



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Título:

DIMENSIONAMENTO DE DOIS BANCOS DE BATERIAS PARA ALIMENTAÇÃO DE SISTEMA DE EXCITAÇÃO DE GERADORES DA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE CORUMANA

AUTOR:

Lissane, Maurício Francisco

SUPERVISOR:

Eng° Isac Matavel

Maputo, Julho de 2022



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Título:

DIMENSIONAMENTO DE DOIS BANCOS DE BATERIAS PARA ALIMENTAÇÃO DE SISTEMA DE EXCITAÇÃO DE GERADORES DA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE CORUMANA

AUTOR:

Lissane, Maurício Francisco

SUPERVISOR:

Eng° Isac Matavel

Maputo, Julho de 2022



ELECTRICIDADE
DE MOÇAMBIQUE, E.R

DIVISÃO DE PRODUÇÃO SUL

Ref Nr 130/DPSU/2022

Para: Faculdade de engenharia – UEM

Assunto: Pedido de estágio profissional

Em resposta à carta de pedido de estágio profissional recebido na empresa ELECTRICIDADE DE MOÇAMBIQUE EP, na DIVISÃO DE PRODUÇÃO SUL sita na avenida de Namaacha, Km 1,5 na província de Maputo, vem através deste despacho comunicar ao estudante, **Maurício Francisco Lissane**, do curso de Engenharia Eléctrica, que o pedido foi diferido e que o estágio será realizado na central hidroeléctrica de curumana, tendo o mesmo uma duração de 3 meses, com início no dia 23/03/2022.

Respeitosos cumprimentos

ERNESTO J. SUMBANE





ELECTRICIDADE
DE MOÇAMBIQUE, E.P.

DIRECÇÃO DE PRODUÇÃO
Central Hidroeléctrica de Corumana

PARA:
Universidade Eduardo Mondlane
Faculdade de Engenharia
Maputo

Nossa Referência:
DG/CRM/2022
No. de Páginas: 1+0

Vossa Referência:

Data:
21-07-2022

Contacto:
Domingos dos Santos
domingos.santos@edm.co.mz
Telefone: 825478495

Assunto: Carta De certificação de estágio

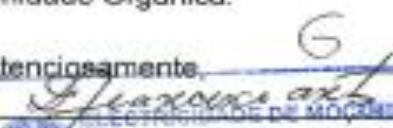
A Electricidade de Moçambique E.P. – DIRECÇÃO DE PRODUÇÃO, declara que o senhor **Mauricio Francisco Lissane**, portador do Bilhete de Identidade número 110101084537S, estagiou nesta Empresa, por um período de 3 meses (23/03/2022 à 21/06/2022), e esteve afecto no Departamento de Manutenção Eléctrica da Central Hidroeléctrica de corumana, onde participou nas seguintes actividades:

1. Manutenção preventiva de equipamentos e máquinas eléctricas (Motores assíncronos; transformadores de potência; disjuntores)
3. Elaboração de procedimentos de Manutenção preventiva; e
3. Interpretação de esquemas eléctricos e análise de ocorrências na Central.

Durante o tempo que esteve nesta Empresa, demonstrou muito empenho no exercício das suas actividades, espírito de colaboração e boa vontade de aprender com as pessoas mais experientes.

Por ser verdade e a pedido do interessado, passou-se o presente documento, que vai assinado e autenticado com carimbo a tinta de óleo em uso nesta Unidade Orgânica.

Atenciosamente,


DIRECÇÃO DE PRODUÇÃO DE MOÇAMBIQUE, E.P.
Domingos Francisco dos Santos
CENTRAL DE CURUMANA

página 1(1)

o plano de
actividade
da unidade
de ensino
de Engenharia
Electrotécnica



FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
Curso de Engenharia Eléctrica

TERMO DE ATRIBUIÇÃO DE TEMA DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

REFERÊNCIA DO TEMA 2022ELEPPL05 Data 25/04/2022

1. TÍTULO DO TEMA
Dimensionamento de um banco de baterias para alimentação de sistema de excitação dos grupos geradores da central hidroeléctrica de corumana

2. DESCRIÇÃO SUMÁRIA DO TRABALHO A DESENVOLVER

2.1 Introdução

A central hidroeléctrica de corumana situa-se na localidade de Sabié, distrito da Moamba na província de Maputo, fazendo o aproveitamento da água do rio Sabié, afluente do rio Incomati. Trata - se de uma infraestrutura que usa a energia hidráulica para a geração de energia eléctrica, isto é, o seu funcionamento tem por base uma queda de água que gera dois níveis de um leito. Quando a água cai do nível superior para o inferior passa por uma turbina hidráulica que transmite a energia a um gerador que por sua vez transforma - a em energia eléctrica.

