

APROVEITAMENTO ENERGÉTICO DO BIOGÁS DO ATERRO SANITÁRIO DE LEIRIA

ESTAÇÃO DE PRODUÇÃO DE ENERGIA

Memória Descritiva e Justificativa

7.1 DESCRIÇÃO GERAL

7.1.1 Introdução

A Estação de Produção de Energia do Aterro da Valorlis em Leiria, é composta por um motor a gás tipo LC 620 V 12 K com capacidade de 853 kW_{el}, 624 kW_{te}, sendo a energia do combustível de 2297 kW a 50% de CH₄ (vol.).

O motor e respectiva unidade de controlo são instalados num contentor especial de 40'.

7.1.2 Motor

O motor a gás, de ciclo Otto, é alimentado a mistura pobre de biogás e acciona o gerador. Como o motor funciona com excesso de ar, os valores das emissões gasosas situam-se abaixo dos limites legais máximos admissíveis.

O motor é projectado para biogás com as seguintes características principais:

CH ₄	40-60% (vol.)
CO ₂	20-40% (vol.)
O ₂	0.5 % (vol.)
N ₂	0.25 % (vol.)
Cl máx.	100 mg/Nm ³ CH ₄
F max.	50 mg/Nm ³ CH ₄
H ₂ S	1500 mg/Nm ³ CH ₄
Si max	10 mg/Nm ³ CH ₄

Valores de Cl, F, H₂S e Si em excesso, relativamente aos limites acima referidos, provocam desgaste acrescido no motor e consequentes avarias.

Análises regulares ao óleo do motor (nas mudanças de óleo) permitirão monitorar os poluentes acima referidos.

O gás extraído do aterro, por sucção, será desidratado e alimentado ao motor, através da Estação de Compressão, a uma pressão de 80–100 mbar.

A pressão do gás é reduzida à pressão atmosférica na rampa de gás para permitir a mistura homogénea com o ar num misturador.

Um turbo-compressor alimenta a mistura inflamável ao tubo de mistura, através de um permutador e de uma válvula reguladora. Um controlador electrónico de velocidade actua a válvula de mistura, assegurando uma velocidade constante na gama de $\pm 1\%$. O sistema de controlo da mistura tem função de controlo de operações paralelas, assumindo também o controlo do regulador de rotações e da ignição electrónica.

A potência gerada é transmitida por acoplamento elástico a um alternador síncrono, trifásico. A energia eléctrica alimenta consumidores internos, sendo o excesso de produção elevado em tensão e vendido à rede pública.

A concentração do biogás em CH₄ é monitorada em contínuo pelo analisador de gás instalado na Estação de Compressão e transmitida ao sistema de controlo do motor por sinal de 4-20 mA.

Concentrações em CH₄ inferiores a 48% (vol.) têm efeito no desempenho do motor, que é parado pelo sistema de controlo quando o teor de CH₄ atinge valores da ordem dos 40%(vol.).

7.1.3 Contentor de 40'

O contentor está dividido em dois compartimentos separados, um para o grupo e o outro para os quadros eléctricos. A sala do grupo possui isolamento acústico. O contentor é instalado sobre laje de fundação.

Dois ventiladores instalados na cobertura do contentor e controlados pela temperatura da sala, asseguram a ventilação da sala do grupo.

Os ventiladores aspiram ar novo na frente do contentor, através de combinações filtro/silenciador e sopram-no, em diagonal sobre o motor, para o lado oposto, saindo pela grelha extracção. O sistema permite boas condições de renovação de ar no interior da sala, com frequência dependente da temperatura ambiente, da ordem de 1x por minuto.

7.1.4 Motor de arranque e bateria

Para arranque do motor é necessário um motor de arranque alimentado em BT a 24V. São utilizadas baterias com 2x12V cada (24V), 55 Ah para alimentação do circuito de BT, que inclui o sistema de monitorização e controlo do motor.

7.1.5 Sistema de óleo de lubrificação

O sistema inclui um reservatório de óleo de lubrificação com capacidade para 200 l, permitindo autonomia de 1000 h de operação permanente. O objectivo da sua integração é o de aumentar o volume de óleo em circulação. Uma bomba de óleo de comando individualizado e um ramal no circuito de lubrificação do motor, com sistema automático de enchimento, asseguram o nível de óleo e uma circulação permanente. Adicionalmente, consegue-se uma temperatura de óleo mais

favorável e uma menor concentração de poluentes que passam do combustível para o óleo de lubrificação por condensação nas camisas dos cilindros.

