Siglas e Abreviaturas</i></b> .....	<b>2</b>
<b>1</b> <b><i>Objetivo</i></b> .....	<b>3</b>
<b>2</b> <b><i>Descritivo de como o sistema de geração a diesel deve funcionar</i></b> .....	<b>3</b>
2.1 <b>Modo 1 – operação em paralelismo permanente com a rede</b> .....	<b>3</b>
2.2 <b>Modo 2 – operação em paralelismo momentâneo com transferência em rampa</b> .....	<b>4</b>
2.3 <b>Modo 3 – operação com falta da rede</b> .....	<b>4</b>
<b>3</b> <b><i>Escopo geral de fornecimento</i></b> .....	<b>5</b>
<b>4</b> <b><i>Especificação dos componentes do sistema de geração a diesel</i></b> .....	<b>7</b>
4.1 <b>Especificações mínimas do motor a diesel de cada unidade geradora</b> .....	<b>7</b>
4.2 <b>Baterias do sistema de arranque dos motores</b> .....	<b>7</b>
4.3 <b>Sistema de carregador automático de baterias</b> .....	<b>8</b>
4.4 <b>Especificações do alternador de cada unidade geradora</b> .....	<b>8</b>
4.5 <b>Especificações do sistema de força do sistema de geração a diesel</b> .....	<b>8</b>
4.5.1 <b>Especificações do sistema de força de cada gerador a diesel</b> .....	<b>8</b>
4.5.2 <b>Especificações do Quadro de Transferência Automática</b> .....	<b>9</b>
4.6 <b>Sistema de comando, monitoramento e proteção dos GMGs</b> .....	<b>10</b>
4.6.1 <b>Grandezas a serem monitoradas</b> .....	<b>10</b>
4.6.2 <b>Ações de controle e proteção com relação às unidades geradoras</b> .....	<b>11</b>
4.6.3 <b>Ações de controle e proteção com relação à operação em paralelo com a rede local</b> .....	<b>12</b>
4.6.4 <b>Entradas e saídas analógicas e digitais</b> .....	<b>12</b>
4.7 <b>Recursos de comunicação do sistema de controle da geração a diesel</b> .....	<b>13</b>
4.8 <b>Especificações complementares</b> .....	<b>14</b>
<b>5</b> <b><i>Local onde será instalado o conjunto de grupos de geradores a diesel</i></b> .....	<b>15</b>
<b>6</b> <b><i>Garantia</i></b> .....	<b>15</b>
<b>7</b> <b><i>Apresentação da proposta</i></b> .....	<b>16</b>

## **Siglas e Abreviaturas**

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica;

AVR – Regulador Automático de Tensão (*AVR - Automatic Voltage Regulator*);

BT – Baixa Tensão;

BAAN – Base aérea de Anápolis;

REIBAAN – Rede elétrica inteligente com fontes de energia renováveis, a ser instalada em uma área com cargas críticas e estratégicas dentro do Base Aérea de Anápolis – GO.

BESS – Sistema de Armazenamento de Energia em Baterias (*Battery Energy Storage System*);

EMS – Sistema de gerenciamento de energia (*Energy Management System*);

EQTL – Equatorial Energia;

GMG – Grupo Motor-Gerador a Diesel;

*IEC - International Electrotechnical Commission;*

*IEE/UFMA – Instituto de Energia Elétrica da UFMA;*

IHM – Interface Homem Máquina;

ISO - Organização Internacional de Normalização (*International Organization for Standardization*),

MT – Média Tensão;

NBR – Norma Brasileira;

PMG – Gerador a Imã Permanente (*Permanent Magnet Generator*);

QTA – Quadro de Transferência Automática;

SE – Subestação;

TR – Termo de Referência;

UFMA – Universidade Federal do Maranhão

## 1 Objetivo

O objetivo deste Termo de Referência é a contratação de empresa para fornecimento de um sistema de geração a diesel para instalação na Base Aérea de Anápolis (BAAN), dentro do escopo de um projeto de P&D de uma microrrede denominada REIBAAN, que está sendo desenvolvido pelo IEE/UFMA, com financiamento da Equatorial Energia/ANEEL.

O presente documento apresenta as especificações mínimas necessárias à aquisição do sistema de geração a diesel supracitado, facilitando à proponente o entendimento dos requisitos necessários para a apresentação correta de propostas técnico-comerciais a serem avaliadas pela equipe do IEE/UFMA.

## 2 Descritivo de como o sistema de geração a diesel deve funcionar

O modo de funcionamento do sistema de geração a diesel depende do estado da rede elétrica local, ou seja, se energizada ou não, definindo, assim, pelo menos 3 modos de funcionamento possíveis:

1. Modo 1 – a rede está presente e os Grupos Motor-Gerador (GMGs) são despachados para operarem em paralelismo permanente com ela;
2. Modo 2 – a rede está presente e os GMGs são despachados para operarem em separado dela;
3. Modo 3 – a rede está desenergizada e os GMGs são automaticamente acionados para suprimento das cargas.

### 2.1 Modo 1 – operação em paralelismo permanente com a rede

Nesse modo de funcionamento, o Sistema de Gerenciamento de Energia (EMS), se necessário, poderá comandar individualmente a partida dos GMGs para fazerem *peak shaving* ou arbitragem de energia. Neste cenário, os GMGs que forem usados/despachados pelo EMS serão conectados em paralelo com a rede e operarão em base de carga (*base load*).