A central em referência tem uma capacidade instalada de 16,2 MW, a qual é assegurada por dois grupos geradores, cada um com 8,1 MW. Os geradores são movidos por turbinas Kaplan, cuja a altura de queda destas é de 36 metros e o caudal de descarga de 25 m³, tem dois transformadores de potencia com capacidade de 9 MVA cada, elevando a tensão gerada de 11 KV para 110 KV, este ultimo nível de tensão é usado para a transmissão de energia por meio de duas linhas de alta tensão, a partir de corumana para a cidade de Maputo e a outra para Komatiport - Africa de Sul.

Os geradores são auto excitados, por meio de um transformador de 11/0,105 KV que recebe a tensão do gerador e transfere - a para uma ponte de rectificação controlada por tiristores, durante o arranque do grupo gerador é dada uma excitação piloto por meio de um grupo de baterias de 110 voltes que por sua vez, para alem desta função alimenta serviços auxiliares de corrente contínua.

Trata - se de uma central projectada para cobrir as horas de ponta da carga da cidade de Maputo, podendo também entrar em serviço para atender a carga de base nos periodos de

maior precipitação pluviométrica.

Esta central conta também com vários equipamentos eléctricos, dentre os quais dois transformadores de 315 KVA para serviços auxiliares, 4 carregadores de baterias 2 dos quais de 110 V, dois de 48 V e vários outros equipamentos integrantes da instalação.

2.2 Formulação do problema

Os sistemas de geração de energia eléctrica devem ser projectados de tal forma que durante o seu funcionamento tenham o mínimo de falhas, para evitar interrupções de fornecimento de energia. Neste fim de pensamento, há que fazer o levantamento das prováveis fontes de falhas e elimina-las ou mitigar o seu impacto.

De acordo com Cotosek (2007), dois grandes objetivos de atuação da proteção são:

- Impossibilitar que falhas como curto-circuito afetem o sistema, danificando equipamentos e materiais;
- Buscar o rápido restabelecimento da energia, para evitar danos aos consumidores e entregar uma energia de qualidade aos usuários.

Nesta senda as instalações eléctricas devem funcionar em perfeitas condições de segurança de pessoas e bens, garantindo também a continuidade de serviço.

2.3 Justificativa

Comforme o exposto na introdução deste tema, os geradores da central de corumana são auto excitados, tendo uma fonte de excitação piloto suprida por um banco de baterias de 110 V, esta fonte para além desta carga alimenta os serviços auxiliares, uma parte dos quais localiza-se fora do edifício da central.

As falhas que tem surgido neste equipamento têm afectado o sistema de excitação dos grupos geradores, causando a sua indisponibilidade.

Este acontecimento sugere que um estudo de dimensionamento de um banco de baterias seja levado a cabo, com vista a separar a excitatriz do alternador com os restantes equipamentos.

2.4 Objectivo geral

Fazer um estudo de dimensionamento de dois bancos de baterias para o sistema de excitação dos geradores da central hidroeléctrica de corumana.

2.4.1 Objectivos específicos

- ✓ Fazer o levantamento das especificações dos geradores.
- ✓ Dimensionar o banco de baterias para excitação piloto de cada um dos dois geradores.
- ✓ Dimensionar os carregadores de baterias;
- ✓ Dimensionar as protecções de baterias e dos carregadores;
- ✓ Fazer o estudo de viabilidade

2.5 Metodologia

Para a elaboração do presente relatório vai se recorrer aos seguintes critérios:

Método de abordagem

-Método indutivo, cuja aproximação dos fenómenos caminha geralmente para planos cada vez mais abrangentes, indo das constatações mais particulares às leis e teorias (Lakatos e Marconi, 1992).

Procedimento Técnico

-Pesquisa bibliográfica, concebida a partir de materiais já publicados, (Prodanov e Freitas, 2013).

Técnicas de colectas de dados

-Entrevista, é uma conversão efectuada face a face, de maneira metódica; proporciona ao entrevistador, verbalmente, a informação necessária, (Lakatos e Marconi, 1992).

-Construção da explicação, os procedimentos para análise dos dados são textualmente explicados, de forma clara e objetiva, (Prodanov e Freitas, 2013).

3. LOCAL DE REALIZAÇÃO

A central hidroelectrica de corumana esta situada na localidade de Sabié, distrito da Moamba na provincia de Maputo .