A quantidade total de óleo de lubrificação em circulação é de 300 l.

7.1.6 Bombagem de óleo

No contentor do motor está instalado um reservatório de armazenagem de óleo novo e óleo usado, com capacidade para 2x1000 l, possuindo bacia de retenção. Uma bomba de duas vias, instalada no reservatório de óleo, permite a mudança automática do óleo do motor através de rede de tubagem metálica.

Este sistema permite a bombagem de óleo novo do respectivo tanque para o motor ou para o reservatório de lubrificação. Permite ainda extrair óleo usado do motor ou do tanque de circulação. Uma válvula manual de três vias permite a realização destas operações.

Um dispositivo de comando manual permite seleccionar o sentido de funcionamento da bomba.

Numa mudança de óleo, a bomba extrai óleo usado directamente do motor ou do reservatório de lubrificação para o reservatório de óleo usado de 1000 l.

A bomba é controlada por nível de óleo no tanque, parando com o nível máximo e evitando, assim, derrames.

O reservatório de óleo de lubrificação, assim como o próprio motor, estão ligados aos reservatórios de óleo novo e usado por sistema de bombagem, o que facilita as operações de manutenção e diminui os tempos dispendidos em mudanças de óleo.

7.1.7 Sistema de controlo

O sistema de monitorização e controlo está instalado em sala separada e foi concebido para operação contínua sem assistência. Contudo, inspecções diárias podem evitar anomalias.

Todos os parâmetros necessários à operação da instalação são automaticamente monitorados. Assim, todas as indicações e anomalias de operação são transferidas por sistema *databus* para uma central de controlo.

O sinal de informação do teor de CH₄ permite à unidade de controlo regular a carga do motor através da válvula de regulação da mistura, por comparação com o valor pré-definido (*set point*) e variar o fluxo de alimentação actuando sobre a velocidade do compressor através de um variador de frequência.

O funcionamento da instalação é supervisionado pelos serviços centrais da PRO₂ na Alemanha, através de um sistema de controlo remoto, por modem e linha telefónica.

Hardware da subestação de telecontrolo

Rack de 19" para instalação no painel da sala de quadros do motor, que inclui:

- Alimentação 24 V CC
- CPU
- Adaptador de placa p.c. para ligação a modem
- Ligação à estação de compressão para transmissão de dados
- 256 kB de memória para histórico
- Modem analógico (33,6 kBd, com controlo automático e transmissão de falhas)
- Interface (LWL) com o comando eléctrico principal do motor

Funções:

- Alarmes através da estação principal por sinal digital e/ou mensagens SMS
- Apresentação gráfica de parâmetros de operação
- Transferência automática de parâmetros diários de funcionamento da instalação para a estação central e memorização de valores analógicos (temperaturas, pressões, caudais, etc.)
- Apresentação gráfica de parâmetros analógicos
- Armazenagem de dados
- Impressora
- Indicação remota

O sistema permite uma visão crítica sobre os parâmetros de operação e a reacção atempada a anomalias, permitindo evitar paragens.

Em caso de emergência e paragem, as anomalias são registadas e transmitidas automaticamente para a estação central na Alemanha. Daí são automaticamente enviadas mensagens SMS para o pessoal responsável pela instalação.

Tipologia das mensagens:

- “Mensagens de operação”. Esta opção permite o envio de todas as mensagens de operação ou não operação da instalação.
- “Mensagens de aviso”. O sistema envia mensagens de aviso prévio a uma paragem.
- “Paragem de emergência”. São enviadas todas as mensagens de paragem de emergência.

As mensagens possuem o seguinte formato:

- nome da instalação;
- descrição da ocorrência;
- hora da ocorrência.

7.1.8 Sistema de arrefecimento

Com o arranque do motor arranca também uma bomba de circulação de água de arrefecimento (mistura de água-glicol 60-40%).

Temperaturas de água de arrefecimento do motor: 92/78°C

A energia térmica é dissipada em permutadores ar-água instalados na cobertura do contentor.

Os arrefecedores dispõem de ventiladores comandados pela temperatura de operação da água de arrefecimento. Os ventiladores arrancam quando atingidos 92°C, sendo a água arrefecida a 78°C. Esta concepção permite poupanças de energia em operação, já que apenas 30-60% da capacidade instalada no ventilador é utilizada em média anual.

