



UNIVERSIDADE
EDUARDO
MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA

Tema:

**Dimensionamento de um gerador para as instalações da
EDM da área de serviço ao cliente da
Matola**

Autor:

Mimbir, Sócrates David Dinis

Supervisor da UEM:

Eng^o Gerson Zango

Supervisor da Instituição:

Eng^o Arlindo Nhatumbo

Maputo, Novembro de 2022



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA

Tema:
**Dimensionamento de um gerador para as instalações da
EDM da área de serviço ao cliente da
Matola**

Estágio Profissional apresentado
ao Departamento da Engenharia
Electrotécnica da Universidade
Eduardo Mondlane como requisito
para a conclusão do curso de
Licenciatura em Engenharia Eléctrica.

Autor:
Mimbir, Sócrates David Dinis

Supervisor da UEM:
Eng^o Gerson Zango

Supervisor da Instituição:
Eng^o Arlindo Nhatumbo

Maputo, Novembro de 2022

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, Dinis Albino Mimbir e Magda Rosa Loforte Valy Mimbir, pelo seu amor, apoio e pelo exemplo de vida que ambos representam para mim.

Agradecimentos

Agradeço a Deus pelo dom da vida e por todas as graças que tem me concedido.

Aos meus pais Dinis Albino Mimbir e Magda Rosa Loforte Valy Mimbir que sempre me incentivaram a estudar, pela força e sábios conselhos que me davam nos momentos difíceis, e por nunca terem medido esforços para a minha educação.

Aos meus irmãos Neida, David, Izidoro e Junior pela amizade e pela ajuda com que sempre pude contar.

Agradeço ao meu supervisor da UEM, engenheiro Gerson Zango, pela sua disponibilidade e pela orientação que deu-me sempre que precisei.

Agradeço ao meu supervisor da EDM, engenheiro Arlindo Nhantumbo e aos engenheiros Xadrique, Abel, Horcidio e Oliveira, e aos senhores Nelson, Rocha e Macochera pela ajuda que me deram.

Ao mano Betinho, por ter me ensinado a ler.

Ao meu explicador Castigo Josefa Parruque pela partilha dos seus conhecimentos desde o momento em que eu frequentava a sétima classe, pela sua disponibilidade em ajudar sempre que necessário.

Aos meus amigos e aos meus colegas do curso de engenharia eléctrica, pela amizade, ajuda e cooperação.

Resumo

Este trabalho apresenta o projecto do dimensionamento de um gerador de emergência para as instalações da EDM da ASC Matola. Como os cortes de energia eléctrica nestas instalações são frequentes, este gerador foi dimensionado para alimentar automaticamente estas instalações quando houver corte no fornecimento da rede da EDM. A garantia de continuidade nestas instalações é importante, quando os cortes ocorrem várias actividades nestas instalações são paralisadas.

Seleccionou-se um gerador a diesel. Também projectou-se o sistema de comutação automática de fontes e calculou-se custo de operação do gerador por hora. Por fim calculou-se a estimativa de custo para a implementação do projecto.

Palavras chaves: Gerador a diesel, sistema de comutação automática de fontes.

Índice

Dedicatória	i
Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Lista de abreviaturas e símbolos	v
Capítulo I - Introdução	1
1.1. Contextualização.....	1
1.2. Formulação do problema	1
1.3. Justificativa.....	2
1.4. Objectivos	2
1.4.1. Objectivo geral	2
1.4.2. Objectivos específicos	2
1.5. Metodologia.....	2
1.5.1. Quanto a natureza:	2
1.5.2. Quanto ao procedimento de pesquisa:	3
1.5.3. Quanto a instrumentos de recolha de dados	3
1.5.4. Quanto a análise de dados.....	3
Capítulo II - Revisão Bibliográfica.....	4
2.1. Grupo Motor- Gerador.....	4
2.2. Motor a combustão	5
2.2.1. Motor a diesel.....	6
2.2.1.1. Componentes de um motor a diesel	7
Cabeçotes.....	7
Válvulas	8
Eixos de Cames.....	8
Bloco de cilindros.....	9
Pistão.....	10
Cárter.....	10
Turbocompressor.....	11

2.2.1.2. Sistemas Auxiliares	12
Sistema de alimentação.....	12
Sistema de arrefecimento	12
Sistema de lubrificação.....	12
Sistema de exaustão ou escapamento de gases	13
2.2.1.3. Funcionamento do motor diesel	13
Operação	13
Principais definições	13
2.3. Funcionamento de um motor de quatro tempos	14
Admissão	14
Compressão	15
Expansão.....	16
Descarga ou emissão	17
2.4. Injecção de combustível.....	17
2.5. Componentes eléctricos de um motor diesel	18
Baterias.....	18
2.6. Gerador eléctrico.....	19
2.6.1. Princípio de funcionamento do alternador.....	19
2.7. Quadro de Comando.....	20
2.8. Chave de transferência automática.....	21
2.9. Manutenção preventiva	22
CAPÍTULO III - Tratamento de dados e resultados.....	24
3.1. Descrição da situação actual nas instalações da EDM da ASC da Matola, no caso de corte no fornecimento da energia eléctrica da rede da EDM.....	24
3.2. Descrição do projecto proposto.....	24
Circuito de Força.....	25
3.3. Justificativa da escolha do gerador a diesel.....	27
3.4. Determinação da carga a ser suprida pelo do gerador	28
3.5. Protecção do gerador.....	30
3.5.1. Aterramento do grupo gerador.....	31
3.6. Dimensionamento do cabo alimentador	31

3.6.1. Escolha da secção do cabo alimentador	31
3.6.2. Protecção contra sobrecarga	32
3.6.3. Cálculo de queda de tensão percentual do cabo	33
3.7. Instalação do grupo gerador	34
3.7.1. Local de instalação do grupo gerador.....	34
3.7.2. Sistema de escape	34
3.7.3. Tanque externo de combustível.....	34
3.7.4. Isolamento acústico para o GMG.....	35
3.7.5. Isoladores de vibração.....	36
3.7.6. Aquecedores do líquido de arrefecimento	36
3.7.7. Quadro de comando	36
3.8. Custo de operação do gerador por hora	36
3.9. Estimativa do custo do projecto	37
Capitulo Iv - Conclusão e recomendações	38
4.1. Conclusão	38
4.2. Recomendações	39
5. Bibliografía.....	40
5.1. Referências Bibliográficas.....	40
5.2. Outra Bibliografia Consultada	41
Anexos	C1.42

Lista de abreviaturas e símbolos

Ah - Ampere hora

ASC - Área de serviço ao cliente

AG - Autonomia do gerador

C - Celsius

E - Energia

EA - Tensão gerada

EDM - Electricidade de Moçambique

fse - Frequência eléctrica

Ge - Gerador

GMG - Grupo motor gerador

GMG's - Grupos motores geradores

h - Hora

I_n - Corrente nominal

I_2 - Corrente convencional de funcionamento

I_s - Corrente de serviço

ATS - Interruptor de transferência automática

I_z - Corrente máxima admissível na canalização

K - Constante que representa aspectos construtivos da máquina

kVA - Kilo Volt Ampere

kgf/cm^2 - Quilograma força por centímetros quadrados

L - Comprimento da canalização

l/h - Litro por hora

mm^2 - Milímetros quadrados

MWh - Mega watts hora

n_m - Velocidade do eixo

NA - Contacto normalmente aberto

NF - Contacto normalmente fechado

P - Potência

p - Número de polos do gerador

PMI - Ponto morto inferior

PMS - Ponto morto superior

PVC - Policloreto de vinilo

rpm - Rotações por minuto

S - Potência aparente

t - Tempo

Φ - Fluxo de campo

$\Delta U\%$ - Queda de tensão em percentagem

U - Tensão

UPS - Fornecimento de energia sem interrupção de energia

V - Volt

ω - Velocidade de rotação

γ - Resistência do cabo por quilometro

% - Percentagem

Capítulo I - Introdução

1.1. Contextualização

A energia eléctrica é tão comum para nós, que só nos apercebemos da sua importância quando há interrupção no seu fornecimento. A energia eléctrica é um importante contributo para o desenvolvimento do país, com a energia iluminamos e transformamos o mundo.

A área de serviço ao cliente da EDM presta serviços directamente ao consumidor final. É nesta área que os consumidores participam as avarias que ocorrem na rede de distribuição da EDM e as avarias que ocorrem nos contadores. Faz-se também nessa área estudos sobre as perdas de energia, estudos para o melhoramento da qualidade de energia, expansão da rede, etc.

Essas actividades são feitas com auxílio de computadores e de máquinas impressoras. Para o funcionamento dessas máquinas, a presença da energia eléctrica é indispensável. Os cortes frequentes de energia eléctrica têm afectado negativamente as actividades nas instalações da EDM da ASC da Matola. Quando os cortes ocorrem: As instalações da EDM da ASC da Matola ficam sem iluminação, os computadores e as máquinas impressoras que são muito importantes para a realização das actividades nessa área, não podem ser usados e as actividades no laboratório de medidas e nas oficinas de mecânica ficam paralisadas.

O presente trabalho consiste no dimensionamento dum gerador para alimentar as instalações da EDM da ASC da Matola, no caso de interrupção no fornecimento da rede da EDM.

1.2. Formulação do problema

Uma vez que a interrupção de energia eléctrica no sistema de distribuição da Electricidade de Moçambique é frequente, é necessário que haja uma fonte alternativa para garantir a continuidade de fornecimento de energia eléctrica nas instalações da EDM da ASC da Matola no caso de interrupção do fornecimento de energia, para garantir o decurso normal das actividades nestas instalações.

1.3. Justificativa

As frequentes interrupções no fornecimento de energia eléctrica pela concessionária têm afectado negativamente as actividades nas instalações da EDM da ASC da Matola. As instalações da EDM da ASC da Matola necessitam de uma fonte alternativa para garantir a continuidade no fornecimento da energia eléctrica no caso de interrupção no fornecimento de energia da rede da concessionária, para que as actividades nesta área não sejam afectadas negativamente.

O dimensionamento do gerador visa a garantir a continuidade no fornecimento da energia eléctrica no caso de interrupção da rede da EDM.

1.4. Objectivos

1.4.1. Objectivo geral

- Dimensionar um gerador para alimentar as instalações da EDM da área de serviço ao cliente da Matola.

1.4.2. Objectivos específicos

- Descrever a situação actual nas instalações da EDM da área de serviço ao cliente da Matola no caso de corte no fornecimento da energia eléctrica da rede da EDM;
- Fazer levantamento das cargas nas instalações da EDM da área de serviço ao cliente da Matola;
- Dimensionar os componentes do projecto;
- Achar o custo do projecto.

1.5. Metodologia

1.5.1. Quanto a natureza:

A metodologia usada no presente projecto quanto a natureza é aplicada, pois o projecto consiste na busca de conhecimentos para solucionar problemas apresentadas pelos cortes frequentes de energia eléctrica nas instalações da EDM da ASC da

Matola.

1.5.2. Quanto ao procedimento de pesquisa:

Quanto ao procedimento de pesquisa foi aplicada a pesquisa Bibliográfica, pois o projecto cotêm uma base teórica para o estudo, constituindo uma base para a leitura selectiva, analítica e interpretativa de livros, artigos, textos da internet e catálogos de fabricantes.

1.5.3. Quanto a instrumentos de recolha de dados

Para a recolha de dados recorreu-se a técnica de análise documental, que consiste no uso de registros e documentos já disponíveis, reduzindo tempo e custo de pesquisa para avaliação.

1.5.4. Quanto a análise de dados

Quanto a análise de dados, foi usada análise prescritiva, que consiste na verificação das consequências das acções tomadas, o que possibilita saber o que deverá ocorrer ao escolher determinadas atitudes. Além disso, é relevante porque define o caminho a ser tomado para que a acção ocorra conforme o esperado.