O termo rede, neste caso, se refere ao barramento de 13,8 kV, imediatamente a montante do disjuntor de rede do Quadro de Transferência Automática (QTA) do sistema de geração a diesel, podendo esse barramento ser energizado pelo sistema da Equatorial Energia (EQTL) ou pela rede formada pelo Sistema de Armazenamento de Energia em Baterias (BESS) da microrrede.

#### **Importante:**

- ✓ Os valores de potência ativa a serem injetados na rede e de potência reativa a injetar ou absorver da rede por cada gerador serão ajustados pelo EMS, que definirá os *set points* a serem dinamicamente fornecidos aos controladores dos GMGs, através de protocolo/rede de comunicação MODBUS TCP/IP. Também deve ser prevista uma forma alternativa de ajuste através de entradas analógicas dedicadas;
- ✓ Os sistemas de controles dos Grupos Motor-Gerador (GMGs) devem permitir ao EMS decidir, através de entradas digitais configuráveis para esse fim, quantos e quais GMGs devem operar ao

mesmo tempo, ou seja, se somente 1 gerador, 2, 3 ou 4 GMGs devem funcionar simultaneamente;

- ✓ Na situação em que os GMGs estiverem operando em paralelo com a rede, caso a rede seja desligada, o comando de operação em *base load* deve ser desativado e os GMGs devem instantaneamente migrarem do modo *base load* para o modo *load sharing* (operação sob demanda de carga), assumindo o suprimento das cargas. Com o retorno da rede, os GMGs devem ser ressinchronizados com ela, transferirem a carga em rampa para a mesma e se desligarem.
- ✓ A detecção de perda de rede (rede desligada), mencionada no item anterior, deverá ser feita pelo sistema de comando e controle do QTA dos GMGs, que deverá dispor de meios adequados para detecção de ilhamento, ou por meio de relé externo, que disponha da função ANSI 78 (Relé de salto vetorial/Medicação de ângulo de Fase), devendo esse relé atuar sobre o disjuntor de rede do QTA, desconectando os GMGs da rede à qual eles estavam operando em paralelo em caso de perda desta. O fornecimento do relé com a função 78, se necessário, faz parte do escopo de fornecimento deste Termo de Referência (TR).

## **2.2 Modo 2 – operação em paralelismo momentâneo com transferência em rampa**

Nesse modo de funcionamento, o EMS, se necessário, poderá comandar a partida dos GMGs a diesel para operação em separado da rede.

Neste cenário, os GMGs são acionados e conectados em paralelo com a rede, a carga é transferida em rampa da rede para os GMGs para, em seguida, o disjuntor do circuito da rede ser aberto.

Quando se desejar retornar a carga para a rede, o EMS deve enviar um comando para os controles do sistema de geração, informando que essa operação é necessária. Os GMGs são ressinchronizados com a rede, transferem a carga em rampa para ela e, em seguida, são desligados.

### **Importante:**

- ✓ Os sistemas de controles dos GMGs devem permitir ao EMS decidir quantos e quais GMGs devem operar ao mesmo tempo, ou seja, se somente 1 GMG, 2, 3 ou 4 GMGs devem funcionar simultaneamente.
- ✓ Se durante a transferência em rampa a rede for perdida (rede desligada), o sistema comando e controle do QTA dos GMGs deverá detectar o ilhamento e desconectar os GMGs da rede. Conforme já mencionado, isso também pode ser feito utilizando-se relé externo ao módulo de controle do QTA, que disponha da função ANSI 78 (Relé de salto vetorial/Medicação de ângulo de Fase).

## **2.3 Modo 3 – operação com falta da rede**

Esse é o cenário no qual os GMGs devem operar como fontes de *backup* para suprimento das cargas. Com a perda da rede, os GMGs que estiverem habilitados pelo EMS para operar, devem partir, serem sincronizados entre si e alimentarem as cargas.

### **Importante:**

- ✓ O sistema de controle dos GMGs deve ser capaz de decidir, com base na demanda da carga, quantos e quais GMGs devem funcionar ao mesmo tempo, ou seja, se somente 1 GMG, 2, 3 ou 4 GMGs devem ser habilitados para funcionarem simultaneamente. Além disso, o sistema de controle dos GMGs deve permitir que essa função, a critério do operador da microrrede, possa ser desabilitada no QTA pelo EMS, passando ela a ser realizada pelo próprio EMS;
- ✓ Com o retorno da rede, os GMGs devem ser ressinchronizados com ela, transferirem em rampa a carga para a mesma e se desligarem.

### 3 Escopo geral de fornecimento

O escopo de fornecimento deste termo de referência compreende:

- I. Fornecimento de 4 (quatro) unidades de GMGs, de mesmo modelo, cada unidade geradora com as seguintes especificações técnicas básicas:
  - ✓ Potência elétrica nominal de saída de 625 kkkkkk/500 kkkk na classificação regime *Standby* e 569 kkkkkk/455 kkkk na classificação *prime*, de acordo com as normas ISO3046 e ISO8528;
  - ✓ Tensão de saída de 440 V entre fase-fase e 254 V entre fase e neutro, e frequência de 60 Hz;
  - ✓ Montagem mecânica do conjunto motor + gerador em base metálica, sem carenagem para instalação abrigada em sala de alvenaria já existente e já provida de sistema de atenuação de ruído;
  - ✓ Quadro de comando e controle geminado à base de montagem, com disjuntor motorizado, de corrente nominal compatível com a potência da unidade geradora e respectivos módulos de controle.
- II. Fornecimento de 4 (quatro) transformadores trifásicos, isolamento seco, classe de tensão 15 kV, potência nominal 750 kVA, tensão no primário 13,8 kV, tensão no secundário 440 V, conexão triângulo-estrela, com defasamento Dyn1, devendo o fornecimento contemplar rodízios e relé de monitoração e proteção contra sobretensão em cada transformador;
- III. Fornecimento de um quadro de transferência automática em média tensão (13,8 kV) para conexão do sistema de geração a diesel com a rede, com controlador com 2 disjuntores motorizados, a vácuo ou a SF6, de correntes nominais iguais a 630 A, compatíveis com a capacidade de geração dos 4 GMGs em paralelo ( $aaaaé 4 \times 625 kkkkkk = 2500 kkkkkk$ ); 2 relés de proteção multifunção para os 2 disjuntores de média tensão, devendo os 2 relés terem como referência pelo menos o modelo SEPAM S42 da Scheneider, ou similar, desde que disponham no mínimo das mesmas funções de proteção ANSI do modelo de referência; TCs e TPs necessários à implementação das funções de proteção do sistema de geração; modulo de controle e gerenciamento do QTA; relé de salto vetorial (função 78), se necessário;
- IV. Duas portas de comunicação Ethernet, disponibilizadas no QTA, para conexão de dois LINK's de comunicação MODBUS TCP/IP. As duas portas deverão estar ativas e configuradas para operação com uma principal e uma em Stand-by, sendo a comutação entre elas realizada de forma automática, no evento de falha da porta principal. Caso não haja disponibilidade das portas Ethernet, na configuração acima descrita, no projeto padrão do QTA, será admitida a instalação

de dois gateways MODBUS TCP/IP, um principal e um Stand-by, que possibilite a integração do QTA à rede de dados do EMS, a partir de uma conexão MODBUS TCP/IP. Também será admitida que a seleção dos gateways possa ser realizada a partir de sinais digitais gerados definidos pelo EMS e gerados por módulos digitais de CLP;

- V. Fornecimento de software e/ou permissão de acesso em sua plataforma a aplicativo necessário à configuração/parametrização das unidades geradoras do sistema de geração a diesel que está sendo ofertado;
- VI. Fornecimento de tanque de combustível metálico, cilíndrico, para instalação horizontal, para armazenamento de óleo diesel, capacidade de 5000 (cinco mil) litros, com bacia de contenção, com pelo menos os seguintes acessórios:
  - a. Vir preparado para se fazer as conexões de interligação entre o tanque externo e cada grupo gerador;
  - b. Certificado de estanqueidade;
  - c. Respiro do tanque;
  - d. Bocal de abastecimento do tanque pela parte superior;
  - e. Transmissor de nível;
  - f. Régua graduada e visor de nível;
  - g. Alça de içamento.
- VII. Toda documentação técnica necessária à instalação, operação e manutenção do sistema de geração a diesel;

O fornecimento de cada unidade geradora deve contemplar, pelo menos, o seguinte:

- ✓ O sistema completo de potência (motor, alternador síncrono e sistema de força/disjuntor de saída);
- ✓ Sistema de comando e controle de unidade geradora;
- ✓ Regulador eletrônico de velocidade;
- ✓ Regulador de tensão tipo PMG (regulador com base em excitatriz auxiliar a imã permanente)
- ✓ Base metálica com tanque de combustível integrado de pelo menos 550 litros, integrado à base de montagem e projetado para atender a norma NBR 16684-1/2 e requisitos da NR20;
- ✓ O tanque de combustível da base metálica deve permitir abastecimento por gravidade, a partir de reservatório externo do usuário, com controle por válvula solenoide e proteção contra pane seca por boia magnética;
- ✓ Torneira boia, válvula solenoide e boia magnética para o controle do abastecimento do tanque de base de cada unidade geradora;
- ✓ Duas baterias para partida do motor a diesel e alimentação dos equipamentos de controle, com capacidade de pelo menos 150 Ah cada e tensão nominal de 24 V;
- ✓ Sistema redundante de carregamento automático de baterias, alimentado pela tensão da rede, para uso quando a unidade geradora estiver parada;
- ✓ Sistema de pré-aquecimento do líquido de arrefecimento do motor a diesel;

- ✓ Silencioso tipo hospitalar;
- ✓ Módulo/interface de comunicação do sistema de controle do gerador com sistema de gerenciamento externo da microrrede (EMS da REIBAAN).

## **4 Especificação dos componentes do sistema de geração a diesel**

As especificações a seguir estabelecem os requisitos técnicos, não limitados a estes, a serem seguidos pelas empresas interessadas para a elaboração de propostas técnico-comerciais para fornecimento do sistema de geração a diesel a ser instalado na REIBAAN:

### **4.1 Especificações mínimas do motor a diesel de cada unidade geradora**

- I. Deve ter potência mecânica de saída de pelo menos 563 kWm em classificação *standby*;
- II. Possuir injeção eletrônica de combustível, 6 cilindros em linha, turbo comprimido, com regulador eletrônico automático de velocidade, com níveis de emissão compatíveis com a norma americana *Tier3*;
- III. Velocidade nominal de 1800 rpm;
- IV. Sistema de refrigeração por radiador, ventilador e bomba centrífuga;
- V. Ter sistema de pré-aquecimento através de resistência elétrica intercalada no sistema de refrigeração;
- VI. Sistema de partida/arranque com baterias, com capacidade mínima de 150 Ah cada e tensão do sistema de partida de 24 VCC, de acordo com as especificações e necessidades do equipamento ofertado;
- VII. Dispor de pelo menos os sensores para proteção contra superaquecimento do líquido de arrefecimento e baixa pressão do óleo de lubrificação do motor;
- VIII. Dispor de alternador para alimentação do sistema de carregamento das baterias do sistema de partida do motor, quando o gerador estiver em operação.