4. SUPERVISORES

	Nome	Assinatura
Da UEM	Eng° Isac Matavel	Isac Matavel 26/04/22
Co-supervisor		
Da Instituição	Eng° Domingos dos Santos	Domingos dos Santos

Maputo, 26 de Abril de 2022

O estudante

Maurício Francisco Lissane
(Maurício Francisco Lissane)

O Director do Curso
Zefanias José Mabote
(Eng. Zefanias José Mabote)

O Chefe da Comissão Científica

José Nelson Guambe
(Mestre José Nelson Guambe, Eng.)



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA

PLANO DE ACTIVIDADES

TEMA: DIMENSIONAMENTO DE DOIS BANCOS DE BATERIAS PARA ALIMENTAÇÃO DE SISTEMA DE EXCITAÇÃO DE GERADORES DA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE CORUMANA

REFERÊNCIA DO TEMA:	2022ELEPPL05
---------------------	--------------

ACTIVIDADE	PRAZO PREVISTO
1. Discussão do Termo de atribuição de tema de estágio profissional	25/04/2022
2. Revisão bibliográfica	06/05/2022
3. Resultados, análise e discussão	20/05/2022
4. Organização do trabalho	03/06/2022
Supervisor: Eng ^o Isac Matavel	Assinatura:
Estudante: Maurício Francisco Lissane	Assinatura:



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante: Maurício Francisco Lissane

Referência do tema: 2022ELEPPL05 Data: 07/03/2022

Título do tema: Dimensionamento de dois bancos de baterias para alimentação de sistema de excitação de geradores da central hidroeléctrica de corumana

1. Resumo					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
Secção 1 subtotal (max: 5)					

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal (max: 45)										

3. Argumentação										
3.1.Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2.Rigor	1	2	3	4	5					
3.3.Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4.Relação objectivos/métodos/resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5.Relevância	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (max: 30)										

4. Apresentação e estilo da escrita					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4.Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
Secção 4 subtotal (max: 20)					

Total de pontos (max: 100)	
-----------------------------------	--

Nota (=Total*0,2)	
--------------------------	--

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
FICHA DE AVALIAÇÃO DA ATITUDE DO ESTUDANTE
(Auxiliar para o supervisor)

Nome do estudante: Maurício Francisco Lissane

Referência do tema: 2022ELEPPL05 Data: 07/03/2022

Título do tema: Dimensionamento de dois bancos de baterias para alimentação de sistema de excitação de geradores da central hidroelétrica de corumana

Indicador	Classificação				
Atitude geral (manteve uma disposição positiva e sentido de humor)	1	2	3	4	5
Dedicação e comprometimento (Deu grande prioridade ao projecto e aceitou as responsabilidades prontamente)	1	2	3	4	5
Independência (realizou as tarefas independentemente, como prometido e a tempo)	1	2	3	4	5
Iniciativa (viu o que devia ter sido feito e fê-lo sem hesitar e sem pressões do supervisor)	1	2	3	4	5
Flexibilidade (disponibilidade para se adaptar e estabelecer compromissos)	1	2	3	4	5
Sensibilidade (ouviu e tentou compreender as opiniões dos outros)	1	2	3	4	5
Criatividade (contribuiu com imaginação e novas ideias)	1	2	3	4	5
Total de pontos (max: 35)					

Valor do classificador	Cotação obtida	Significado
	1	Não aceitável (0 a 9 valores)
	2	Suficiente (10 a 13 valores)
	3	Bom (14 a 16 valores)
	4	Muito Bom (17 a 18 valores)
	5	Excelente (19 a 20 valores)



FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

CURSO: ENGENHARIA ELÉCTRICA

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

Declaro que o estudante Maurício Francisco Lissane entregou no dia 02/03/2022 as 2 cópias do relatório do seu Estágio Profissional com referência: 2022ELEPPL05.

Intitulado: **DIMENSIONAMENTO DE DOIS BANCOS DE BATERIAS PARA ALIMENTAÇÃO DE SISTEMA DE EXCITAÇÃO DE GERADORES DA CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE CORUMANA**

Maputo, aos 1 de Julho de 2021

A chefe da Secretaria

()



**FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA**

Declaração de Honra

Eu, Maurício Francisco Lissane, declaro que este Relatório de Estágio Profissional nunca foi apresentado para obtenção de qualquer grau ou num âmbito e que ela constitui o resultado do meu labor individual.

(Maurício Francisco Lissane)

_____/_____/_____

Data

DEDICATÓRIA

Dedico este Projecto do curso, primeiro a deus pela concessão da vida e saúde ao longo de vários desafios incluindo este ultimo.

Aos meus pais que de forma carinhosa cuidaram e orientaram-me em variadíssimas etapas da vida até à presente formação.

Por ultimo dedico aos meus amigos e colegas que de forma incondicional deram maior apoio para que a realização deste projecto se tornasse possível.