Capitulo II - Revisão Bibliográfica

2.1. Grupo Motor- Gerador

É definido como o conjunto de motor (Diesel, Gasolina ou Gás Natural) e gerador eléctrico, devidamente acoplados sobre uma base metálica (GALDINO, 2011). O motor a diesel (ou outro combustível fóssil) transforma a energia química de combustão do óleo diesel em energia mecânica e o gerador eléctrico acoplado, recebe essa energia mecânica e transforma em energia eléctrica, gerando uma tensão contínua (PERREIRA, 2018).

Para Silva (2017), podemos destacar algumas partes importantes de um sistema de grupo geradores como:

Grupo motor gerador

Painel de transferência - onde se encontram os disjuntores que conectam os barramentos dos grupos geradores ao barramento das cargas;

Sistema de controle é responsável pelo accionamento e monitoramento dos grupos geradores, assim como realizar o paralelismo entre eles e também com a rede da concessionária caso necessário. O sistema de controle também realiza as manobras de transferência de carga.

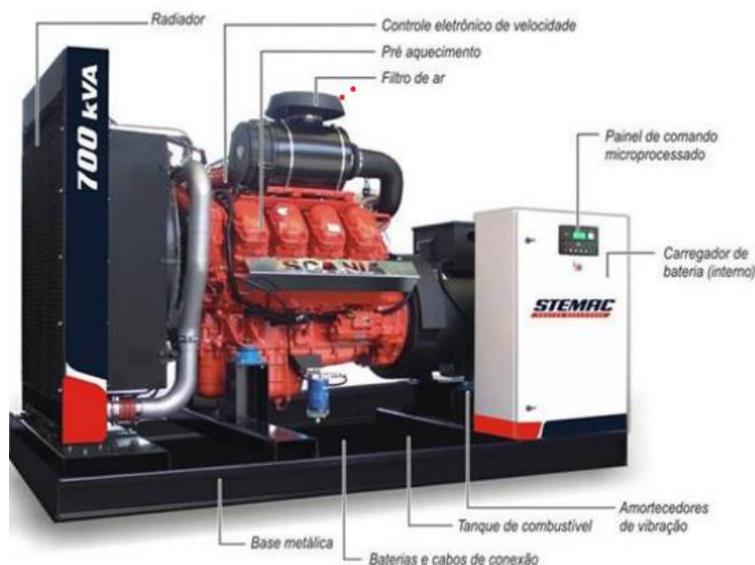


Figura 1: Grupo motor gerador STEMAC.

Fonte: (STEMAC, 2015).

Os grupos geradores podem ser utilizados em três topologias básicas para o fornecimento de energia. A primeira é denominada **singela e sem paralelismo**; nesta configuração o gerador supre toda a energia demandada pela carga e há apenas um grupo gerador para cada grupo de carga. Já na forma **múltiplos grupos sem paralelismo** com a rede, há o paralelismo apenas entre os grupos geradores ocorrendo a divisão de carga entre eles. E na forma **múltiplos grupos paralelos à rede**, ocorre a divisão de cargas entre a rede e os geradores (PRADO, 2006).

O GMG é utilizado mais popularmente em dois casos:

Emergencial

É usado para suprir eventual falha da rede elétrica local. Os principais proprietários são: *Granjas*, hospitais, *shoppings*, refinarias e sistemas de telecomunicações. Locais onde não pode haver à falta de energia temporária (GALDINO, 2011).

Econômico

É usado para substituição da rede elétrica em horário de ponta, para economia na conta de energia. Esse tipo de uso reduz a conta de energia principalmente de estabelecimentos e indústrias, pois o valor do consumo é bem menor com o uso do GMG, pelo simples motivo do diesel ter um custo menor no mercado (GALDINO, 2011).

2.2. Motor a combustão

Um motor movido a combustão é um tipo de máquina térmica, o qual transforma energia química em energia mecânica. Para conversão da energia existem quatro processos principais que são: A admissão, compressão, explosão e a exaustão. Dois tipos de motor tem mais destaque que são o de dois tempos e o de quatro tempos (SILVA, 2021).

Os motores de combustão interna fundamentam-se no princípio segundo o qual os gases se desenvolvem quando esquecidos. Quando controlada, essa pressão pode ser

aproveitada para mobilizar certo componente da máquina. Tem-se, desse jeito a modificação da energia calorífica do combustível em energia mecânica. No entanto, a mudança da energia calorífica em trabalho num motor térmico jamais é completa, pois parte dela se perde no contacto com outros elementos do motor que se encontram em temperatura baixa. Esses motores podem trabalhar com combustíveis líquidos voláteis tais como gasolina, querosene, álcool, diesel e óleos vegetais, ou com gases tais como butano e propano (VARELLA e SANTOS, 2010).

Segundo (MOURA, 2015), podem-se classificar os motores de combustão como sendo do tipo de ciclo Otto, utilizam gasolina, álcool ou gás, e do tipo de ciclo diesel, os que utilizam o óleo diesel. O motor a diesel é o mais utilizado em grupos geradores e seu nome é em função do engenheiro Rudolf Diesel que fez o primeiro teste bem-sucedido com este tipo de motor na Inglaterra em 1897. Pode-se defini-lo como um motor de combustão de ignição por compressão, com ciclo de quatro tempos e refrigerado à água. Neste motor, dentro da câmara de ignição, o ar comprimido recebe o combustível sob pressão e esta mistura explode por autoignição.

2.2.1. Motor a diesel

O motor a diesel tem algumas vantagens sobre os motores de ignição (gasolina e álcool) como: maior vida útil; maior rendimento, com redução no consumo de combustível (devida à taxa de compressão mais elevada, que resulta em maior conversão de energia calorífica em mecânica) e menores custos de manutenção (HADDAD et al 2001).

Seu funcionamento é baseado no ciclo teórico diesel. Esses motores tem sua ignição por compressão, diferente dos motores que obedecem ao ciclo Otto que é por centelha. Após o ar ser comprimido no interior dos cilindros, recebe o combustível sob pressão superior àquela em que o ar se encontra. A combustão ocorre por auto-ignição, quando o combustível entra em contacto com o ar, aquecido pela pressão elevada. O combustível que é injectado ao final da compressão do ar na maioria dos motores do ciclo diesel é o óleo diesel comercial, porém outros combustíveis podem ser utilizados quando realizada certa modificação específica (PEREIRA, 2015).

2.2.1.1. Componentes de um motor a diesel

O motor a diesel é composto de um mecanismo capaz de transformar os movimentos alternativos dos pistões em movimento rotativo da árvore de manivelas, através da qual se transmite energia mecânica aos equipamentos accionados, como por exemplo um gerador de corrente alternada (DOMSCHKE e GARCIA, 1968).

Segundo (SILVA, 2018), os motores de combustão interna apresentam três principais partes: cabeçote, bloco e cárter, conforme ilustrado na figura 2.

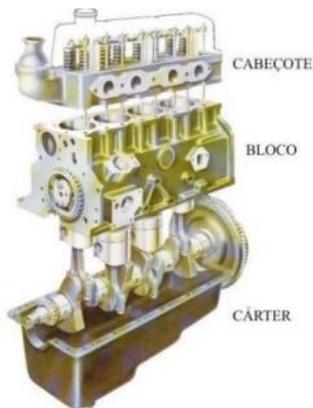


Figura 2: Partes de um motor diesel.

Fonte: (VARELLA e SANTOS, 2010).

Cabeçotes

São usados para "tampar" os cilindros e acomodam os mecanismos das válvulas de admissão e exaustão, como também bicos injectores e canais de circulação do líquido de arrefecimento. Dependendo do tipo de construção do motor, os cabeçotes podem ser individuais, ou múltiplos, quando um mesmo cabeçote cobre mais de um cilindro (VARELLA e SANTOS, 2010).

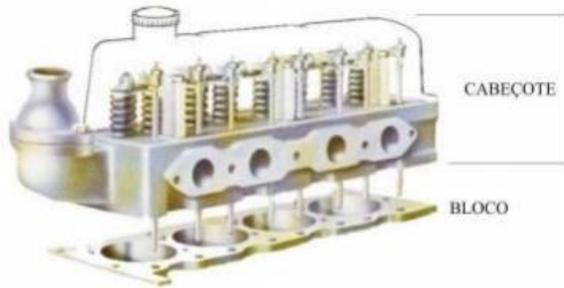


Figura 3: Partes de um motor a diesel, cabeçote.

Fonte: (VARELLA e SANTOS, 2010).

Válvulas

Actualmente, quase todos os motores apresentam as válvulas no cabeçote. As válvulas controlam a entrada e saída dos gases no cilindro. A passagem dos gases de admissão mantém sua temperatura da válvula de admissão entre 250 e 300°C. A válvula de descarga suporta temperaturas entre 700 e 750°C. O motor de quatro tempos convencional apresenta duas válvulas por cilindro: uma de admissão e outra de descarga (VARELLA e SANTOS, 2010).



Figura 4: Partes de um motor a diesel, válvulas.

Fonte: (VARELLA e SANTOS 2010).

Eixos de Cames

Eixo de cames ou de comando de válvulas - este eixo controla a abertura e o fechamento das válvulas de admissão e descarga. Recebe movimento da árvore de manivelas, possui um ressalto ou came para cada válvula e gira com metade da velocidade da árvore de manivelas. Os ressaltos actuam sobre os impulsadores das válvulas em tempos precisos. O eixo de comando de válvulas pode ser encontrado no

cabeçote ou no bloco do motor. A figura 5 ilustra o eixo de came (VARELLA e SANTOS, 2010).



Figura 5: Partes de um motor a diesel, comando de válvula.

Fonte: (VARELLA e SANTOS, 2010).

Bloco de cilindros

Para (DOMSCHKE e GARCIA, 1968), **bloco de cilindros** é onde se alojam os conjuntos de cilindros, compostos pelos pistões com anéis de segmento, camisas, bielas, árvores de manivelas (virabrequim) e de comando de válvulas, com seus mancais e buchas. Define-se a seguir alguns termos referentes a peças componentes do bloco: **O cilindro** é a parte fixa de formato cilíndrico, usinada no bloco ou em camisas removíveis, onde o pistão se desloca. O pistão recebe directamente o impulso da combustão e o transmite à biela. A **biela** é a peça móvel que transmite o movimento alternativo dos pistões ao virabrequim. O **virabrequim** transforma o movimento alternativo nos pistões em movimento de rotação contínua, que é transmitido ao volante. O **volante** tem a função de armazenar energia durante os tempos de trabalho, para “ajudar” o motor a vencer a inércia nos tempos não motores (admissão, compressão e escape). Quanto maior for o número de cilindros do motor, menor a influência e contribuição do volante.

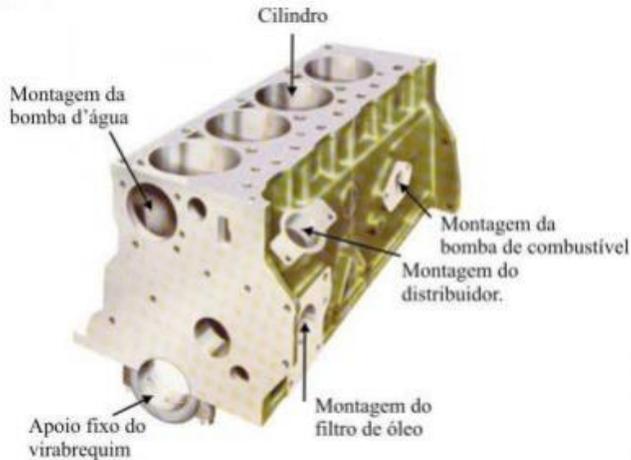


Figura 6: Partes de um motor a diesel, bloco dos cilindros.

Fonte: (VARELLA e SANTOS 2010).

Pistão

O pistão é fechado na parte superior e aberto na inferior. O pistão se movimenta linearmente no interior do cilindro percorrendo sempre uma mesma distância denominada de curso. **Curso** é a distância entre o ponto morto superior e o ponto morto inferior do pistão.

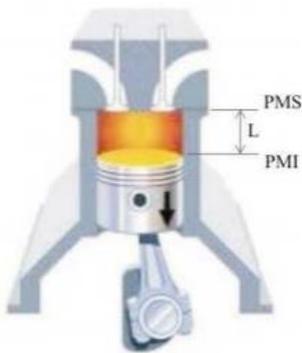


Figura 7: Partes de um motor a diesel, pistão.