### **4.2 Baterias do sistema de arranque dos motores**

Deve ser fornecido, por cada unidade de geração, duas baterias que resulte em capacidade mínima de 150 Ah, com tensão nominal do conjunto igual de 24 V, ou com especificações de acordo com as especificidades do equipamento ofertado, para alimentar o sistema de partida do motor e os módulos de controle, monitoramento e comando.

### 4.3 Sistema de carregador automático de baterias

Cada gerador deve possuir sistema de carregamento de baterias de 24 V (corrente compatível com a capacidade em Ah da bateria), acionado pelo respectivo motor a diesel. Além disso, cada unidade geradora deve ser provida de sistema redundante de carregamento de bateria alimentado por fonte externa em corrente alternada.

### 4.4 Especificações do alternador de cada unidade geradora

- I. Deve ser do tipo síncrono, trifásico, de 4 polos, campo rotativo, enrolamento do estator conectado em estrela com neutro acessível, tensão nominal 440 V/ 254 V, frequência nominal de 60 Hz, 1800 RPM;
- II. Potência elétrica nominal de saída de, pelo menos, 625 kkkkkk/500 kkkk em regime *Standby* e 569 kkkkkk/455 kkkk em regime *Prime*, fator de potência nominal 0,8 indutivo;
- III. Classe de isolamento H, conforme NEMA -1.65, grau de proteção IP23, fechamento em estrela com neutro acessível, passo de 2/3;
- IV. Arrefecimento por ventilador centrífugo de acionamento direto (montado no próprio eixo), elevação de temperatura para regime *Standby* 150° / 40° C;
- V. **Sistema de excitação sem escovas (*Brushless*) com excitatriz piloto separado do tipo a ímã permanente (PMG) e regulador eletrônico de tensão com variação de até  $\pm 1\%$ ;**
- VI. Acoplamento com o motor do tipo monobloco, através de disco de aço flexível.

### 4.5 Especificações do sistema de força do sistema de geração a diesel

#### 4.5.1 Especificações do sistema de força de cada gerador a diesel

Cada unidade de geração deverá ter um disjuntor tripolar motorizado, em caixa moldada, montado junto ao alternador do grupo gerador (em quadro geminado com a base de sustentação), corrente nominal 1000 A. Esse disjuntor será usado para controlar o paralelismo de cada gerador com os demais grupos GMGs.

Observações:

- I. Os quadros (painéis) devem ter certificação TTA e compartimentação 2B, de acordo com as normas NBR 5410, NBR IEC 60439 e NBR IEC 61439.
- II. Os painéis devem ser montados com disjuntores motorizados, de fabricantes consolidados no mercado nacional, tais como Schneider, SIEMENS ou ABB, **não sendo, em hipótese alguma, aceita combinação de disjuntor fixo (caixa moldada) mais contator em substituição do disjuntor controlado.**
- III. Os disjuntores devem atender à norma IEC 60947-2.

#### 4.5.2 Especificações do Quadro de Transferência Automática

Deverá haver um quadro para interligação do sistema de geração a diesel com a rede. Esse quadro deverá permitir a operação dos quatro GMGs sendo despachados de acordo com a necessidade da demanda, em paralelo com a rede ou separados desta. As especificações mínimas desse quadro são as seguintes:

- I. Painel elétrico para transferência automática em média tensão, autoportante, com 3 colunas de média tensão (rede, GMGs e carga), com 04 colunas adicionais em baixa tensão (440 V), cada uma com chave seccionadora de baixa tensão para interligação do disjuntor do respectivo gerador com o primário de um transformador de elevação de 750 kVA, 440 V/13.8 kV (ynD1)<sup>1</sup>;
- II. O painel do QTA deve ter certificação com base nas normas ABNT NBR IEC 60694 / 62271-200 / 62771-100 / 62771-102 e IEC 60265 / 60044 / 61000-4-2/3/4;
- III. Com grau de proteção IP30, pintura na cor RAL7032;
- IV. Ter capacidade para se conectar a 4 GMGs com potência de 625 kVA cada, na tensão 440 V, nas 4 colunas de baixa tensão; com entrada e saída de cabos pela parte inferior;
- V. As colunas de média tensão devem ter barramentos de cobre nu de 630 A, TCs, TPs para medição e proteção elétrica; 2 relés multifunção modelo SEPAM S42 da Schneider ou similar, desde que possua no mínimo as funções de proteção ANSI do relé de referência, sendo 1 associado ao disjuntor de rede e outro associado ao disjuntor dos GMGs; dois (02) disjuntores em de média tensão (1 para o lado da rede e 1 para o lado dos GMGs) com extinção a vácuo, desconectáveis (extraíveis), corrente nominal 630 A, controlados pelo módulo de gerenciamento e controle do QTA;
- VI. Os 2 relés mencionados no item V atuam com comandos de trip sobre os disjuntores do lado da rede e do lado dos GMGs, em caso de contingências no sistema (curtos-circuitos, sub e sobretensões, etc.)<sup>2</sup>.
- VII. As entradas e saída de cabos nas 3 colunas de média tensão deve ser pela parte inferior dos painéis;
- VIII. Considerando que o sistema de média tensão, quando desconectado da rede da Equatorial e suprido pelos geradores, formará um sistema não aterrado, e que para esses sistema, no caso de uma primeira falta à terra, os equipamentos conectados entre fase-terra e que estejam conectados às fases não envolvidas na falta ficam durante a falta submetidos à tensão de linha do sistema (13,8 kV), os transformadores de potencial (TPs) eventualmente existentes no QTA devem ser do Grupo 1 de ligação, com tensão primária nominal de 13,8 kV;
- IX. Pelas mesmas razões do item VIII acima, os para-raios eventualmente existentes no QTA deverão ser de tensão nominal ( $U_r$ ) igual 18 kV e tensão de operação contínua (MCOV ou  $U_c$ ) igual a 15,3 kV;
- X. Se eventualmente algum outro equipamento de média tensão no QTA, que não sejam TPs e/ou para-raios, tiver que ser conectado entre fase e terra, o fornecedor deverá levar em consideração