AGRADECIMENTO

Foi um tempo corrido, conciliando estudo – trabalho – família: na família encontrei apoio, no trabalho encontrei segurança e nos estudos dúvidas nas minhas certezas. Dúvidas que me abriram outros horizontes e que me proporcionaram novas perspectivas.

Gostaria de externar gratidão primeiramente a Deus por me conceder a oportunidade de ingressar na FENG e por me dar forças para transformar os obstáculos encontrados durante os estudos em meios para alcançar meus objetivos.

A minha família, principalmente o meu irmão, por sempre acreditar em mim e me dar coragem para lutar por meus sonhos.

Ao meu supervisor Eng^o Isac Matavel, pela valiosa orientação, tolerância e confiança, depositados em mim. Muito obrigado pelo apoio e motivação, mesmo quando tudo parecia nebuloso.

Aos colegas de curso, que caminharam junto comigo nessa jornada me ajudando a superar todos os obstáculos que nos foram impostos ao longo da formação.

Em fim, agradeço a todos que passaram pela minha vida nesse período e que, mesmo sem saber, me ensinaram mais do que posso dizer em palavras.

Finalmente gostaria de agradecer aos meus pais e ao meu irmão pelo apoio constante e curiosidade demonstrada ao longo do tempo de elaboração do presente projecto. Obrigado por me incentivarem e pela vossa paciência inexaurível.

RESUMO

A dependência e a necessidade quotidiana de uso de energia eléctrica na sociedade tem sido cada vez mais crescente, dado que esta desempenha actualmente um papel preponderante no desenvolvimento das comunidades em geral e da indústria em particular.

Perante esta realidade, os engenheiros que projectam ou fazem o controlo das máquinas de produção de energia eléctrica, são colocados a um grande desafio, visando a continuidade dos serviços de fornecimento de energia eléctrica sem falhas do equipamento envolvido

Foi neste âmbito que surgiu a ideia do tema do presente relatório, visando minimizar as falhas a que o sistema de excitação dos geradores da central hidroeléctrica de corumana está sujeito.

Palavra-chave: , Sistema de excitação do gerador

ÍNDECE

1.0 Introdução	1
1.1 Contextualização	1
2.0 Formulação do problema	2
2.1 Justificativa	3
2.2 Objectivos	3
2.2.1 Gerais	3
2.4.2 Específicos	3
2.5 Metodologia	4
3.0 REVISÃO BIBLIOGRAFICA	4
3.1 Central hidroeléctrica	4
3.2 Funcionamento de uma Central Hidroeléctrica	6
3.3 Tipos de Centrais Hidroeléctricas	6
3.4 Energia hidráulica	7
3.5 Turbina hidráulica	7
3.5.1 Tipos de turbinas hidráulicas	8
3.6 Princípio de funcionamento da turbina	10
3.7 Gerador de corrente alternada	12
3.7.1 Princípio de funcionamento do gerador de corrente alternada	13
3.8 Constituição do gerador de corrente alternada	15
3.8.1 Estator	15
3.8.2 Rotor	16
3.9 Geradores com excitação por escovas	17
4 Excitatriz estática	18
4.1 Transformador de excitação	20
4.2 Conversor de tirístores	22
4.3 Regulador automático de tensão	23
4.4 Circuito de excitação piloto	24
5.0 Dimensionamento da fonte de excitação piloto	24
5.1 Dimensionamento do banco de baterias	25
5.2 Determinação da capacidade da bateria	32
5.2.1 Determinação das características de descarga (ciclo de descarga)	32

6.0 Dimensionamento do carregador das baterias	35
7.0 Dimensionamento dos cabos e suas protecções	36
7.1 Dimensionamento do cabo de carregamento das baterias	36
7.2 Dimensionamento da protecção do cabo de carregamento das baterias	37
7.3 Dimensionamento de cabo do circuito de excitação piloto	37
7.4 Dimensionamento da protecção do cabo de carregamento das baterias	37
7.5 Dimensionamento do cabo de CA do carregador de baterias	38
7.6 Cálculo da secção do cabo de corrente alternada do carregador S	38
7.7 Dimensionamento da protecção do cabo de CA do carregador das baterias	38
8. Local de instalação das baterias	39
8.1 Dimensões da estante de instalação das baterias.....	39
8.2 Área total da sala de instalação das baterias.	40
8.3 Área total da sala das baterias	40
8.4 Protecção do sistema contra falhas de passagem a terra.....	41
8.4.1 Sistema de aterramento dos carregadores de baterias	41
8.4.2 Protecção do sistema de corrente continua contra falhas de passagem a terra.	42
9.0 Avaliação económica do projecto	43
9.1 Custos de manutenção	46
9.2 Análise do projecto.....	47
9.3 Conclusão	47
9.4 Recomendações	48
10 Referências bibliográficas	49

Lista de abreviaturas

C₁₀ – Capacidade de descarga da bateria durante 10 horas

U_{SG} – Tensão de saída nas extremidades do gerador.