Fonte: (VARELLA e SANTOS, 2010).

Cárter

É o reservatório de óleo lubrificante, utilizado pelo sistema de lubrificação. É construído em ferro fundido, liga de alumínio ou chapa de aço estampada (PEREIRA, 2015).

Turbocompressor

Pode-se ser chamado por turbina ou turbocompressor, esse componente em motores diesel que tem como objectivo a elevação da pressão do ar no colector de admissão acima da pressão atmosférica, fazendo com que no mesmo volume, seja possível depositar mais massa de ar, e conseqüentemente, possibilitar que maior quantidade de combustível seja injectada, resultando em mais potência para o motor, além de proporcionar maior pressão de compressão no interior do cilindro, o que produz temperaturas de ignição mais altas. Com o objectivo de melhorar os efeitos do turbocompressor, adiciona-se ao sistema de admissão de ar, um processo de arrefecimento do ar admitido, normalmente denominado de *intercooler*, dependendo da posição onde se encontra instalado, tem a finalidade de reduzir a temperatura do ar, contribuindo para aumentar, ainda mais, a massa de ar no interior dos cilindros (PEREIRA, 2015).

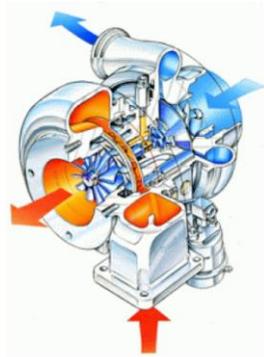


Figura 8: Turbocompressor típico de um GMG.

Fonte: (PEREIRA, 2015).

A figura 8 ilustra um turbocompressor típico de um motor de um GMG. O turbocompressor, é constituído por dois rotores, montados nas extremidades do mesmo eixo, o turbocompressor é accionado pela energia cinética dos gases de escape, que impulsiona o rotor quente (turbina), fazendo com que o rotor frio (compressor radial) na outra extremidade, impulsiona o ar para os cilindros. Esse componente, funciona em rotações elevadas de 80.000 a 100.000 rpm, a sua temperatura máxima do gás de escape é de até 790°C, proporcionando um ganho de

potência nos motores diesel, da ordem de 30 a 40% e redução do consumo específico de combustível no em torno de 5% (PEREIRA, 2015).

2.2.1.2. Sistemas Auxiliares

O motor é constituído também por uma série de sistemas auxiliares (PEREIRA et al 2002):

Sistema de alimentação

É o responsável pela formação da mistura ar/combustível que alimenta os cilindros, sendo composto pelo tanque de combustível, canalizações, bomba injectora, filtros e bicos injectores.

Sistema de arrefecimento

Tem como fluido de trabalho a água. Em raríssimos casos, encontram-se motores dieseis refrigerados a ar.

A mais comum configuração dos grupos geradores arrefecidos a água, o seu radiador é montado sobre a base e um ventilador accionado pelo motor para resfriar o líquido de arrefecimento e ventilar a sala do gerador. A ventilação necessária da sala do grupo gerador é para remover o calor dissipado pelo motor, gerador e os outros equipamentos que geram calor. É necessário um projecto adequado para a ventilação, se não houver essa adequação a sala do grupo gerador poderá ter um aumento de temperatura, conseqüentemente pode ocasionar em redução de desempenho do grupo gerador, aumento do consumo de combustível, falhas prematuras dos componentes e superaquecimento do motor (CUMMINS, 2018).

Sistema de lubrificação

Consiste na inserção de uma película de óleo lubrificante através da bomba de óleo entre as partes móveis em contacto para reduzir o atrito.

Sistema de exaustão ou escapamento de gases

A cor e a densidade do escapamento são um indicador seguro das condições do motor e de seu rendimento. Excesso de fumaça no escapamento pode indicar o uso de combustível inadequado, filtro de ar sujo ou entupido, excesso de combustível nos injectores, ou ainda más condições mecânicas do motor, seja na área de válvulas, seja na área dos cilindros. Se o motor expelle excesso de fumaça, uma acção correctiva deve ser tomada.

Este sistema tem por função extrair os gases do motor para fora do abrigo e dispersar a fuligem e a fumaça, isolando o ruído. Seu sistema deve ser projectado minimizando o efeito de contrapressão no motor. Uma tubulação que possa restringir o escape de maneira excessiva causará o aumento do consumo de combustível, aumento de temperatura, produzindo fumaça excessiva e fuligem. O escapamento deve ser instalado o mais alto possível, para fora situado a favor de ventos dominantes e direccionado para longe de ventilações e possíveis aberturas de edificações, evitando que os gases retornem ao espaço fechado (CUMMINS, 2018).

2.2.1.3. Funcionamento do motor diesel

Operação

Os ciclos de operação podem ser de quatro tempos, um ciclo de trabalho estende-se por duas rotações da árvore de manivelas, ou seja, quatro cursos do pistão ou de dois tempos, o ciclo motor abrange apenas uma rotação da árvore de manivelas, ou seja, dois cursos do pistão (MARTINS e GARCIA, 2010).

Os motores diesel a dois tempos são utilizados em instalações diesel-elétricas de grande porte, enquanto que os do tipo a quatro tempos são utilizados em instalações para potências pequenas (MARTINS e GARCIA, 2010).

Principais definições

Ponto morto inferior (PMI) é o ponto menor que o pistão atinge no seu curso descendente.

Ponto morto superior (PMS) é o ponto maior que o pistão atinge no seu curso ascendente.

Cilindrada: é o volume deslocado pelo êmbolo (pistão) do PMS até o PMI, multiplicado pelo número de cilindros do motor. Corresponde ao volume máximo de ar admissível no cilindro.

Taxa de compressão: denominada de razão de compressão, é a relação entre o volume total do cilindro ao iniciar-se a compressão, e o volume no fim da compressão e constitui uma relação significativa para os diversos ciclos dos motores de combustão interna (PEIXOTO, 2016).

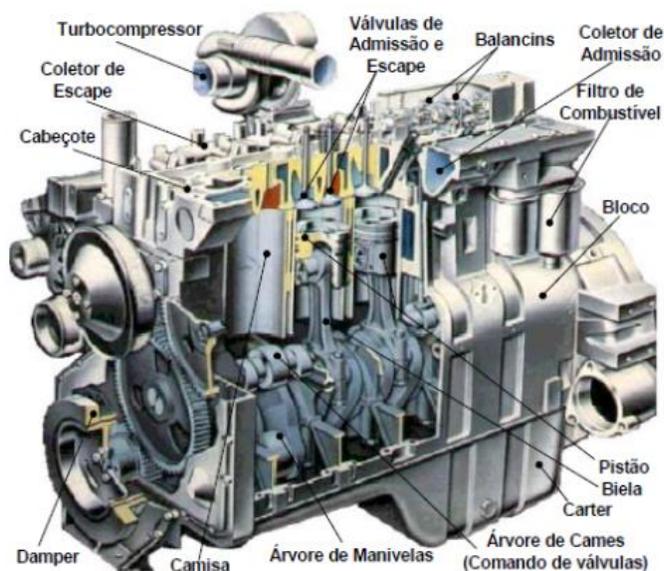


Figura 9: Motor Diesel Cummins, modelo 6CT8.3, visto em corte.

Fonte: (PEREIRA, 2015).

2.3. Funcionamento de um motor de quatro tempos

Realiza-se o ciclo em quatro cursos, o que implica em duas voltas (720°) no eixo das manivelas. Os quatro cursos são (VARELLA, 2018):

Admissão

O pistão se desloca do Ponto Morto Superior (PMS) para o Ponto Morto Inferior (PMI). Ocorre a admissão no cilindro que tem apenas ar. Isso pode ser visto, na figura 10. Durante a admissão, a válvula de admissão está aberta e a válvula de emissão está

fechada. O volume admitido é o volume de admissão ou cilindrada parcial do motor. Nos motores diesel, o volume de ar aspirado é sempre o mesmo. A variação da potência é obtida pela variação do volume de combustível, injectado de acordo com a posição do acelerador.

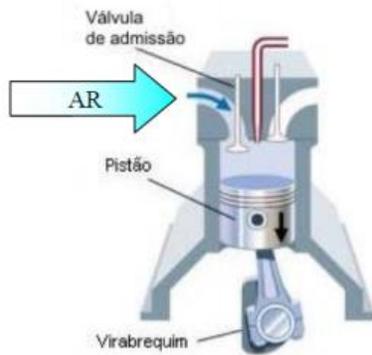


Figura 10: Admissão de ar durante o primeiro curso nos motores diesel de quatro tempos.

Fonte: (VARELLA, 2018).

Compressão

O pistão se desloca do PMI para o PMS. Ocorre a compressão do ar. As válvulas de admissão e descarga estão fechadas. A compressão do ar na câmara de combustão produz elevação da temperatura. No fim da compressão para relação volumétrica de 18:1, a pressão é de 40-45 kgf/cm^2 e a temperatura é de aproximadamente 800°C no final da compressão, o combustível é dosado e injectado na câmara de combustão. A medida exacta do combustível e o momento de injeção são factores muito importantes para o bom funcionamento dos motores diesel. A injeção do combustível na câmara de combustão é feita pelo bico injector, conforme a figura 11. Imediatamente após a injeção, o combustível se inflama devido ao contacto com ar aquecido, iniciando-se a combustão.



Figura 11: Injeção de combustível na massa de ar quente nos motores diesel de quatro tempos.

Fonte: (VARELLA, 2018).

Expansão

O pistão se desloca do PMS para o PMI. Ocorre a expansão do ar. As válvulas de admissão e descarga estão fechadas. A medida que o combustível é injectado, vai se inflamando, aumentando a temperatura dos gases, que tendem a se dilatar cada vez mais. Durante a expansão, o pistão é accionado pela força de expansão dos gases, transformando a energia térmica em mecânica, conforme a figura 12. A força vinda da expansão dos gases é transmitida para o virabrequim, através da biela, promovendo assim o movimento de rotação do motor. A expansão é o único curso que ocorre a transformação de energia. Parte da energia transformada é armazenada no virabrequim e no volante do motor, que será consumida durante os outros três cursos.

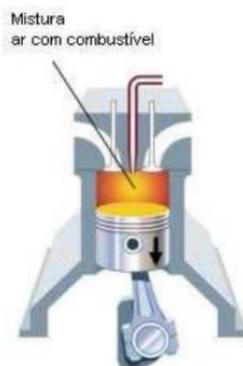


Figura 12: Deslocamento do pistão pela força de expansão dos gases, transformando a energia térmica em mecânica.

Fonte: (VARELLA, 2018).

Descarga ou emissão

O pistão se desloca do PMI para o PMS. Neste curso, ocorre a emissão dos resíduos da combustão. A válvula de admissão está fechada e a de emissão está aberta. O movimento ascendente do pistão, expulsa do cilindro os resíduos da combustão, através da válvula de emissão. Isso pode ser visto, na figura 13.

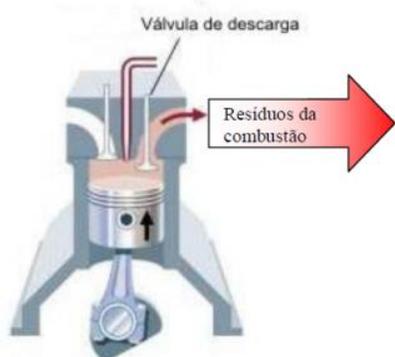


Figura 13: Resíduos da combustão, que são eliminados através da válvula de emissão.

Fonte: (VARELLA, 2018).