---

<sup>1</sup> O paralelismo dos 4 geradores é feito em barramento de 13.8 kV, externo ao QTA, ao qual são interligados os terminais de media tensão de cada transformador de 750 kVA, 440 V/ 13.8 kV, de cada unidade geradora.

<sup>2</sup> Os ajustes relativos às funções de proteção implementadas nesses relés não são escopo deste TR.

o item VIII desta seção e considerar que esses equipamentos terão que ser capazes de suporta tensões de pelo menos 13,8 kV.

#### 4.6 Sistema de comando, monitoramento e proteção dos GMGs

O sistema de monitoramento, controle e proteção dos GMGs pode ser concentrado em uma única solução de hardware e/ou separada por cada unidade geradora. Esse sistema deve permitir a supervisão de partida, de funcionamento, de paralelismo e de parada de cada unidade geradora. Deve possuir também uma ou mais interface homem-máquina (IHM) que permitam o monitoramento de grandezas de operação e a configuração dos parâmetros operacionais das unidades individuais dos GMGs e do sistema de geração como um todo.

Fundamentalmente, em termos macro, o sistema de controle da geração a diesel deve permitir o seguinte:

- I. Operação das 4 unidades geradoras de forma isolada uma a uma ou em paralelo entre si, mas isoladas da rede, configuradas para divisão de carga (*load sharing*), em modo isócrono ou em *droop*, com o número de GMGs operando simultaneamente definido pelo usuário;
- II. Operação do sistema de geração em paralelo com a rede da concessionária, com operação em base de carga (*base-load*), com a quantidade de GMGs despachados de acordo com as necessidades do usuário;
- III. O sistema de controle deve permitir ao operador selecionar quantas e quais unidades geradoras devem operar ao mesmo tempo, quando operando em paralelo com a rede ou quando operarem em separado dela;
- IV. O sistema e controle da usina geradora a diesel deverá disponibilizar meios, sejam entradas digitais ou outras formas de configuração automática, de modo que o usuário possa despachar os GMGs que devam operar simultaneamente, tanto na operação com a rede presente, quanto com a rede desenergizada;
- V. Proteção do motor e do alternador de cada unidade geradora;
- VI. Comunicação com o EMS da REIBAAN, com a finalidade de:
  - ✓ Receber comandos remoto de partidas e paradas das unidades geradoras;
  - ✓ Receber *set points* para configuração/alteração remota de parâmetros e de modos de operação das unidades geradoras;
  - ✓ Receber *set points* com os valores de potência ativa e reativa a serem geradas pelas unidades geradoras quando em operação em base de carga (paralelas com a rede);
  - ✓ Monitoramento da operação das unidades geradoras.

##### 4.6.1 Grandezas a serem monitoradas

O sistema deve permitir o monitoramento das seguintes grandezas de cada unidade do sistema de geração a diesel, não limitadas a:

- I. Tensões entre fases e entre fase e neutro de cada unidade geradora;

- II. Correntes de linha de cada unidade geradora ;
- III. Potências totais e por fase (kW, kVAR e kVA) de cada unidade geradora;
- IV. Fator de potência de cada unidade geradora;
- V. Frequência de cada unidade geradora;
- VI. Tensões das baterias do sistema de partida de cada motor de cada unidade de geração;
- VII. Pressão do óleo do motor de cada unidade geradora;
- VIII. Velocidade de cada motor;
- IX. Temperatura do motor de cada unidade geradora;
- X. Horas de funcionamento de cada unidade geradora;
- XI. Número de partidas;
- XII. Alarme de temperatura do líquido do sistema de arrefecimento de cada motor;
- XIII. Alarme de baixa tensão e deficiência de carga das baterias de cada motor;
- XIV. Alarme de baixa pressão e alta temperatura do óleo de cada motor;
- XV. Alarme de sobrecarga e sobre velocidade de cada motor;
- XVI. Alarme de falha de partida de cada unidade geradora;
- XVII. Alarme de variação de tensão e frequência no alternador de cada unidade geradora;
- XVIII. Alarme de curto-circuito no alternador de cada unidade geradora;
- XIX. Alarme de potência reversa no gerador de cada unidade geradora;
- XX. Estado (nível) de combustível do sistema de abastecimento de cada unidade geradora.