U_G – Tensão do gerador

U_{t.exc} – Tensão de saída do transformador de excitação.

V. REF – Valor de referência.

SP – Sinal de saída para aparelhos de protecção.

VT – Transformador de tensão

CT – Conversor de tirístores.

AVR – Regulador automático de tensão.

COMP U – Comparador de tensão nas saídas do gerador e de transformador de excitação.

U_{VDC} – Tensão continua

R – Resistência limitadora de corrente.

RT – Relé temporizado no fecho.

D – Disjuntor de ligação da fonte com o enrolamento de excitação.

G – Gerador.

V_n – tensão nominal

V_{max} – Tensão máxima

V_{min} – Tensão mínima

V_{flut} – Tensão de flutuação

V_{fd} – Tensão final de descarga

V_{eq} – Tensão de equalização

F_{ct} – Fator de correção com temperatura

F_e – Fator de compensação de capacidade por envelhecimento da Bateria

H – Tempo para recarregar a bateria.

I_n – corrente nominal

I_z – Corrente do cabo

I_{nf} – Corrente nominal do fusível

I_{cc} – Corrente contínua de carga

U_{cc} – Tensão contínua de carga

I_{ac} – Corrente alternada

U_{ac} – Tensão alternada

U_{sc} – Tensão de saída da carga

S_{sc} Secção de saída da carga

A – Área

A_{es} – Área de estante

A_{tes} – Área total de estante

A_{sb} – Área da sala das baterias

A_{ts} – Área total da sala

Listas de símbolos

Km – Quilometro

m^3/s – Metros cúbicos por segundo

mm^2 – Milímetros quadrados

MVA – Mega-Volte Ampere

MW – Mega-Watt

KV – Quilo-voltes

V – Voltes

S- Potência aparente

P – Potência ativa

Ph – potencia hidráulica

ρ – densidade ,

H – altura

Q – caudal

s - Scção

g – aceleração de gravidade

η – *eficiência*

E – Força electromotriz

$\Delta\phi$ – Variação do fluxo magnético

Δt – Intervalo de tempo

N – Numero

R – Resistencia eléctrica

L – Indutância

C – Capacitância

F – frequência

p – número de polos

n – rotação síncrona

VL – Tensão do indutor

IL – Corrente no indutor

K – Constante

Ic – Corrente nominal de saída do retificador.

II – Consumo de carga permanentemente conectada aos terminais da bateria.

C – Capacidade total da bateria

Lista de figuras

Figura 1: Mapa da localização geográfica da central hidroeléctrica de corumana.....	1
Figura 2 Barragem	5
Figura 3: Central.....	5
Figura 4: Turbina Pelton.....	8
Figura 5: Turbina Francis.....	9
Figura 6: Turbina Kaplan.....	9
Figura 7: Altura de queda das turbinas em função do caudal.....	11
Figura 8: Eficiência das turbinas em função da velocidade	12
Figura 9: Princípio de indução electromagnética	13
Figura 10: Esquema de funcionamento de um gerador elementar de armadura girante	14
Figura 11: Esquema de funcionamento de um gerador elementar de armadura fixa.....	14
Figura 12: Representação esquemática de uma máquina síncrona elementar de pólos salientes	17

Figura 13: Representação de corte longitudinal de gerador com excitação por escovas	18
Figura 14: Diagrama unifilar do sistema de excitação estática.....	19
Figura 15: Diagrama representativo de transformador de excitação.....	21
Figura 16: Diagrama representativo do conversor de tirístores.....	22
Figura 17: Diagrama unifilar do sistema de regulação de tensão.	23
Figura 18: Diagrama unifilar do circuito de excitação piloto.....	24
Figura 19: Diagrama de bloco do sistema de carregamento de baterias.	25
Figura 20: Arranjo do circuito formado pela fonte auxiliar e o enrolamento do indutor.	28
Figura 21: Circuito RLC com a fonte auxiliar aberta.....	28
Figura 22: Circuito RLC com a fonte auxiliar ligada.	29
Figura 23: Circuito RLC com a fonte auxiliar aberta.....	30
Figura 24: Gráfico de ilustração da corrente no indutor I_0 após a abertura do interruptor.	30
Figura 25: Gráfico de Ilustração da corrente e tensão no circuito RLC.....	31
Figura 26: Curvas do fator K das baterias MO	33
Figura 27: Diagrama unifilar da fonte de alimentação do sistema de excitação piloto.	39
Figura 28: Configuração das estantes de instalação das baterias MO	40
Figura 29: Disposição do equipamento na sala das baterias.	41
Figura 30: Sistema de aterramento dos carregadores de baterias.....	42
Figura 31: Circuito divisor de tensão.....	43