2.4. Injecção de combustível

A injecção do combustível diesel é controlada por uma bomba de pistões responsável pela pressão e distribuição do combustível para cada cilindro nos momentos correctos. Pode-se trabalhar com dois sistemas de injecção diferentes: a bomba em linha e a bomba rotativa. Ambas são construídas para o mesmo fim, dosar a quantidade de combustível, ajustando-o à carga de acordo com as ordens de um regulador (PEREIRA et al, 2002). Na maioria dos motores diesel utiliza-se uma bomba em linha dotada de um pistão para cada cilindro e accionada por uma árvore de cames que impulsiona o combustível quando o êmbolo motor (pistão) atinge o ponto de início de injecção, no final do tempo de compressão. Alguns motores utilizam bombas individuais para cada cilindro e há outros que utilizam uma bomba de pressão e vazão variáveis, fazendo a injecção directamente pelo bico injector accionado pela árvore de comando de válvulas. Dividindo a bomba em linha em duas partes, tem-se na parte inferior o óleo lubrificante e na parte superior o óleo diesel, que actua sobre os elementos de bombeamento. O óleo diesel é o encarregado de lubrificar as peças de bombeamento (PEREIRA et al, 2002). A bomba rotativa é constituída de um tambor e um eixo com furos, que

distribuem o combustível para os cilindros num processo semelhante ao do distribuidor de corrente para as velas utilizadas nos motores de automóveis. Na bomba rotativa a lubrificação não é feita com óleo lubrificante, e sim pelo próprio óleo diesel que também lubrifica suas peças rodantes. O óleo percorre um caminho dentro da bomba que propicia a combustão do motor e a lubrificação simultaneamente (PEREIRA et al, 2002). Para que funcionem as bombas injectoras, rotativas ou em linha, são instaladas no motor sincronizado com os movimentos da árvore de manivelas.

2.5. Componentes eléctricos de um motor diesel

Os motores diesel, especialmente os aplicados em GMG's, são dotados de um dispositivo eléctrico de parada, em geral um solenóide, que dependendo do fabricante e tipo do motor, trabalham com alimentação constante ou são alimentadas somente no momento de parar o motor diesel. Este componente na maioria dos GMG's, está interligado a outros componentes de protecção. Para manter as baterias em boas condições de funcionamento, é necessário recarregar a energia consumida pelo motor de arranque, solenóide de parada e os demais componentes consumidores presentes nos GMG's. Utiliza-se um carregador de bateria automático alimentado pela rede eléctrica, com o objectivo de manter as baterias sempre carregadas enquanto o GMG estiver desligado. O GMG também possui um alternador pequeno parecido com o dos automóveis, para recarga da bateria do motor, enquanto o GMG está em funcionamento (PEREIRA, 2015).

Baterias

Os grupos geradores necessitam de baterias para sua partida. Na maioria dos casos as tensões de partida são entre 12V e 24V, podendo ser de outras tensões dependendo do projecto do grupo gerador. Esta interligação é executada no motor de partida do motor diesel (WEG, 2017).

Para os GMG's a bateria usada é a do tipo estacionária, pelo simples motivo de ter maior descarga eléctrica quando comparada a outros tipos. Na maioria dos casos são usadas do tipo chumbo-ácido. A potência e a capacidade dependem do motor de partida, da duração e frequência das partidas, como também dos dispositivos auxiliares

que permanecem ligados, tais como lâmpadas de sinalização. A capacidade das baterias para motores diesel, variam de 84 a 270 Ah, fornecendo 12 V, referidos a um período de 20 horas com 27°C. A capacidade e a tensão de descarga, diminuem rapidamente com a temperatura em declínio. A descarga espontânea é de 0,5 até 1,0 % da capacidade nominal por dia. A temperatura da bateria usada não deve ultrapassar a 60°C, com temperatura acima de 60°C a bateria diminui a sua vida útil e há aumento dos riscos para um acidente (PEREIRA, 2015).

2.6. Gerador eléctrico

Gerador é um dispositivo usado para a transformação da energia mecânica, química ou outra forma de energia em energia eléctrica (EUGENIO et al, 2013). A função do gerador eléctrico é de converter energia mecânica em energia eléctrica podendo esta ser alternada ou contínua. Um gerador de corrente contínua é conhecido como dínamo e um gerador de corrente alternada como alternador. Os alternadores são os responsáveis por gerar a corrente alternada (SILVA, 2012).

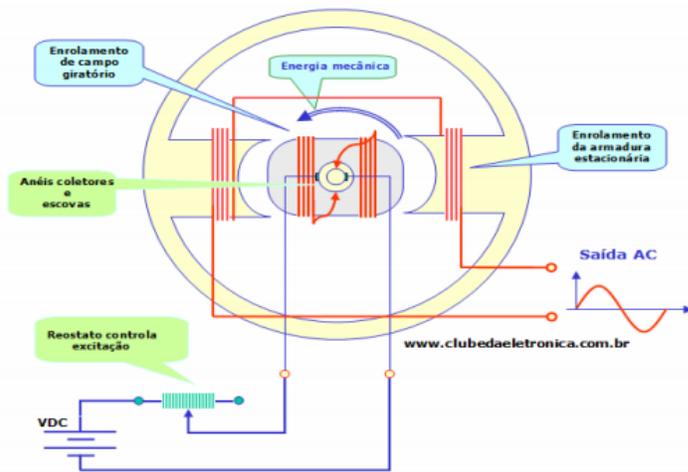


Figura 14: Ilustração simplificada de um gerador de corrente alternada.

Fonte: (SILVA, 2012).

2.6.1. Princípio de funcionamento do alternador

Uma máquina síncrona possui duas partes principais, o rotor e o estator. O rotor é a parte móvel da máquina que gira ao redor do estator, no rotor estão presentes o

enrolamento de campo e no estator o enrolamento de armadura. Quando o rotor é movido mecanicamente, é gerado um fluxo magnético nas bobinas, a variação do fluxo magnético resulta na geração de tensão alternada no enrolamento de armadura, caracterizando um gerador. Já quando os enrolamentos da armadura são alimentados por corrente alternada é gerado um fluxo de corrente nas bobinas que por sua vez irá induzir um fluxo magnético na armadura, fazendo com que o rotor gire o (UMANS, 2014).

A tensão gerada depende da velocidade de rotação do eixo e do fluxo de campo e é dada pela fórmula:

$$E_A = K\Phi\omega \quad (\text{equação 1})$$

Onde E_A é a tensão gerada, K é uma constante que representa aspectos construtivos da máquina, Φ é o fluxo de campo e ω é a velocidade de rotação. E a equação que relaciona a frequência com a rotação do eixo é:

$$f_{se} = \frac{n_m p}{120} \quad (\text{equação 2})$$

Onde f_{se} é a frequência eléctrica medida em Hertz, n_m é a velocidade do eixo e p é o número de polos do gerador (CHAPMAN, 2013).

2.7. Quadro de Comando

Esse quadro tem em seu interior os componentes eléctricos de protecção, controle e comando do alternador e motor, rede eléctrica, conforme o caso. Quase sempre é dotado de uma chave comutadora com disjuntor para entrada de cabos provenientes do alternador, voltímetro, frequencímetro, amperímetros, regulador automático de tensão do alternador e demais componentes eléctricos, tais como partida automática, sensores de tensão e frequência, chaves de transferência automática de carga, interface para comunicação e transmissão de dados, carregador de baterias, voltímetro e amperímetro do sistema de excitação ou outros instrumentos, conforme a aplicação (PEREIRA, 2015).

2.8. Chave de transferência automática

Toda a instalação onde se utiliza um GMG como fonte alternativa de energia, necessita obrigatoriamente de uma chave comutadora. O uso da chave comutadora é dispensado nos casos onde o GMG é utilizado como fonte única de energia.

O objectivo dessa chave é comutar as fontes de alimentação dos circuitos consumidores, separando-as sem a possibilidade de ligação simultânea. Para isso, as chaves comutadoras de fonte são construídas de diversas formas e dotadas de recursos que vão desde o manual, até a controles eletrônicos digitais, comandos e sinalizações locais e remotas, passando pelos tipos de estado sólido, de acção ultra-rápida (PEREIRA, 2015).

Nos GMG's, a chave comutadora, normalmente, é de três pólos. Primeiro pólo operação aberta, utiliza-se para operação sem carga, o segundo pólo é utilizado pela rede e o terceiro pelo GMG. A não utilização dessa chave comutadora pode causar riscos às instalações e às pessoas, da seguinte forma (PEREIRA, 2015):

- Queima de equipamentos no momento do retorno da energia fornecida pela rede, caso o GMG esteja funcionando sem a chave e o disjuntor geral encontra-se ligado;
- Riscos para as pessoas e possibilidades de incêndios provocados por descargas eléctricas sobre materiais combustíveis, como consequência do evento citado no item anterior;
- Energização indevida da rede eléctrica da concessionária, podendo vitimar eletricistas que estejam trabalhando na rede ou no quadro de medição.

Todas as concessionárias de energia exigem que as chaves comutadoras sejam dotadas de intertravamento mecânico. O conceito básico da chave comutadora e de como é usada na instalação do GMG é apresentada, conforme a figura 15 (PEREIRA, 2015).

Uma chave comutadora pode operar tanto manualmente como automaticamente. Em sistemas automáticos, as funções de liga e desliga da rede e gerador são obtidas por contactos de réles comandados pelo sistema de controle. Na entrada do GMG é

indispensável um meio de desconexão e protecções contra curto-circuito. Para tornar o sistema automático, devemos acrescentar um dispositivo sensor de rede, capaz de perceber as falhas de tensão ou frequência e fechar um contacto para comando da partida do GMG.

Estes sensores devem ter seus parâmetros ajustáveis, incluindo um tempo de confirmação da falha, para evitar partidas do GMG em decorrência de picos instantâneos de tensão. Também deve monitorar o retorno da rede à normalidade e accionar um contacto para retransferência da carga, devendo a partir daí o sistema de controle permitir o funcionamento do GMG em vazio para resfriamento, antes de accionar o dispositivo de parada. O monitoramento ideal é sobre as três fases, sendo frequente o uso dos sensores monofásicos no lado do GMG, principalmente. Em geral ajustam-se os sensores para variações de 20 % de tensão e 5 % de frequência, para mais ou para menos, e um tempo de confirmação de dois a cinco segundos (PEREIRA, 2015).



Figura 15: Conceito básico e diagrama típico de uma instalação de uma chave comutadora de um GMG.

Fonte: (PEREIRA, 2015).

2.9. Manutenção preventiva

A primeira análise a ser realizada é a atenção para as recomendações do fabricante, contidas na documentação técnica fornecida. Em linhas gerais, o GMG's, além dos cuidados diários de operação, exigem pouca manutenção. Os fabricantes recomendam primordialmente (PEREIRA, 2015):

- Realizar trocas de óleo lubrificante e filtros;
- Inspeção diária quanto a vazamentos de óleo lubrificante, água e combustível;
- Verificação dos níveis de água do radiador e de óleo lubrificante;

- Durante o funcionamento do GMG observar ruídos anormais;
- Limpeza e troca dos elementos de filtro de ar;
- Inspeção periódica do sistema de admissão de ar;
- Limpeza do radiador e substituição da água de refrigeração, nos períodos recomendados;
- Regulagem das folgas de válvulas;
- Inspeção da tensão das correias e ajuste quando necessário;
- Inspeção do cubo e demais componentes de accionamento do ventilador;
- Medição da resistência de isolamento do alternador;
- Lubrificação dos enrolamentos do alternador;
- Reapertar cabos e conectores eléctricos;
- Troca de mangueiras ressecadas;
- Completar o nível eletrólito das baterias;
- Revisar bomba e bicos injectores;
- Inspeccionar o amortecedor de vibrações.

CAPÍTULO III - Tratamento de dados e resultados

3.1. Descrição da situação actual nas instalações da EDM da ASC da Matola, no caso de corte no fornecimento da energia eléctrica da rede da EDM

As instalações da EDM da ASC da Matola não possuem uma fonte alternativa de energia eléctrica, o que faz com que essas instalações fiquem sem energia eléctrica, sempre que ocorre interrupção no fornecimento da energia eléctrica da rede da EDM. Fazendo com que as actividades nestas instalações sejam afectadas negativamente, uma vez que os computadores e as maquinas impressoras não podem ser usadas, as instalações ficam sem iluminação e os ar-condicionados ficam desligados.