O fabricante do motor indica, para temperatura de admissão da água 78°C e de saída 92°C, como valores óptimos de operação utilizados pelo motor. Se a temperatura de saída da água exceder aquele valor, isso será verificado por um termostato e a ocorrência será transmitida ao sistema de controlo.

O sinal analógico acima referido será analisado no sistema de controlo que desencadeará automaticamente acções de sinalização e comando. Se for atingida a temperatura de 95°C será enviada uma mensagem de alarme. À temperatura de 98°C a instalação será parada.

Um ramal do circuito de água de arrefecimento é utilizado para aquecimento ambiente do contentor, com recurso a radiadores.

O circuito de água dispõe de sistema de bombagem, válvulas de seccionamento e de purga. Cada módulo inclui ainda um reservatório de expansão de água de

arrefecimento. Está ligado ao sistema de água de arrefecimento através de tubos especiais e tem as seguintes funções:

- Alimentação de água de arrefecimento
- Ventilação do sistema

Este tanque de expansão possui também válvulas de alívio que permitem o equilíbrio de pressões em caso de sobrepressão na rede. Uma sonda de nível mínimo instalada no reservatório parará a instalação em caso de falta de água.

7.1.9 Sistema de escape

O gás de escape, arrefecido à saída da máquina, passa pelo turbo compressor e por dois silenciadores em série, instalados na cobertura do contentor, antes de ser descarregado pela chaminé, a cerca de 10 metros de altura do nível do solo. Toda a instalação foi concebida para PN10.

7.1.10 Controlo da mistura

O ponto de operação em modo Lambda é regulado e mantido por controlador electrónico da mistura, correspondendo ao chamado sistema TEM.

O controlo da mistura é regulado pelos valores médios de processo ou pela temperatura da câmara de combustão em todos os cilindros e tem efeitos na carga do misturador ar-gás.

O ajuste do misturador ar-gás é efectuado por um mecanismo com regulação linear e consequentemente permite uma variação linear entre 0-100% de abertura.

7.1.11 Dispositivo de alarme

Um dispositivo de alarme monitoriza a sala do motogerador e a rede associada e pára o motor em caso de alarme de gás, cortando a alimentação a toda a instalação.

O conceito de segurança do dispositivo de alarme de gás inclui dois níveis:

- em caso de fuga de gás, os sensores actuarão em consequência. Se a concentração no ar estiver acima de 20% LEL, será dado um alarme e o ventilador de exaustão funcionará à velocidade máxima. Este ventilador aspirará ar novo do exterior através de filtros e descarregará o ar contaminado através da conduta de exaustão. Esta operação reduz a concentração de gás misturado no ar, permitindo continuar em operação sem risco para a instalação.
- Se a concentração de gás no ar aumentar, o facto será registado pelos sensores. Ao ser atingida a concentração de 40% de LEL, soará um alarme (designado alarme principal) acompanhado de aviso luminoso.

Em caso de alarme de gás, todas as máquinas complementares, à excepção do ventilador (protecção ex), páram por interrupção da alimentação eléctrica. Simultaneamente, a válvula de seccionamento de emergência, no compressor, e as duas válvulas magnéticas, na linha de gás para o motor, serão fechadas e encravadas.

O ventilador de exaustão da sala do motogerador é projectado para 4 renovações por minuto, o que permite uma redução rápida da concentração de gás no contentor.

7.1.12 Detecção de fumos

Estão instalados detectores de fumos na sala do motogerador e na sala de quadros que pararão a instalação quando activados. Esta interrupção também produz um aviso luminoso.

Atenção: O sistema de alarme de gás e o detector de fumos devem ser inspeccionados pelo menos uma vez por ano.

7.1.13 Rampa de gás

O motor está equipado com uma rampa de gás (com aproximadamente 2,5 m) e que na direcção do fluxo inclui:

- Válvula de corte manual
- Instrumentação de pressão
- Filtro de gás
- Duas válvulas magnéticas
- Regulador de pressão
- Tubo flexível
- Misturador gás-ar

7.1.14 Procedimentos de arranque/paragem

Para assegurar que não há mistura inflamável na admissão do sistema e que, consequentemente, não há perigo de explosão, o procedimento de arranque segue os seguintes passos:

- Accionamento do motor
- 3 segundos depois, ligação da ignição
- 3 segundos depois, abertura das válvulas magnéticas na rampa de gás

O procedimento de paragem é efectuado de modo inverso e impede a existência de uma mistura inflamável no tubo de escape.