#### **4.6.2 Ações de controle e proteção com relação às unidades geradoras**

O sistema deve poder executar ações de controle e proteção dos GMGs a diesel, com características mínimas conforme elencado nos itens seguintes, não se limitando a estes:

- I. Controle, local e remoto, de todo o processo de partida e parada dos motores a diesel;
- II. Deve possibilitar a integração do sistema de geração a diesel ao EMS da microrrede, de forma a executar as estratégias de controle necessárias;
- III. Medição de grandezas de interesse dos motores como tensão das baterias, temperaturas, pressões do óleo e rotação dos motores para fins de proteção;
- IV. Proteção dos motores contra sobre velocidade, pressão baixa do óleo lubrificante, alta temperatura dos motores, baixa ou alta tensão da bateria, falhas de partida, etc.;
- V. Proteção dos alternadores/GMGs contra sub e sobretensão, sub e sobre frequência, sobrecorrentes, etc.;
- VI. Regulação da tensão e frequência de saída de cada gerador;
- VII. Gerenciar a interligação do sistema de geração com a rede comercial;

- VIII. O módulo de controle de cada unidade geradora deve ter incorporada a curva de suportabilidade térmica do respectivo alternador e, com isso, proporcionar uma proteção mais efetiva do equipamento contra sobreaquecimento do que aquela proporcionada por um disjuntor e relés de sobrecorrente.
- IX. Fundamentalmente, o sistema de comando e controle do sistema de geração a diesel deve contemplar todos os componentes necessários ao seu funcionamento, permitindo partidas e paradas elétricas comandadas remotamente, bem como a inserção de *set points* de potência ativa e reativa e de outras grandezas operacionais, de acordo com as estratégias de controle da REIBAAN incorporadas ao EMS.

#### **4.6.3 Ações de controle e proteção com relação à operação em paralelo com a rede local**

No tocante a interligação com a rede, o sistema de comando, monitoramento e proteção do sistema de geração a diesel deve monitorar a rede comercial e controlar os disjuntores de transferência entre o sistema de geração a diesel e a rede da concessionária. Neste caso, o controlador deve ser capaz de implementar os seguintes funcionamentos/proteção, não se limitando a estes:

- I. Transferência rede-sistemas de geração a diesel e vice-versa sem interrupção de fornecimento de energia às cargas (transferência fechada);
- II. Transferência com sincronismo em degrau de carga (sem rampa);
- III. Transferência com sincronismo em rampa de carga (transferência em rampa);
- IV. Operação com paralelismo permanente com a rede em base de carga;
- V. Permitir ao EMS selecionar de forma remota e dinâmica quais os GMGs devem ser despachados para operar;
- VI. Proteção contra sobretensão e subtensão;
- VII. Proteção contra perda de fase;
- VIII. Proteção contra potência reversa (motorização do gerador);
- IX. Check de sincronismo;
- X. Sensor de sequência de fase;
- XI. Proteções contra sobrecorrentes (funções ANSI 50 e 51).
- XII. Detecção de perda da rede quando os GMGs estiverem em paralelo com esta, podendo essa função ser desempenhada pelo módulo controle e gerenciamento do QTA ou por relé independente que disponha da função 78 ANSI (Salto vetorial/Medição de ângulo de fase).

#### **4.6.4 Entradas e saídas analógicas e digitais**

O sistema de controle completo dos GMGs deve disponibilizar as seguintes entradas e saídas, não limitadas a estas, para uso do operador:

- I. 1 entrada analógica de 0 a 5 VCC ou 4 a 20 mA para *set point* da potência ativa a ser gerada por cada unidade geradora em modo *base load*;
- II. 1 entrada analógica de 0 a 5 VCC ou 4 a 20 mA para *set point* da potência reativa a ser gerada ou absorvida por cada gerador em modo *base load*;
- III. 1 entrada digital para comando de partida/parada remota de cada gerador;
- IV. 1 entrada digital para selecionar, se necessário, o modo de operação de cada gerador (se em paralelo ou separado da rede);
- V. 1 entrada digital por cada unidade geradora, para proteção contra pane seca (falta de combustível);
- VI. 1 entrada digital por cada unidade geradora, para proteção contra sobretensão do respectivo transformador de 750 kVA (sinal oriundo do relé térmico do transformador do gerador); com base no estado dessa entrada digital o sistema de controle dos GMGs (o controlado do respectivo gerador ou o controlador do QTA) deve desativar o gerador cujo transformador estiver aquecido acima do permitido;
- VII. 1 entrada digital por cada unidade geradora, para alarme de indicação de sobretensão do respectivo transformador de 750 kVA (sinal oriundo do relé térmico do transformador do gerador); com base no estado dessa entrada digital o sistema de controle dos GMGs (podendo ser o controlador do respectivo gerador ou o controlador do QTA) deve emitir sinalização (warning) de que há gerador com transformador aquecendo, porém ainda sem necessidade de ser desligado;
- VIII. 1 saída digital por cada unidade geradora para indicação ao EMS se ela está em operação (indicação de que a unidade geradora recebeu comando para operar/partir e que ela realmente entrou em operação);
- IX. 1 saída digital para indicar ao EMS o estado do disjuntor da rede;
- X. 1 saída digital para indicar ao EMS o estado do disjuntor geral dos GMGs;
- XI. 1 contato auxiliar normalmente aberto (NA) do disjuntor da rede, para sinalização ou intertravamento do mesmo com outros dispositivos do usuário/operador;
- XII. 1 contato auxiliar normalmente aberto (NA) do disjuntor geral dos GMGs, para sinalização ou intertravamento do mesmo com outros dispositivos do usuário/operador;
- XIII. 1 contato auxiliar normalmente fechado (NF) do disjuntor da rede, para sinalização ou intertravamento deles com outros dispositivos do usuário/operador;
- XIV. 1 contato auxiliar normalmente fechado (NF) do disjuntor geral dos GMGs, para sinalização ou intertravamento do mesmo com outros dispositivos do usuário/operador;