3.2. Descrição do projecto proposto

O presente projecto consiste no dimensionamento de um gerador a diesel para operar no regime de emergência. O gerador irá alimentar automaticamente as instalações da EDM da ASC da Matola quando houver corte no fornecimento da energia eléctrica da rede da EDM.

A figura 16 ilustra o sistema de comutação automática de fontes proposto, este sistema irá evitar a ligação em paralelo das duas fontes (da rede da EDM e do gerador). Como elas não estarão sincronizadas a ligação em paralelo de ambas poderia criar danos tanto as próprias fontes assim como as cargas por elas alimentadas.

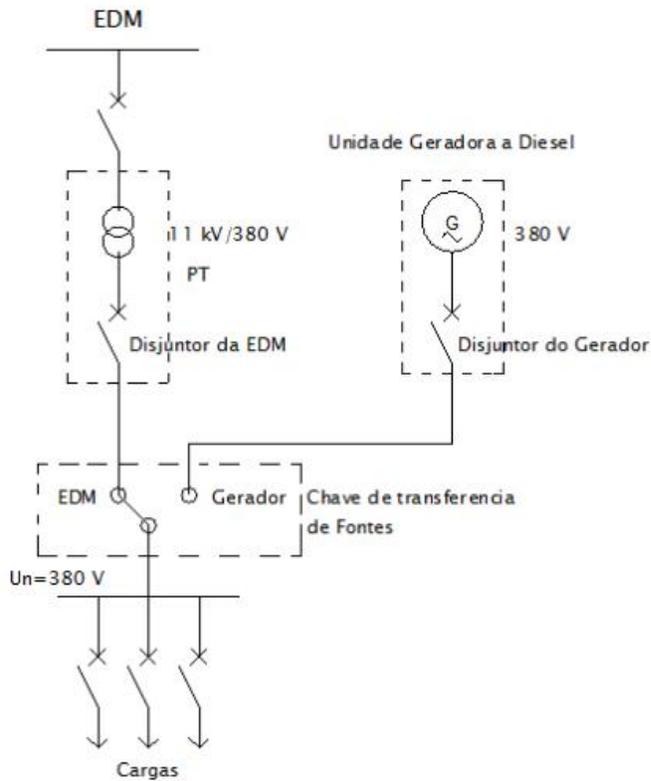


Figura 16: Sistema de comutação automática de fontes proposto.

Circuito de Força

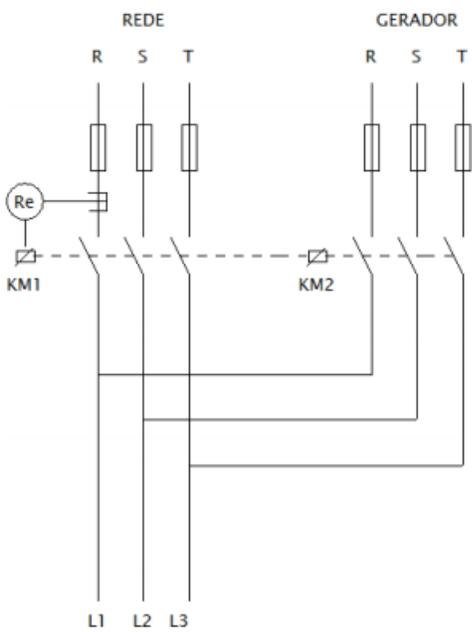


Figura 17: Circuito de força do sistema proposto de comutação automática de fontes.

Circuito de comando

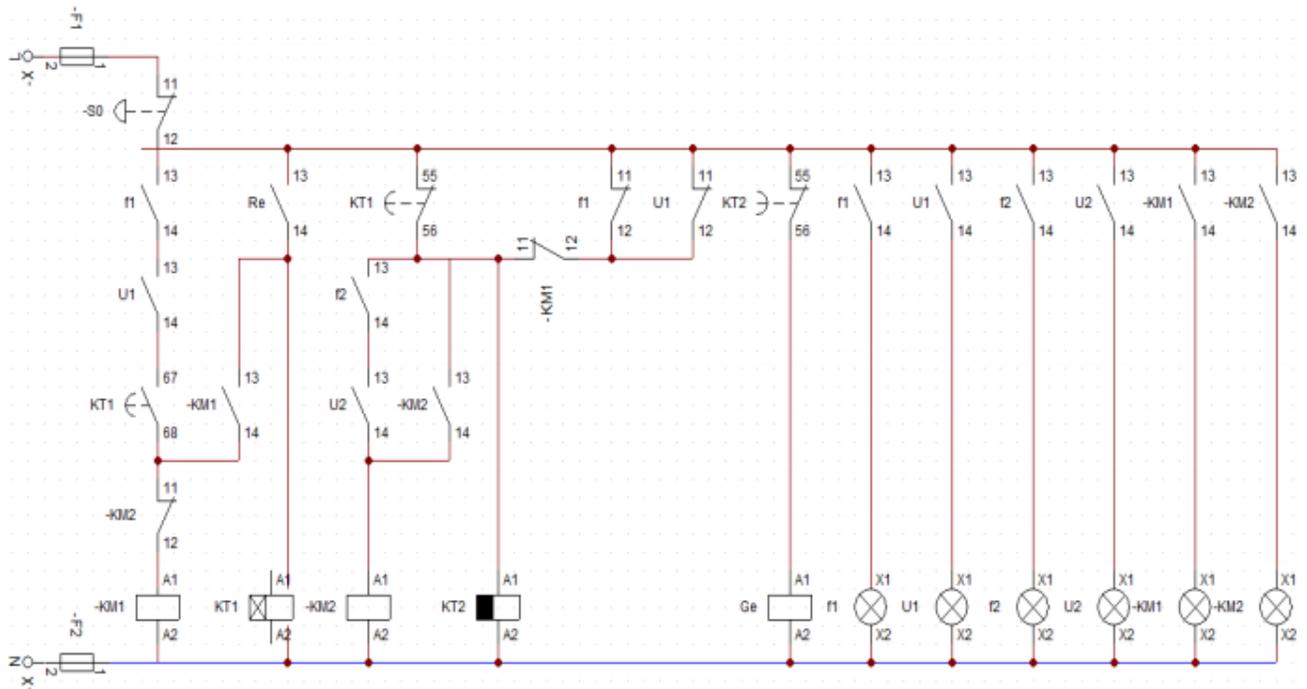


Figura 18: Circuito de comando do sistema proposto de comutação automática de fontes.

O circuito de comando acima proposto para a comutação automática de fontes de energia, consiste num contacto NA do relé (Re), que ao presenciar a corrente na rede pública o mesmo irá fechar e alimentará o temporizador (KT1) que após um tempo determinado irá fechar o seu contacto NA (KT1), e a entrada da fonte da rede pública será condicionada pela tensão e frequência que chega da rede, se a tensão estiver dentro dos parâmetros aceitáveis ($220V \pm 5\%$) o contacto do relé NA U1 irá fechar, e se a frequência da rede também estiver dentro dos parâmetros ($50Hz \pm 5\%$) o contacto auxiliar do relé NA irá fechar, alimentando desta forma a bobina do contactor -KM1 que vai atracar o contactor da rede pública, que irá fechar o seu contacto NA (-KM1) que vai curto-circuitar os contactos NA de U1 e f1 para evitar interrupções contínuas da rede aquando das pequenas oscilações de tensão ou corrente ao longo do funcionamento da rede pública. Quando o relé não presenciar nenhuma corrente da rede pública, o contacto auxiliar NA do relé permanecerá aberto, e o contactor -KM1 da rede não terá como ser accionado, e em simultâneo o contacto auxiliar NF do temporizador KT1

estará fechado e irá alimentar a bobina do temporizador *Delay off* que tem o seu contacto NF a alimentar o arranque automático do gerador (Ge), e o gerador só chega a alimentar a carga no caso de a tensão e frequência estiverem dentro dos parâmetros ($220V \pm 5\%$) e ($50Hz \pm 5\%$), respectivamente para fechar os contactos dos relés NA U2 e f2, só após essas condições estiverem garantidas o contactor -KM2 irá entrar, alimentando a carga a partir do gerador, e o seu contacto auxiliar NA -KM2 irá curto-circuitar os contactos auxiliares U2 e f2 para evitar interrupções contínuas do gerador aquando das pequenas oscilações de tensão ou corrente ao longo do seu funcionamento. Ao se restabelecer a rede pública de energia, o gerador só sairá após de-se ter condições aceitáveis de tensão e frequência da rede pública para alimentar a carga, enquanto essas condições não se verificarem na rede, a comutação não irá se realizar e o gerador irá continuar a alimentar a carga. A entrada de cada parâmetro e contactor, f1, U1, f2, U2, -KM1 e -KM2 respectivamente apresenta sinalização, que permitirá visualizar a entrada assim como não dos parâmetros monitorados, e permitirá detectar falha no caso de uma manutenção correctiva. Os contactos dos relés de U1, f1, U2 e f2 poderão ser controlados por dispositivos de controle de tensão e frequência já existentes no mercado.

3.3. Justificativa da escolha do gerador a diesel

Têm-se inúmeras vantagens, a seguir apresentam-se as mais importantes (GONÇALVES et al, 2014):

- São mais rápidos, conseguem assumir a carga em menos de 10 segundos da partida;
- Podem assumir a carga nominal rapidamente, com tempo de aumento gradativo de carga reduzido;
- São mais económicos, o GMG a Diesel geralmente usa metade do combustível usado por um gerador a gás para realizar o mesmo trabalho;
- O Diesel não é explosivo, como gasolina e propano, tornando-se mais seguro para armazenar;

- O motor a diesel é desenhado para funcionar continuamente para fornecer um *backup* de confiança, mesmo durante a falta de energia prolongada.
- Mais confiável: Os motores a diesel têm menos peças e nenhum sistema de ignição, a ignição ocorre devido a compressão.
- Para a CUMMINS, a estabilidade de frequência de grupos geradores com motores de ignição por vela pode não ser tão boa quanto a dos grupos geradores com motores diesel. O combustível diesel é recomendado para aplicações “de emergência” e “*standby*”. Para obter um bom desempenho de partida e maximizar a vida útil do motor.

Embora os motores a diesel apresentem vantagens para a sua aplicação na geração de energia eléctrica, as mesmas apresentam desvantagens, tais como (BARRETO, 2008).

- Alto custo de manutenção, devido ao facto de ser necessária manutenção constante no motor, e alto custo operacional acarretado pela compra, transporte e distribuição do óleo diesel;
- Poluição do meio ambiente através de emissão de gases de efeito estufa e descarte do óleo lubrificante;
- Poluição sonora, caso o grupo gerador não esteja dentro de uma cabine própria para atenuar o ruído.

3.4. Determinação da carga a ser suprida pelo do gerador

A carga a ser suprida pelo gerador foi determinanada com base no maior valor de energia consumida mensalmente nas instalações da EDM da ASC da Matola. Na tabela 1 encontram-se os valores de energia consumida mensalmente nos primeiros nove meses deste ano.

Mês	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro
Energia consumida por mês (MWh)	220	210	210	220	190	200	200	210	200

Tabela 1: Energia consumida mensalmente nas instalações da EDM da ASC da Matola.

Fonte: EDM

Para a determinação da carga a ser suprida pelo gerador será usada a energia de 220 MWh, que é o maior valor de energia consumida nos primeiros 9 meses deste ano.

1 dia = 24 h e 1 mês = 31 dias

$$24 \text{ h} * 31 \text{ dias} = 744 \text{ h}$$

$$P = \frac{E}{t} \quad (\text{equação 3})$$

$$P = \frac{220 \text{ MWh}}{744 \text{ h}}$$

$$P = 295,7 \text{ KW}$$

$$S = \frac{P}{\cos\phi} \quad (\text{equação 4})$$

$$S = \frac{295,7 \text{ kW}}{0,8}$$

$$S = 369,7 \text{ kVA}$$

O gerador será dimensionado para ser capaz de alimentar as instalações da EDM da ASC da Matola, mesmo no caso de haver um aumento de 20% no valor da carga.

$$S = S_c + 0,2S_c \quad (\text{equação 5})$$

$$S = 369,7 + 0,2 \times 369,7$$

$$S = 443,64 \text{ kVA}$$

Além das cargas que deverão ser conectadas, vários outros factores também influenciam no dimensionamento de um grupo gerador: as características de partida de algumas cargas como motores, as características de suas cargas mecânicas, o desbalanceamento de cargas monofásicas, cargas não lineares como equipamentos UPS, restrições à quedas de tensão, o uso de cargas cíclicas, etc. Como não se prevê a utilização destes tipos de cargas, elas não foram levadas em conta para o dimensionamento do grupo gerador.