Lista de tabelas

Tabla 1: Tipos de turbinas hidráulicas	8
Tabla 2: Especificações técnicas do gerador	27
Tabla 3: Correntes de descarga das baterias MO	32
Tabla 4: Fator de correção de temperatura para dimensionamento de Baterias de Chumbo-ácidas.....	34
Tabla 5: Levantamento do material com os respectivos preços.....	45
Tabla 6: Orçamento do projecto.	45
Tabla 7: Plano de manutenção das baterias.	46
Tabla 8: Informações económicas.	46
Tabla 9: Análise do projecto.....	47

1.0 Introdução

1.1 Contextualização

A central hidroelétrica de corumana situa-se na localidade de Sabié, distrito da Moamba na província de Maputo, a 115 Km da cidade de Maputo, faz o aproveitamento de recurso hídrico do rio Sabié, afluente do rio Incomati.

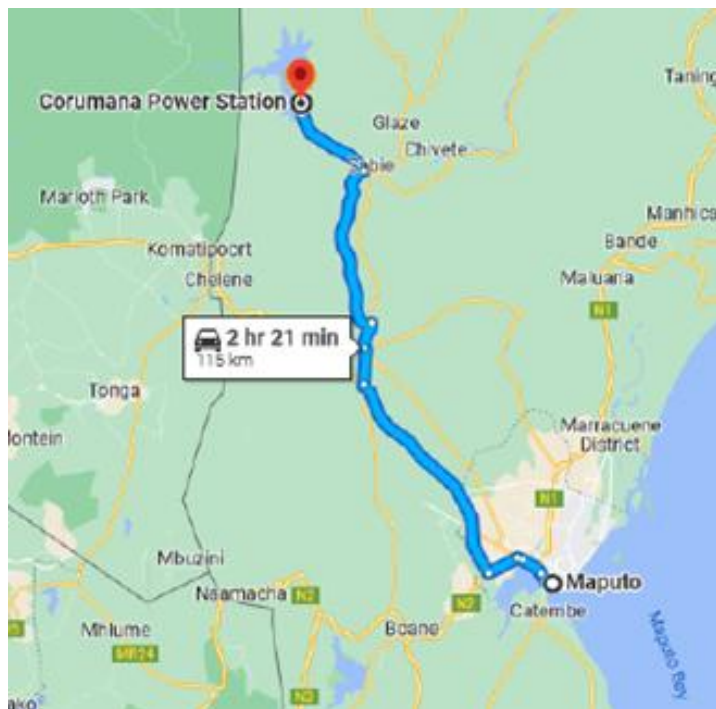


Figura 1: Mapa da localização geográfica da central hidroelétrica de corumana

Fonte: Google earthing

Trata – se de uma infraestrutura que usa a energia hidráulica para a geração de energia elétrica, isto é, o seu funcionamento tem por base uma queda de água que gera dois níveis de um leito. Quando a água cai do nível superior para o inferior passa por uma turbina hidráulica que transmite a energia a um gerador que por sua vez transforma – a em energia elétrica.

A central em referência tem uma capacidade instalada de 16,2 MW, a qual é assegurada por dois grupos geradores, cada um com 8,1 MW. Os geradores são

movidos por turbinas Kaplan, cuja a altura de queda destas é de 36 metros e o caudal de descarga de 25 m³/s, tem dois transformadores de potencia com capacidade de 9 MVA cada, elevando a tensão gerada de 11 KV para 110 KV, este ultimo nível de tensão é usado para a transmissão de energia por meio de duas linhas de alta tensão, a partir de corumana para a cidade de Maputo e a outra para Komatiport – Africa do Sul.

Os geradores são auto excitados, por meio de um transformador de 11/0,105 KV que recebe a tensão do gerador e transfere – a para uma ponte de rectificação controlada por tirístores, durante o arranque do grupo gerador é dada uma excitação piloto por meio de um grupo de baterias de 110 voltes que por sua vez, para alem desta função alimenta serviços auxiliares de corrente contínua.

Trata – se de uma central projectada para cobrir as horas de ponta da carga da cidade de Maputo, podendo também entrar em serviço para atender a carga de base nos períodos de maior precipitação pluviométrica.