- Fecho das válvulas magnéticas
- 30 segundos depois, desligar a ignição
- O motor pára por falta de combustível

O tempo de paragem varia com a velocidade de deslocamento do pistão do motor e com o volume de gás existente entre as válvulas magnéticas e do motor.

Por monitorização da temperatura de escape em cada cilindro evita-se que uma mistura inflamável possa chegar ao sistema de escape.

7.2 SEGURANÇA DA INSTALAÇÃO

7.2.1 Redução da concentração de CH₄

Com teores de CH₄ inferiores a 40%, o motor não tem condição de funcionamento.

Se a concentração de CH₄ for inferior a 45% em volume, o motor altera o modo de operação de carga alta para sem carga, com a consequência de que o motogerador é desligado, sendo enviada uma mensagem de falha “FeedBack” (ver item n.º 1.14).

7.2.2 Explosão

Uma explosão pode ser ocasionada por retorno de chama (ou fenómenos semelhantes), quer no lado da admissão, quer no lado do escape.

No lado da admissão, está instalado um corta-chamas com monitorização de temperatura no início da linha de gás. O perigo está, portanto, eliminado.

Uma explosão no sistema de escape é dissipada para o exterior através do tubo de escape e da chaminé, protegendo, assim, a instalação.

7.2.3 Fuga de gás na tubagem

Como descrito em 7.1.12, o dispositivo de alarme de gás corta a alimentação eléctrica e impede novo arranque.

Antes de novo arranque, o contentor deve ser ventilado e a fuga eliminada.

O sistema de gases combustíveis e gases de escape é monitorizado por um sistema de alarme de gás com certificado BAM.

7.2.4 Incêndio

As paredes interiores do contentor estão forradas com lã mineral (material de construção Tipo PA-TII).

Em cada sala é instalado um alarme de incêndio que parará toda a instalação e bloqueará as válvulas magnéticas em caso de emergência.

7.2.5 Fuga de óleo

O contentor é construído como uma bacia de retenção não havendo derrame de óleo para o exterior em caso de fuga.

O reservatório de óleo tem capacidade de armazenagem suficiente.

Como referido em 7.1.6 , os reservatórios de óleo são monitorizados por nível de óleo em função de valores limite e, assim, fica excluída a possibilidade de derrame por sobrecarga.

7.2.6 Paragem do motor

Se, por paragem do motor, o gás não puder ser utilizado, as válvulas magnéticas na rampa de gás fecham e o gás produzido será queimado no queimador.

7.3 EMISSÕES, PRODUTOS E SUB-PRODUTOS

7.3.1 Energia eléctrica

A unidade produz 1 x 853 kW_{el}.

Satisfeito o consumo interno, o excedente é fornecido à rede pública.

7.3.2 Gás de escape

O caudal de escape é de cerca 4491 kg/h (húmido) com a seguinte composição (segundo TA-ar em relação a 5% vol de oxigénio remanescente):

CO:	max. 650 mg/Nm ³
NO _x	max 500 mg/Nm ³
SO ₂	max. 350 mg/Nm ³
NMHC	max. 60 mg/Nm ³

A validade dos valores limite apresentados é confirmada pelo histórico experimental anterior.

As emissões de SO₂ dependem das concentrações em S no gás bruto e não são influenciadas pela qualidade de combustão do motor.

A temperatura de escape, a valores nominais, atinge um máximo de 488°C à saída do motor.

7.3.3 Fluido de arrefecimento

O fluido de arrefecimento é uma mistura água-glicol com uma concentração de glicol de 40%.

Não se prevê a necessidade de mudança do fluido de arrefecimento devido ao funcionamento em circuito fechado.

7.3.4 Óleo de lubrificação

O contentor do motor inclui dois reservatórios de 1000 l cada, respectivamente para óleo novo e óleo usado.

O reservatório foi concebido para o presente efeito e está instalado em bacia de retenção de capacidade adequada.

Os reservatórios de óleo são ventilados e dispõem de controlo de nível e dispositivo de *trop-plain*. O enchimento e descarga é previsto realizar a partir de cisterna.