Para dimensionar o GMG deve-se atender a potência de 443,64kVA, potência correspondente a um acréscimo de 20% do maior registro de consumo mensal do sistema eléctrico das instalações da EDM da ASC da Matola. Portanto o GMG seleccionado deve ter potência nominal superior a esta.

Para este projecto seleccionou-se um gerador a diesel de 500KVA, 400KW, para regime de emergência, marca VOLVO, modelo TAD1344GE,1800 rpm, com consumo de combustível de 97 litros por hora, informações adicionais sobre este gerador encontram-se no anexo I.

3.5. Protecção do gerador

Um gerador eléctrico pode ser submetido a falhas internas ou externas. Essas falhas devem ser eliminadas o mais rápido possível, caso contrário podem causar danos permanentes ao gerador.

Cálculo da corrente de serviço

A corrente de serviço do circuito será:

$$I_s = \frac{S}{\sqrt{3} \times U \times \cos\phi} \quad (\text{equação 6})$$

$$I_s = \frac{500KVA}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.8}$$

$$I_s = 949,59A$$

Para proteger o gerador contra curto-circuito e sobrecarga será usado um disjuntor

motor de 1000A, as suas características encontram-se no anexo Iv.

Para proteger o motor contra sobretensões, falta de similaridade no ângulo de uma das fases, e detectar a falta de fase será usado um relé de falta de fase.

3.5.1. Aterramento do grupo gerador

Para facilitar a protecção do enrolamento do estator e do sistema associado o ponto neutro de um gerador será ligado à terra. O aterramento também evitará sobretensões transitórias prejudiciais no caso de uma falta de terra.

O aterramento correcto em sistemas *standby* aterrados solidamente é uma função da chave de comutação automática.

Por se tratar de um ATS de três polos, o neutro do gerador será aterrado na entrada de serviço. Na figura 19 esta apresentado o esquema de aterramento do grupo gerador do projecto.

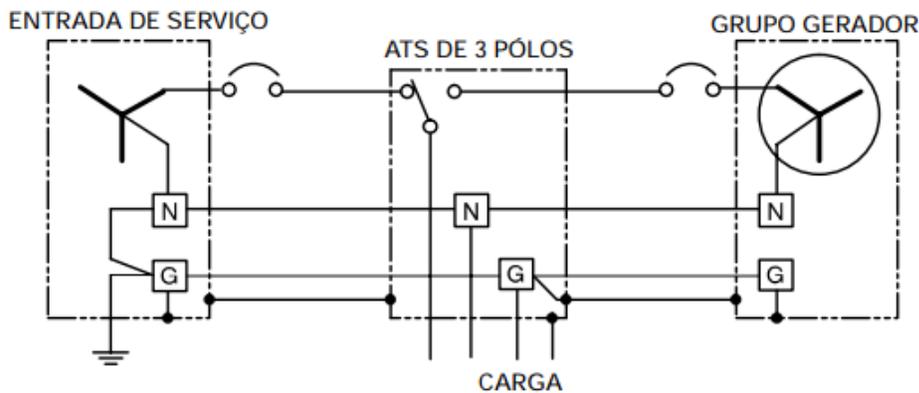


Figura 19: Esquema de aterramento do grupo gerador.

3.6. Dimensionamento do cabo alimentador

3.6.1. Escolha da secção do cabo alimentador

Para este projecto foi escolhido o condutor de cobre e o método de isolamento por policloreto de vinilo (PVC).

Com base na corrente de serviço calculada, verificou-se na tabela 2 (tabela que consta

do anexo II) que a secção adequada para o cabo alimentador é de 630 mm^2 que suporta uma corrente máxima de 1005A (I_z).

3.6.2. Protecção contra sobrecarga

Cálculo da corrente máxima admissível na canalização

A protecção das canalizações eléctricas contra sobrecargas é assegurada se as características dos aparelhos de protecção respeitarem simultaneamente as seguintes condições:

A corrente estipulada do dispositivo de protecção (I_n) seja maior ou igual à corrente de serviço da canalização respectiva (I_s) e menor ou igual que a corrente máxima admissível na canalização (I_z), (RTIEBT MOÇAMBIQUE).

$$I_s \leq I_n \leq I_z \quad (\text{equação 7})$$

A corrente convencional de funcionamento do dispositivo de protecção (I_2) seja menor ou igual que 1,45 a corrente máxima admissível na canalização (I_z).

$$I_2 \leq 1,45 I_z \quad (\text{equação 8})$$

1ª condição:

A intensidade nominal do disjuntor (I_n) terá que ser maior ou igual a 949,59A (I_s) e menor ou igual 1005A.

$$949,59 < 1000 < 1005A$$

2ª condição:

$$I_2 \leq 1,45 \times I_z$$

A corrente convencional de funcionamento (I_2) do disjuntor de 1000 A é de 1450 A ($1,45 \times I_n$). A 2ª condição está verificada já que:

$$1005 \leq 1,45 \times 1005$$

1005 ≤ 1450

A intensidade nominal do disjuntor a utilizar será de 1000A. Para este projecto foi seleccionado o disjuntor DWB1000S1000-3ET. Características adicionais deste disjuntor encontram-se no anexo II.

3.6.3. Cálculo de queda de tensão percentual do cabo

Segundo Lima Filho (2011), a queda de tensão provocada pela passagem de corrente eléctrica nos condutores dos circuitos de uma instalação deve estar dentro de determinados limites máximos, a fim de não prejudicar o funcionamento dos equipamentos ligados aos circuitos terminais. Vale ressaltar, que quando a queda de tensão é grande, os circuitos vão ter a tensão em seus terminais menor que o valor nominal necessário.

$$\Delta U\% = \frac{1,06}{1900} * \gamma * L * I_s * \cos\varphi \quad (\text{equação 9})$$

Onde: $\Delta U\%$ é a queda de tensão em percentagem

γ é a resistência do cabo por quilometro

L é o comprimento da canalização

I_s é a corrente de serviço

$\cos\varphi$ é o factor de potência

O valor da resistência do cabo por quilometro foi consultado na tabela 4.

$$\Delta U\% = \frac{1,06}{1900} * 0,0283 * 15 * 949,59 * 0,8$$

$$\Delta U\% = 0,18$$

O valor da queda de tensão está dentro dos limites aceitáveis, portanto a secção escolhida do cabo é adequada.

3.7. Instalação do grupo gerador

3.7.1. Local de instalação do grupo gerador

Do catálogo do grupo gerador deste projecto presente no anexo I pode-se verificar que o GMG possui as seguintes dimensões: C3,425 x L1,120 x A1,765 m. O grupo gerador será instalado numa sala que será construída com as seguintes dimensões: 12 m de comprimento, 6,6 m de largura e 3,5 m de altura. O espaçamento entre o GMG e as paredes não será menor que 1 m, o que vai permitir fácil acesso para manutenção e operação.

A sala do gerador será construída num local de fácil acesso para o abastecimento de combustível e demais fluidos (líquido de arrefecimento e óleo lubrificante), terá fundação apropriada para suportar o peso do grupo gerador e será projectada de modo a possuir uma boa ventilação.

3.7.2. Sistema de escape

O escape do motor contém fuligem e monóxido de carbono, um gás invisível, inodoro e tóxico. O sistema de escape será projectado para terminar na parte externa da sala do gerador, em um local onde os gases de escape do motor sejam dispersados para longe de edifícios e de entradas de ar. Os gases de escape também serão conduzidos para o lado de descarga de ar do radiador para reduzir a possibilidade de retornarem à sala do grupo gerador por força do ar de ventilação. A tubulação de escape será de tubo de ferro preto.

3.7.3. Tanque externo de combustível

No catálogo do grupo gerador deste projecto presente no anexo I, pode-se verificar que o tanque instalado na base do GMG tem capacidade de 200 litros e que o consumo de combustível do grupo gerador por hora operando a 100% carga é de gerador é 97,0l. Autonomia do gerador será:

$$AG = \frac{\text{Capacidade do tanque}}{\text{Consumo de combustível por hora}} \quad (\text{equação 10})$$

$$AG = \frac{200 \text{ l}}{97 \text{ l/h}}$$

$$AG = 2,061/\text{h}$$

Operando a 100% de carga com o tanque de 97 l/h instalado na sua base, o GMG terá autonomia de duas horas. Passado esse tempo haverá necessidade de se abastecer o tanque do GMG. Para reduzir a necessidade de reabastecimento, será usado um tanque externo para o armazenamento do diesel. Para que o GMG tenha uma autonomia de 6 h a sua capacidade de armazenamento deve ser de $97 \text{ l/h} * 6 \text{ h} = 582\text{l}$. Como o tanque instalado na base do gerador tem uma capacidade de 200l, haverá necessidade de um tanque externo de armazenamento de 382l.

Será usado no presente projecto o tanque Iveco Stralis de 390 litros. Este tanque possui as seguintes dimensões: Comprimento 1 * Largura 0,685 * Altura 0,625.

O tanque externo será instalado na área externa da sala do gerador. Para se garantir uma boa ventilação e por razões de segurança este tanque será inserido numa cerca feita de arame farpado.

O combustível será transferido do tanque externo para o tanque instalado na base do gerador através de uma bomba de transferência controlada por sistema automático por meio de sensores de nível no tanque instalado na base do gerador.

3.7.4. Isolamento acústico para o GMG

Máquinas que utilizam combustíveis fósseis (diesel, gás natural, gasolina, etc.) como o caso de um GMG a óleo diesel emitem ruídos em seu funcionamento devido a queima do combustível e ao atrito mecânico entre seus componentes. Essa queima e atrito geram também calor excessivo, fazendo assim necessário um sistema de arrefecimento, como a aplicação de exaustores e ventiladores, estes últimos, por sua vez, contribuem com a poluição sonora (FILHO et al, 2014).

A sala do gerador será projectada com sistema de isolamento acústico instalado nas paredes, portas e saída de exaustão da casa do gerador, para atenuação acústica.

3.7.5. Isoladores de vibração

Para reduzir as vibrações transmitidas à estrutura de montagem, o grupo gerador possui amortecedores de vibração de elastômero, com corpo metálico resistente a cisalhamento, montados entre o motor/gerador e a base.

3.7.6. Aquecedores do líquido de arrefecimento

Para que possa ter partidas rápidas e boa aceitação de carga, o gerador possui resistência de pré-aquecimento controlada por termostato.

3.7.7. Quadro de comando

Quadro de comando dotado de microcontrolador, fabricado com chapas de aço galvanizado, montado sobre a base do Grupo Gerador, com compartimentos separados para comando e força. Permite operação automática e manual, executando supervisão do sistema de corrente alternada, comandando a partida e parada do grupo gerador em caso de falha da fonte principal (rede). - Medições: potência activa (kW); potência aparente (kVA); energia activa (kWh); tensões de fase e de linha gerador (Vca); frequência (Hz); corrente das fases do gerador (A); temperatura da água (°C); tempo de funcionamento (h); tensão de bateria (Vcc); - Sinalizações: modo de operação; indicação de alarme aticvo; status do Grupo Gerador.

A partir do anexo v encontram-se os desenhos de piso do projecto.

3.8. Custo de operação do gerador por hora

O gerador seleccionado neste projecto tem um consumo de combustivel operando a 100% de carga de 97l/h.

O custo de diesel por litro no pais é de 87,97MT.

https://googleweblight.com/sp?u=https://www.globalpetrolprices.com/Mozambique/diesel_prices/&grqid=BDgJFcEU&hl=pt-PT), 03 de outubro de 2022.