#### **4.7 Recursos de comunicação do sistema de controle da geração a diesel**

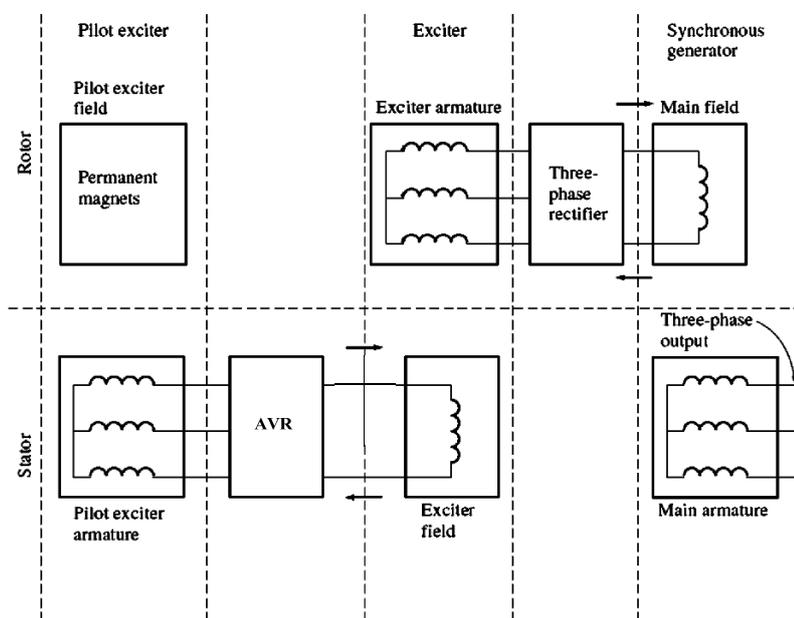
O sistema deve ter recursos redundantes para se comunicar com a rede do EMS da REIBAAN. Conforme descrito no escopo de fornecimento, o recurso de comunicação deve disponibilizar, no QTA, duas portas de comunicação Ethernet, para conexão de dois LINK's de comunicação MODBUS TCP/IP. As duas portas deverão estar ativas e configuradas para operação com uma principal e uma em Stand-by, sendo a

comutação entre elas realizada de forma automática, no evento de falha da porta principal. Caso não haja disponibilidade das portas Ethernet, na configuração acima descrita, no projeto padrão do QTA, será admitida a instalação de dois gateways MODBUS TCP/IP, um principal e um Stand-by, que possibilite a integração do QTA à rede de dados do EMS, a partir de uma conexão MODBUS TCP/IP (dois LINK's físicos). Também será admitida que a seleção dos gateways possa ser realizada a partir de sinais digitais gerados pelo EMS.

#### 4.8 Especificações complementares

- I. Cada unidade geradora deve atender, quanto à aceitação de carga, a classe de desempenho G3 da norma ISO 8528.
- II. Conforme já mencionado, o sistema de excitação e controle de tensão de GMG deve ter uma excitatriz piloto a imã permanente (PMG – *Permanent Magnet*), a qual será a fonte de tensão para o regulador automático de tensão do gerador (AVR - *Automatic Voltage Regulator*), conforme ilustrado no diagrama de blocos da Figura 1. Essa configuração tem o propósito de tornar o sistema de controle de tensão imune a variações abruptas da carga e a distorções harmônicas, tornando a tensão de saída mais estável e com menor tempo de recuperação, que faz com que o grupo gerador receba a carga sem afundamento de tensão, diferentemente de GMGs com sistema de controle de tensão sem PMG.

Figura 1 – Diagrama ilustrativo de um sistema de excitação com PMG.



Fonte: Adaptado de Electric Machinery Fundamentals – Stephen J. Chapman

- III. O controlador de cada unidade geradora deve possuir sistema de proteção contra sobrecorrente, o qual faz a proteção do alternador principal levando em conta a curva de tempo inverso de dano térmico do próprio alternador. Além disso, o controlador do GMG, ao ser detectado um curto-circuito, deve ser capaz de controlar o valor da corrente a ser

fornecida ao curto pelo gerador em até 300% da corrente nominal da unidade, por até 10 segundos, para permitir que a proteção contra sobrecorrente da área afetada pelo curto atue primeiro do que a proteção do próprio gerador. Isso tem por finalidade facilitar a coordenação e seletividade da proteção elétrica das instalações supridas pelo gerador, dando mais confiabilidade e continuidade de serviço ao gerador.