O enchimento do reservatório de lubrificação é efectuado manualmente.

7.3.5 Ruído

A unidade dispõe de isolamento sonoro.

Os ventiladores são equipados com material absorvedor de ruído. Os gases de escape são expelidos através de silenciador.

O nível de pressão sonora da instalação completa é, aproximadamente, de 70 dB(A) a 10 m.



Potência e eficácia:

Q_{zu}/Q_m	Energia fornecida/mecanicamente	$\pm 5\%$	kWh/kWh	2,43
p_{me}	Pressão efectiva média		bar	17,7
P_m	Potência mecânica Potência normalizada ISO ICFN de acordo com a ISO 3046		kW	861
P_{el}	Potência eléctrica produzida com $\cos \phi = 1$		kW	834
η_{el}	Eficácia eléctrica		%	---
η_{therm}	Eficácia térmica		%	---
η_{ges}	Eficácia geral		%	---

Condições de referência padrão:

Ar comprimido	mbar	1000*)
Temperatura do ar	°C	25
Humidade do ar relativa	%	30

*) ou 100 m acima do nível normal

Sistema dos gases de escape:

M_{af}	Quantidade de gases de escape - húmida	$\pm 8\%$	kg/h	4500
L_p	Nível de pressão acústica residual no funcionamento de um agregado		dB (A a uma distância de 10m)	65
NO_x	Óxidos de azoto		mg/Nm ³ 2)	500
CO	Monóxido de carbono		mg/Nm ³ 2)	1000
NMHC ¹⁾	Hidrocarboneto não metano		mg/Nm ³ 2)	---

- 1) no caso de uma produção geral do sistema > 3 kg/h.
Os níveis de emissões dos gases de escape são válidos para gases de escape secos em relação aos 5% de O₂, nas condições de referência padrão. em que o motor a gás deve funcionar pelo menos a meia carga.
- 2) Valor das emissões dos gases de escape em mg/m³ em gases de escape secos, nas condições de referência padrão em relação aos 5% de O₂.

Sistema do gás propulsor:

M_z	Teor de metano			100
H_u	Valor calorífero		kWh/Nm ³	5
V_{gas}	Volume do gás propulsor	$\pm 5\%$	Nm ³ /h	418

Circuito de água:

V_{ww}	Água morna		m ³ /h	---
V_{gk}	Água de refrigeração		m ³ /h	15



1 Potência e eficácia

Q_{zu}/Q_m	Energia transportada/mecânica	±5%	kWh/kWh	2,45
p_{me}	Pressão efectiva média		bar	17,70
P_m	Potência mecânica Potência normalizada ISO ICFN de acordo com a ISO 3046		kW	861
P_{el}	Potência eléctrica produzida com $\cos \phi = 1$		kW	835
η_{el}	Eficácia eléctrica		%	39,65
η_{therm}	Eficácia térmica		%	---
η_{ges}	Eficácia geral		%	39,65

2 Condições de referência padrão

Pressão atmosférica	mbar	1000*)
Temperatura do ar	°C	25
Humidade do ar relativa	%	30

*) ou 100 m acima do nível normal

3 Sistema dos gases de escape

M_{af}	Quantidade de gases de escape - húmida	---	kg/h	4584
L_p	Nível de pressão acústica residual no funcionamento de um agregado		dB (A) a uma distância de 10m	65
NO_x	Óxidos de azoto		mg/Nm ³ ₂₎	500
CO	Monóxido de carbono		mg/Nm ³ ₂₎	1000
NMHC ¹⁾	Hidrocarboneto não metano		mg/Nm ³ ₂₎	150

1) no caso de uma produção geral do sistema > 3 kg/h.

Os níveis de emissões dos gases de escape são válidos para gases de escape secos em relação aos 5% de O₂, nas condições de referência padrão, em que o motor a gás deve funcionar pelo menos a meia carga.

2) Valor das emissões dos gases de escape em mg/m³ em gases de escape secos, nas condições de referência padrão em relação aos 5% de O₂

4 Sistema do gás propulsor

M_z	Teor de metano			100
H_u	Valor calorífero		kWh/Nm ³	4
V_{gas}	Volume do gás propulsor	---	Nm ³ /h	527

5 Circuito de água

V_{ww}	Água de refrigeração	---	m ³ /h	24,9
V_{gk}	Água de refrigeração de mistura	---	m ³ /h	15