Então o custo de operação do gerador por hora é de $87,97 \times 97 = 8533,09\text{MT}$

3.9. Estimativa do custo do projecto

Na tabela abaixo apresenta-se a estimativa de custos para a execução do projecto.

Material	Custo (MT)
GMG diesel - 500KVA marca VOLVO, modelo TAD1344GE, 1800rpm.	2.753.400,00
Bomba de óleo diesel, mão de obra para instalação de infraestrutura mecânica.	174.925,1696
Isolamento acústico em filtro de paredes e porta, materiais adicionais e mão de obra.	257.754,90
Todos materiais e mão-de-obra inerentes as instalações (eléctrica/mecânica) e instalação do grupo gerador dentro da sala.	1.496.400,00
Tanque de combustível Iveco Stralis de 390 litros.	35.918,3386
Dispositivos de protecção do gerador.	11.000,00
Total	4.729.398,4282

Tabela 2: Estimativa do custo do projecto.

Capítulo Iv - Conclusão e recomendações

4.1. Conclusão

Este projecto foi desenvolvido com o objectivo de dimensionar um gerador para alimentar as instalações da EDM da ASC Matola quando houver corte no fornecimento de energia da rede da EDM.

De entre as várias alternativas de combustível para GMG, escolheu-se o diesel por causa das vantagens dos GMG's diesel em relação aos demais GMG's. Os GMG's a diesel comparativamente aos outros GMG's são mais rápidos em assumir a carga, são mais económicos e são mais confiáveis pelo facto de não possuírem nenhum sistema de ignição, a ignição ocorre por compressão.

Seleccionou-se um grupo gerador de marca VOLVO, modelo TAD1344GE, de potência 500KVA, 400kwe para o regime de emergência. A escolha deste gerador foi com base no maior registro de consumo mensal nas instalações da EDM da ASC Matola.

Projectou-se um sistema de comutação automática de fontes, este sistema evitará a ligação em paralelo das duas fontes (da rede da EDM e do gerador) que poderia criar danos tanto as próprias fontes assim como as cargas por elas alimentadas pelo facto delas não estarem sincronizadas.

O sistema automatizado para além dos benefícios mencionados, proporcionará maior rapidez para o processo de mudança de fontes, pois independentemente da hora em que ocorrer a interrupção na alimentação da rede da concessionária, o sistema responderá a interrupção sem necessidade de intervenção dum técnico, agilizando o processo de transferência de carga e evitando a possibilidade de que os equipamentos fiquem sem alimentação por tempo indeterminado.

Realizada a avaliação do impacto do uso do grupo gerador como fonte alternativa de energia nas instalações da EDM da ASC Matola e do custo da sua implementação, conclui-se que o projecto é viável pois permitirá a continuidade das actividades nestas instalações, quando houver corte no fornecimento da rede da EDM. O que contribuirá na melhoria dos serviços prestados aos clientes nestas instalações.

4.2. Recomendações

- Todas as conexões dos componentes físicos do grupo gerador devem ser flexíveis para que com o movimento e vibração não ocasione danos, esses componentes são principalmente o sistema de escape do motor, dutos de ar para ventilação, cabos de força e comando e as linhas de combustível;
- Deve-se evitar a entrada de umidade e sujeiras para dentro do sistema de combustível. Nas instalações de sistema de combustível, a limpeza é de maior importância;
- Caso aconteça qualquer vazamento durante a troca de óleo ou abastecimento o grupo gerador deve ser completamente limpo antes da sua partida para evitar possíveis riscos de incêndio;
- É necessário verificar se porventura ou descuido não há vestígios de combustível ou materiais contaminantes que possam causar incêndio (durante o funcionamento do grupo gerador) ou obstrução da saída do escapamento, a obstrução da saída do escapamento pode danificar o funcionamento do motor.

5. Bibliografia

5.1. Referências Bibliográficas

1. CUMMINS POWER GENERATOR. Manual de Aplicações para Grupos Geradores Arrefecidos a Água. Manual de Aplicação Disponível em <<http://www.cumminspower.com.br/bibcatalogo.asp>>. 20 de outubro de 2022.
2. Domschke, A. G. e Garcia, O. Motores de Combustão Interna. São Paulo: Dep. De Eng. Mecânica, Escola Politécnica da USP, 1968.
3. Galdino, Jean Carlos da Silva. Curso: Manutenção de ferrovia – Eletrotécnica II – 2011. Disponível em: http://www3.ifrn.edu.br/~jeangaldino/dokuwiki/lib/exe/fetch.php?media=apostila_grupo_motor_gerador1.pdf. 27 de setembro de 2022.
4. Haddad, J, Martins, A. R. S. E Marques, M. Conservação de Energia: Eficiência Energética de Instalações e Equipamentos. Itajubá, MG: FUPAI, 2001.
5. Reira, V. M. Pomilio, J. A. E Ferreira, P. A. V. Determinação e Implementação de Filtros para Casamento de Modelos de Motores CC e Diesel, Anais do XIV Congresso Brasileiro de Automática - CBA 2002. Natal (RN), Brasil, pp. 3217 - 3222, 2002.
6. PRADO, A. M. Sistema elétrico automatizado objetivando otimização na alimentação de centro de consumo. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia e Automação Elétricas) - Departamento de Energia e Automação, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.
7. PEREIRA, J. C. Motores e Geradores - Princípio de funcionamento, instalação e manutenção de grupos diesel geradores, 2017. Disponível em: < <http://www.joseclaudio.eng.br/geradores/PDF/diesel1.pdf> >. 06 de outubro 2022.
8. Portaria nº 949-A/2006 de 11 Setembro de 2006. Diário da Republica nº 175 - i série. Ministério da Economia e da Inovação. Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão. Moçambique.
9. Varella, Carlos Alberto Alves; Santos, Gilmar de Souza. Noções básicas de motores

dieseis. Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2010.

5.2. Outra Bibliografia Consultada

1. Del Toro, Vincent. Fundamentos de Máquinas Elétricas. Basic Electric machines, copyright, 1990. by Prentice-hall, Inc. A Division of Simon & Schuster. Englewood Cliffs, New Jersey 07632.

2. (https://googleweblight.com/sp?u=https://www.globalpetrolprices.com/Mozambique/diesel_prices/&grqid=BDgJFcEU&hl=pt-PT), 03 de outubro de 2022.

3. J.Chapman, S. 2013. Fundamentos de Maquinas Electricas. Sao Paulo: AMGH Editora Ltda.

4. Marconi, M. d. & Lakatos, E. M. 2003. Fundamentos de metodologia científica. 5ª edição, São Paulo, Editora ATLAS S.A.

Anexo I

Standby		Prime		Motor		Grupo Gerador				
kVA	kWe	kVA	kWe	Modelo	Nº CIL.	Dimensões (mm)			Massa (Kg)	Consumo comb. (l/h) (100% carga)
						C	L	A		
500	400	455	364	TAD1344GE	6	3425	1120	1765	3297	97,0

* Consumo a 100% de carga – Prime.

MOTOR

Estacionário, de combustão interna por ciclo diesel, da marca VOLVO, modelo TAD1344GE, com potência mecânica bruta máxima de 611 CV em rotação nominal de 1800 rpm, 6 cilindros em linha, com cilindrada de 12,78 litros, injeção eletrônica de combustível, turboalimentado, com sistema de gerenciamento eletrônico EMS 2, ar de admissão pós-arrefecido por intercooler ar-ar e água de refrigeração arrefecida por radiador incorporado, ventilador e bomba centrífuga. Dotado de sistema de proteção contra alta temperatura da água, baixa pressão do óleo, sobre-velocidade.

Outras características:

- Baixos níveis de emissões atendendo EU (European Union Emission Standards) Stage II;
- Filtros com elementos substituíveis para ar tipo seco, para óleo lubrificante e para combustível com separador de água;
- Sistema elétrico de 24 Vcc, dotado de alternador para carga das baterias;

GERADOR

Síncrono, sem escovas (Brushless), trifásico, classe de isolamento H, com impregnação à vácuo, ligação estrela com neutro acessível, 4 pólos, mancal único, acoplamento por discos flexíveis, enrolamento do estator com passo encurtado, com excitatriz rotativa alimentada por bobina auxiliar, regulador eletrônico de tensão e grau de proteção IP21.

Outras características:

- Rotação nominal de 1800 rpm;
- Tensão 220/127 Vca, 380/220 Vca ou 440/254 Vca.

BASE DE MONTAGEM

Base única, de estrutura robusta e integralmente soldada, fabricada a partir de longarinas e travessas de aço carbono e reforços nos pontos de apoio dos equipamentos, garantindo o alinhamento adequado e a estabilidade estrutural do conjunto. Possui orifícios para içamento nas extremidades da estrutura, que facilitam a movimentação.

QUADRO DE COMANDO AUTOMÁTICO

Quadro de comando dotado de microcontrolador, fabricado com chapas de aço galvanizado, montado sobre a base do Grupo Gerador, com compartimentos separados para comando e força, conforme solicita a NR10. Permite operação automática e manual, executando supervisão do sistema de corrente alternada, comandando a partida e parada do grupo gerador em caso de falha da fonte principal (rede).

- Medições: potência ativa (kW); potência aparente (kVA); energia ativa (kWh); tensões de fase e de linha gerador (Vca); frequência (Hz); corrente das fases do gerador (A); temperatura da água (°C); tempo de funcionamento (h); tensão de bateria (Vcc);
- Sinalizações: modo de operação; indicação de alarme ativo; status do Grupo Gerador;
- Proteções: sobre / subtensão; sobre / subfrequência; sobrecorrente; sobre / subvelocidade; sobre / subtensão de bateria; alta temperatura da água; baixa pressão do óleo lubrificante;
- Registro de até 50 eventos.

QUADRO DE COMANDO MANUAL MICROPROCESSADO

Quadro de comando dotado de microcontrolador, fabricado com chapas de aço galvanizado, montado sobre a base do Grupo Gerador, com compartimentos separados para comando e força, conforme solicita a NR10. Permite operação manual, executando supervisão do sistema de corrente alternada.

- Medições: potência ativa (kW); potência aparente (kVA); energia ativa (kWh); tensões de fase e de linha gerador (Vca); frequência (Hz); corrente das fases do gerador (A); temperatura da água (°C); tempo de funcionamento (h); tensão de bateria (Vcc).
- Sinalizações: modo de operação; indicação de alarme ativo; status do Grupo Gerador.
- Proteções: sobre / subtensão; sobre / subfrequência; sobrecorrente; sobre / subvelocidade; sobre / subtensão de bateria; alta temperatura da água; baixa pressão do óleo lubrificante.
- Registro de até 50 eventos.

SISTEMA DE FORÇA

Proteção por disjuntor manual, tripolar, fixo, termomagnético, dimensionado para a capacidade de corrente do grupo gerador.

Chave de transferência composta por dois contatores, tripolares, dimensionados na capacidade nominal do grupo gerador, montada no compartimento de força do quadro de comando. (Somente para opção de Grupo Gerador Automático nas tensões de 380 Vca e 440 Vca).

Chave de transferência composta por dois disjuntores, motorizados, tripolares, dimensionados na capacidade nominal do grupo gerador, montada no compartimento de força do quadro de comando. (Somente para opção de Grupo Gerador Automático na tensão de 220 Vca. Nesta condição não se aplica o disjuntor de proteção, sendo esta função realizada pela própria chave de transferência).

ACESSÓRIOS

- Tanque de combustível de consumo em polietileno instalado, na base do grupo gerador, com sensor de nível elétrico (Somente para opção de Grupo Gerador Automático) e indicação no frontal do painel, na capacidade de 200 litros.
- Silencioso avulso e segmento elástico, montado na saída dos gases de escape, com flange para conexão à tubulação;
- Amortecedores de vibração de elastômero, com corpo metálico resistente a clalhamento, montados entre o motor/gerador e a base;
- Baterias isentas de manutenção, montadas na base com suporte, cabos e conectores;
- Resistência de pré-aquecimento, controlada por termostato.