- IV. O controlador de cada unidade geradora deve possuir AVR digital e integrado, junto ao próprio controlador, permitindo assim que todos os ajustes de performance (Ajustes PID, ajustes da curva V/HZ, entre outros) e regulação de tensão seja feito pela IHM do GMG. Ou seja, não serão aceitos, por AVR, mesmo que digitais, em separado do controlador do GMG, nem tão pouco reguladores analógicos.
- V. O paralelismo entre os GMGs deverá ser feito utilizando disjuntores de primeira linha de fabricantes consolidados no mercado nacional (Schneider, ABB ou SIEMENS), não sendo aceitas soluções que utilizam contatores para esse fim. Os disjuntores de paralelismo deverão ser montados em painel geminado à base de montagem do motor e do alternador.
- VI. O painel elétrico para transferência automática em média tensão, autoportante com 04 colunas, com chaves seccionadoras individuais para entrada individual para cada gerador, deve ser certificado pelas normas ABNT NBR IEC 60694 / 62271-200 / 62771-100 / 62771-102 e IEC 60265 / 60044 / 61000-4-2/3/4, com grau de proteção IP30.
- VII. Os painéis em baixa tensão devem ser certificados em conformidade com as Normas ABNT NBR IEC 60439-1 (Painéis TTA/PTTA) e IEC 61439-1&2.
- VIII. As unidades geradores ofertadas devem atender à NR12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos.
- IX. O tanque de combustível (diesel) diário, montado na base do conjunto motor-gerador, deve metálico e projetado para atender a norma NBR 16684-1/2 e requisitos da NR20.
- X. Por segurança operacional, as tensões na porta do gabinete de controle e nas IHMs dos quadros geminados de cada unidade geradora e do QTA devem ser limitadas a 24 VCC.

## **5 Local onde será instalado o conjunto de grupos de geradores a diesel**

O fornecedor deverá considerar nas suas especificações a localização geográfica onde o conjunto de GMGs será instalado.

Será instalado nas dependências da Base Aérea de Anápolis, abrigado em sala de alvenaria, como parte da REIBAAN. A BAAN está localizado no município de Anápolis - GO.

## **6 Garantia**

A fornecedora deverá fornecer garantia de pelo menos 2 anos para todos os componentes do sistema de geração a diesel ofertado, contados partir da data da entrega técnica dos equipamentos, com todos os seus itens fornecidos em perfeito funcionamento.

Para falhas passíveis de garantia, a empresa fornecedora deve cobrir 100% dos custos envolvidos: peças e todos os custos de viagens (translado, alimentação e hospedagem).

A empresa fornecedora deve comprovar ter, preferencialmente, assistência técnica local, ou ter uma rede de assistência técnica regional ou nacional, com capacidade de atender ao cliente em um prazo não superior a 48 horas, após ser acionada por ele, seja em garantia ou fora dela. Não será aceita assistência técnica terceirizada.

A empresa fornecedora deve comprovar ter estoque próprio de peças sobressalentes para o produto ofertado, seja em garantia ou fora dela.

## 7 Apresentação da proposta

Na proposta deve estar incluída a especificação técnica completa e detalhada do fornecimento, incluindo todos os materiais que compõem o conjunto de GMGs.

A proposta técnica, bem como todos os documentos, esquemas e anexos que dela fazem parte, deverão ser redigidos em português.

Além do solicitado acima, devem ser fornecidas, no mínimo, as seguintes informações, apresentando as características técnicas solicitadas, mesmo que constem de outra parte da proposta:

- Informações completas do fornecedor, devidamente carimbadas e assinadas;
- Garantia;
- Prazo de entrega;
- Tipo de embalagem e transporte;
- Validade da proposta;
- Preço unitário e oferta total;
- Lista de material completa referente ao fornecimento;
- Lista de peças de sobressalentes, se for o caso;
- Cópias dos certificados e certificação e/ou homologação dos equipamentos ofertados e caminho na Internet para acesso ao certificado no órgão emissor;
- Vida útil estimada do equipamento;
- **Experiência comprovada da fornecedora, constando de lista e informações de pelo menos 3 sistemas que adotem a solução ofertada na proposta, com número de unidades geradoras e potência instalada igual ou superior ao exigido neste termo de referência.**

A Fundação Sousândrade/Equatorial Energia se reserva o direito de desclassificar qualquer proposta que não inclua ou inclua parcialmente os dados aqui solicitados. O proponente deve, em qualquer etapa do fornecimento, sem ônus para a Fundação Sousândrade/Equatorial Energia, solucionar quaisquer problemas decorrentes de obscuridade, erro ou omissão de informações na proposta técnica, embora não explicitamente solicitados por esta especificação, mas necessários para o pleno acompanhamento da execução e operação do sistema.

O proponente que citar propostas alternativas aos itens desta especificação deve estar ciente de que podem ou não ser aceitas, dependendo da conveniência da Fundação Sousândrade/Equatorial Energia em relação a peças de reposição, facilidade de manutenção ou qualquer outro aspecto que possa ser entendido pela Fundação Sousândrade/Equatorial como uma desvantagem futura.

As omissões devem ser interpretadas como aceitação das condições exigidas neste Termo de Referência.

Qualquer erro na redação cometido pelo proponente, que possa afetar a interpretação da proposta ou mesmo a correspondência posterior, será de inteira responsabilidade do proponente, que estará sujeito às penalidades decorrentes do erro.