Esta central conta também com vários equipamentos eléctricos, dentre os quais dois transformadores de 315 KVA para serviços auxiliares, 4 carregadores de baterias 2 dos quais de 110 V, dois de 48 V e vários outros equipamentos integrantes da instalação.

2.0 Formulação do problema

Os sistemas de geração de energia eléctrica devem ser projectados de tal forma que durante o seu funcionamento tenham o mínimo de falhas, para evitar interrupções de fornecimento de energia. Neste fim de pensamento, há que fazer o levantamento das prováveis fontes de falhas e elimina-las ou mitigar o seu impacto.

De acordo com Cotosck (2007), dois grandes objetivos de atuação da proteção são:

- Impossibilitar que falhas como curto-circuito afetem o sistema, danificando equipamentos e materiais;

- Buscar o rápido restabelecimento da energia, para evitar danos aos consumidores e entregar uma energia de qualidade aos usuários.

Nesta senda as instalações eléctricas devem funcionar em perfeitas condições de segurança de pessoas e bens, garantindo também a continuidade de serviço.

2.1 Justificativa

Com forme o exposto na introdução deste tema, os geradores da central de corumana são auto excitados, tendo uma fonte de excitação piloto suprida por um banco de baterias de 110 V, para alem desta carga a fonte também alimenta os serviços auxiliares, uma parte dos quais localiza – se fora do edifício da central.

As falhas que tem surgido neste equipamento afectam o sistema de excitação dos grupos geradores, causando a sua indisponibilidade.

Este acontecimento sugere que um estudo de dimensionamento de um banco de baterias seja levado a cabo, com vista a separar a excitatriz do alternador com os restantes equipamentos .

2.2 Objectivos

2.2.1 Gerais

Fazer um estudo de dimensionamento de dois bancos de baterias para o sistema de excitação dos geradores da central hidroeléctrica de corumana.

2.4.2 Específicos

- ✓ Fazer o levantamento das especificações dos geradores.
- ✓ Dimensionar o banco de baterias para excitação piloto de cada um dos dois geradores.
- ✓ Dimensionar os carregadores de baterias;
- ✓ Dimensionar as protecções de baterias e dos carregadores;
- ✓ Fazer o estudo de viabilidade

2.5 Metodologia

Para a elaboração do presente relatório vai se recorrer aos seguintes critérios:

Método de abordagem

-Método indutivo, cuja aproximação dos fenómenos caminha geralmente para planos cada vez mais abrangentes, indo das constatações mais particulares às leis e teorias (Lakatos e Marconi, 1992).

Procedimento Técnico

-Pesquisa bibliográfica, concebida a partir de materiais já publicados, (Prodanov e Freitas, 2013).

Técnicas de colectas de dados

-Entrevista, é uma conversação efectuada face a face, de maneira metódica; proporciona ao entrevistador, verbalmente, a informação necessária, (Lakatos e Marconi, 1992).

-Construção da explicação, os procedimentos para análise dos dados são textualmente explicados, de forma clara e objetiva, (Prodanov e Freitas, 2013)

3.0 REVISÃO BIBLIOGRAFICA

3.1 Central hidroeléctrica

Uma central hidroeléctrica consiste num conjunto de obras civis, mecânicos e eléctricos que tem como finalidade a produção de energia eléctrica. Para o efeito faz o aproveitamento do potencial hidráulico existente nos rios, ou seja, a força das águas é utilizada para a geração de energia eléctrica. Em geral, o sistema de uma central hidroeléctrica é composto por: barragem, sistema de captação de água, localizados a montante da central, casa de força, a central canal de fuga ou descarga, a jusante da central.



Figura 2 Barragem

Fonte: Autor



Figura 3: Central

Fonte: Autor

3.2 Funcionamento de uma Central Hidroelétrica

Para o seu funcionamento a central hidroelétrica precisa da força de água. Esta força tem origem na vazão do rio, pela quantidade de água disponível e pela concentração de desníveis existentes ao longo do seu curso. Os desníveis podem ser naturais ou construídos. Neste último caso, a construção é feita com barragens ou por meio do desvio do rio do seu leito natural para a formação de reservatórios. Depois, a água que é armazenada no reservatório é canalizada e conduzida para as turbinas, o seu fluxo faz com que as turbinas girem e acionem os geradores. Estes produzem a energia elétrica, após a conversão da energia mecânica em elétrica, mediante a excitação dada por uma fonte de corrente contínua, os transformadores aumentam a tensão dessa energia para que possa ser transmitida até chegar aos centros de consumo. onde a tensão é reduzida e distribuída.

3.3 Tipos de Centrais Hidroelétricas

De modo geral, existem dois tipos de centrais hidroelétricas: com reservatórios de acumulação e a fio d'água.