DIVERSOS

- Motor e gerador com pintura original dos fabricantes, base preta, quadro de comando branco;
- Manual técnico em mídia eletrônica (CD);
- Garantia de 12 meses, conforme termo de garantia padrão;
- Treinamento básico de operação e verificações de rotina, durante a entrega técnica.

DIFERENCIAIS TÉCNICOS

- Projetos baseados na otimização das dimensões e peso dos equipamentos, possibilitando em alguns casos o transporte de mais de um grupo gerador lado a lado em um caminhão;
- Equipamentos compactos e robustos aptos para aplicações móveis;
- Painel de comando na traseira do equipamento;
- Utilização de disjuntores como proteção para todos os equipamentos;
- Cabos de silicone entre base do gerador e quadro de comando;
- Saída de cabos do quadro pela parte inferior do quadro, com fechamento em borracha.
- Painel de comando fabricado com chapa de aço galvanizado, propiciando alta resistência a corrosão, superior a 2000 horas em teste de névoa salina (Salt Spray).

Anexo II

Tabela 3: Correntes admissíveis, em amperes, para os métodos de referência E, F e G.

Seção nominal dos condutores (mm ²)	Cabos multicondutores		Cabos monocondutores				
	Dois condutores carregados ⁽¹⁾	Três condutores carregados ⁽¹⁾	Dois condutores carregados	Três condutores carregados em triângulo	Três condutores carregados em esteira		
					Sem afastamento ⁽²⁾		Vertical
					Afastamento ⁽²⁾	Horizontal	
Mét. ref. ⇒	E	E	F	F	F	G	G
Coluna ⇒	1	2	3	4	5	6	7
35	148	126	162	137	143	181	162
50	180	153	196	167	174	219	197
70	232	196	251	216	225	281	254
95	282	238	304	264	275	341	311
120	328	276	352	308	321	396	362
150	379	319	406	356	372	456	419
185	434	364	463	409	427	521	480
240	514	430	546	485	507	615	569
300	593	497	629	561	587	709	659
400	-	-	754	656	689	852	795
500	-	-	868	749	789	982	920
630	-	-	1 005	855	905	1 138	1 070

Tabela 4: Características técnicas do disjuntor DWB1000S1000-3ET.

Referencia disjuntor	Disjuntor DWB eletrônico
Tamanho da carcaça	1000
Capacidade de interrupção DWB	50 kA
Corrente nominal	1000A
Número de polos	3
Tipo disparador	Eletrônico (DWB)

Anexo III

Tabela 5: Resistência máxima em corrente contínua a 20°C.

Resistência máxima em corrente contínua a 20° C Ω/km					
SECÇÃO NOMINAL mm ²	NÚMERO DE FIOS	Cabos monocondutores e cabos com condutores paralelos		Cabos multicondutores cabeados	
		Cobre não estanhado	Cobre estanhado	Cobre não estanhado	Cobre estanhado
0,2	1	88,5	88,5	—	—
0,3	1	53,1	53,7	—	—
0,5	1	35,4	35,8	—	—
0,75	1	23,8	24,0	—	—
1	1	17,7	17,9	—	—
1,5	1	11,9	12,0	18,1	18,2
2,5	1	7,14	7,21	12,1	12,2
4	1	4,47	4,51	7,28	7,36
6	1	2,97	3,00	4,56	4,60
10	2	1,79	1,81	3,06	3,06
16	2	1,13	1,14	1,83	1,84
25	2	0,712	0,719	1,15	1,16
35	19	0,514	0,519	0,727	0,734
50	19	0,379	0,383	0,524	0,526
70	19	0,262	0,265	0,387	0,391
95	19	0,189	0,191	0,268	0,270
120	37	0,150	0,151	0,193	0,195
150	37	0,122	0,123	0,153	0,154
185	37	0,0972	0,0962	0,124	0,126
240	61	0,0740	0,0747	0,0991	0,100
300	61	0,0590	0,0595	0,0754	0,0762
400	61	0,0461	0,0465	0,0601	0,0607
500	61	0,0366	0,0369	0,0470	0,0475
630	127	0,0283	0,0286	0,0373	0,0377
800	127	0,0221	0,0224	0,0289	0,0292
1000	127	0,0176	0,0177	0,0226	0,0228
				0,0175	0,0181

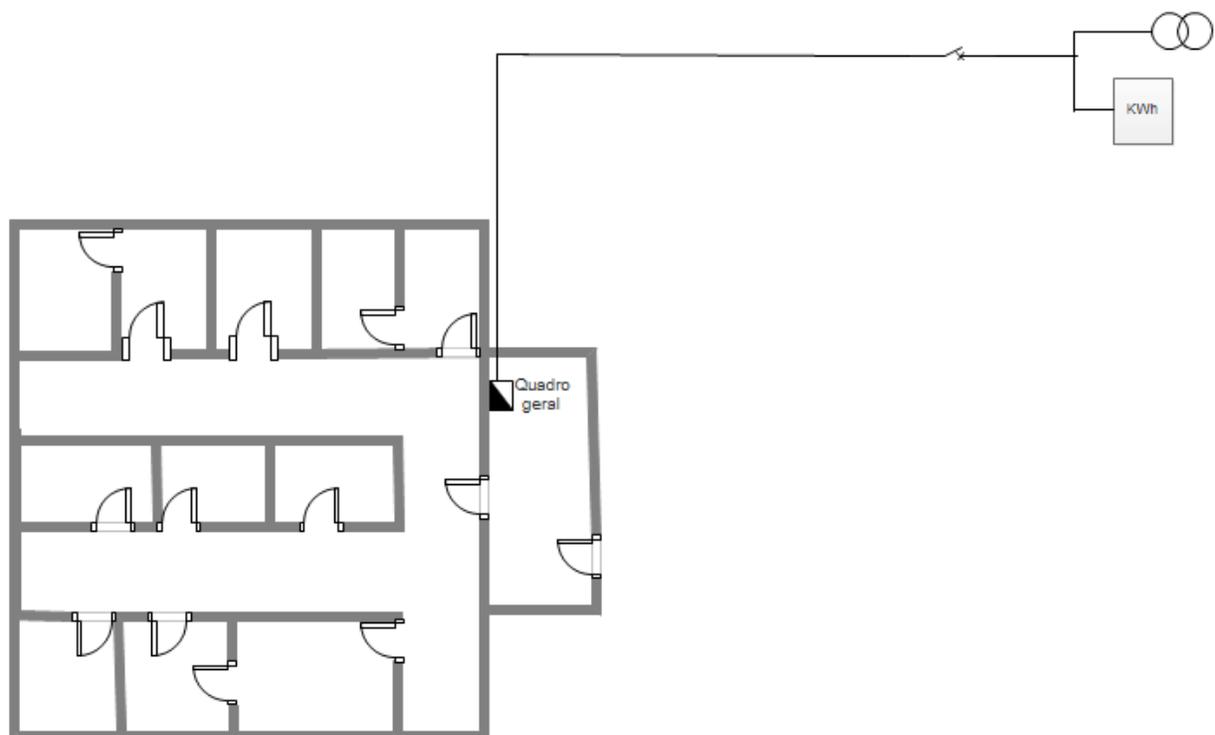
Anexo IV

Disjuntor Trifásico para Motor 6,30-10,00A MPW25-3-U010 Weg

- Permite manobra e proteção contra sobrecarga e curto-circuito de motores elétricos
- Disparador de curto-circuito fixo no valor de 13 vezes a corrente nominal máxima do disjuntor
- Sensível à falta de fase de acordo com norma IEC/EN 60947-4-1 e DIN VDE 0660 T.102
- Compensado por temperatura
- Permite o uso como chave geral (IEC 60947-2)
- Autoprotegido contra curto-circuito até 6,3 A em 500 VCA
- Terminal parafuso

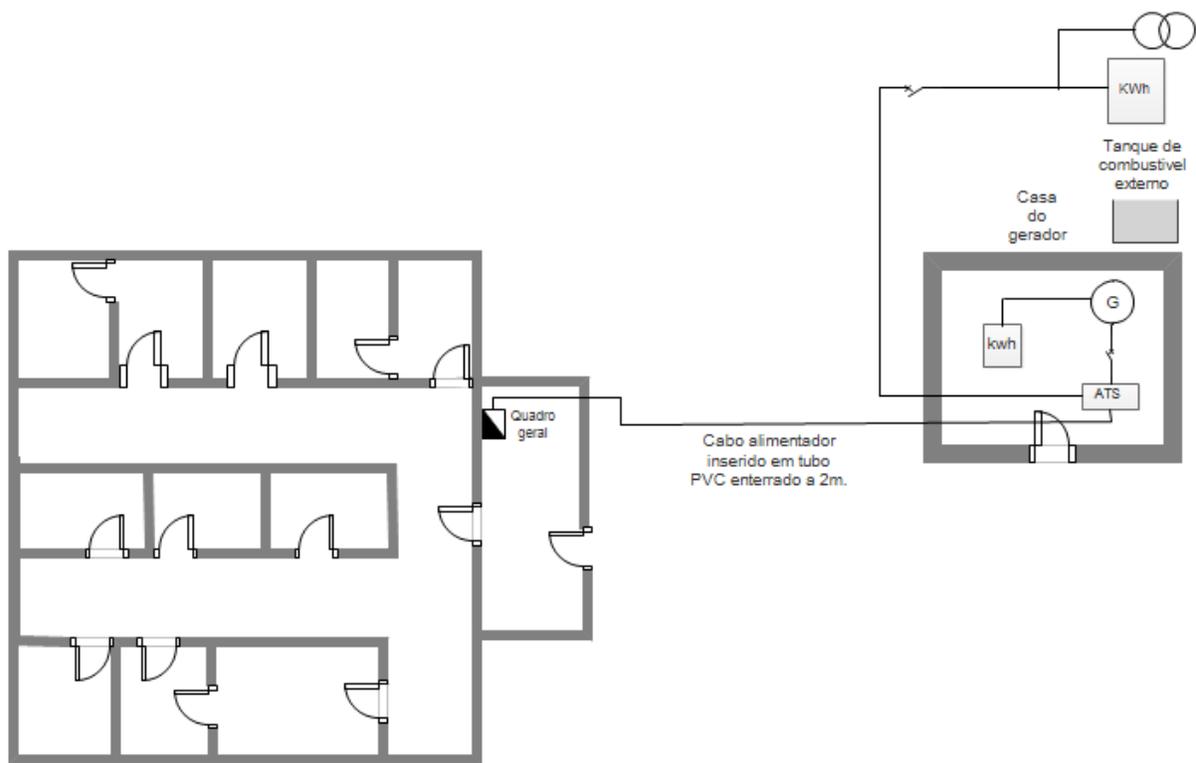
Anexo V

Configuração actual do sistema de alimentação



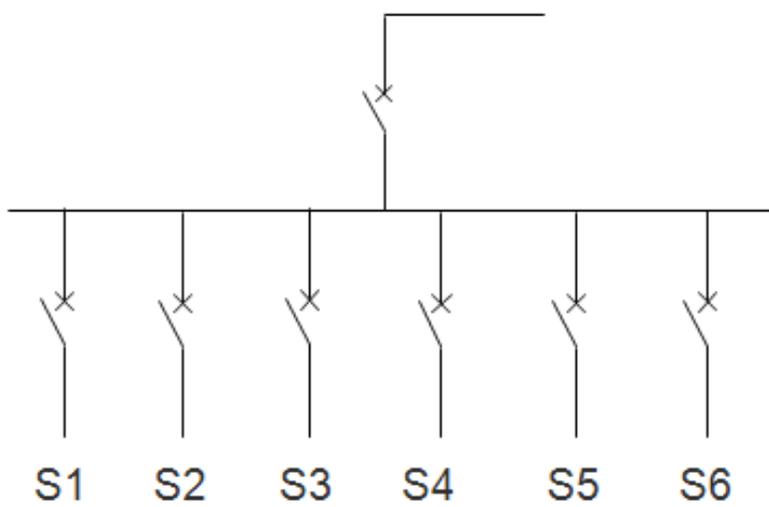
Anexo VI

Desenho de piso do projecto proposto



Anexo VII

Quadro geral



Anexo VIII

Casa do gerador