- Central hidroelétrica com represa de acumulação

Este tipo de central conta com grandes reservatórios para armazenar a água e regular o seu funcionamento. A sua capacidade de armazenamento é obtida através de uma represa.

- Central hidroelétrica a fio de água

Esta central não possui armazenamento. Ou seja, não se consegue adaptar às necessidades, como a central com reservatórios de acumulação. No entanto, como aproveita a força da água dos rios, sem para isso precisar de grandes estruturas e sem alterar o fluxo do rio, é considerada uma opção mais sustentável.

3.4 Energia hidráulica

A energia hidráulica ou energia hídrica é a energia obtida a partir da energia potencial de uma massa de água, este facto é levado a cabo por meio de uma série de processos naturais, como a evaporação, a condensação e a precipitação das águas. Todos esses eventos acontecem sem a interferência do homem, influenciados apenas por factores como a irradiação solar e a energia gravitacional, por outro lado, para ser transformada em electricidade, a energia hidráulica precisa antes ser convertida em energia cinética e é nesse momento que a ação humana se faz necessária por meio da construção das represas.

Nas centrais hidroeléctricas, que se alimentam de uma albufeira, a água é captada e conduzida por condutas forçadas até a turbina, o elemento responsável pela conversão de energia cinética em mecânica. Essa turbina nada mais é do que uma roda dotada de pás que é accionada pela água.

As pás estão conectadas ao eixo de um gerador, que finalmente transformará a energia mecânica de movimento de rotação da turbina em energia eléctrica. Após provocar esse movimento, a água volta ao seu leito natural pelo canal de fuga.

3.5 Turbina hidráulica.

A turbina hidráulica é uma máquina rotativa, projetada especificamente para transformar a energia hidráulica (a energia de pressão e a energia cinética) de um fluxo de água em energia mecânica na forma de torque e velocidade de rotação.

As primeiras turbinas hidráulicas de que se tem notícia foram construídas na colônia romana de Chemtou, na actual Tunísia, no século III ou IV d.C, para accionar moinhos. As turbinas modernas foram desenvolvidas na França e Inglaterra, no século XVIII, para substituir as rodas de pás como fonte de energia mecânica para fábricas. Nessa aplicação, as turbinas acionavam directamente as máquinas de fábricas próximas, através de longos eixos ou correias. Desde o final do século XIX elas são usadas

quase que exclusivamente para accionar geradores elétricos — quer isoladamente, em fazendas e outros locais isolados, quer agrupadas em usinas ou centrais

3.5.1 Tipos de turbinas hidráulicas

Turbina de acção	Pelton
Turbina de reacção	Francis
	Kaplan

Tabela 1: Tipos de turbinas hidráulicas

Fonte: Autor

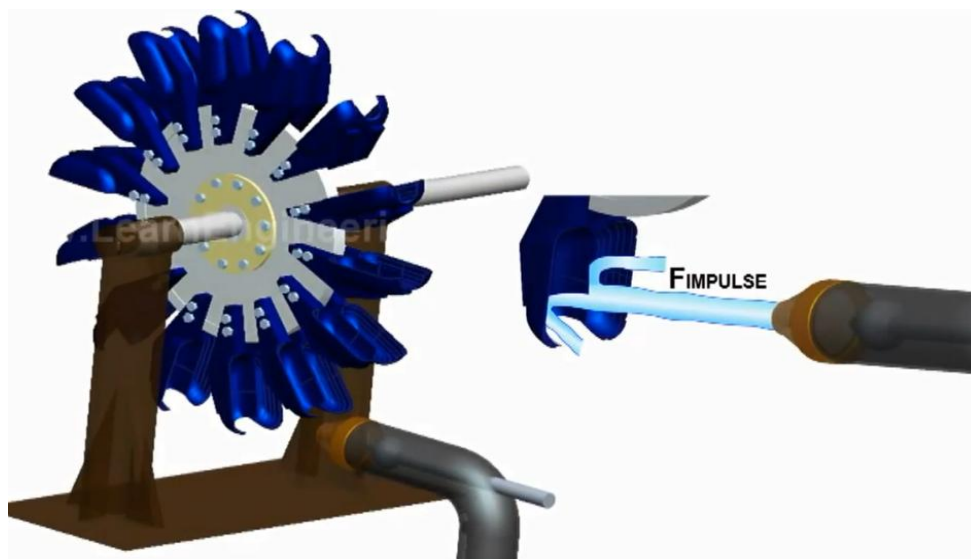


Figura 4: Turbina Pelton

Fonte: Hélder José de Sousa Teixeira; Julho de 2009; Caracterização da Produção de Centrais Mini – Hídricas.

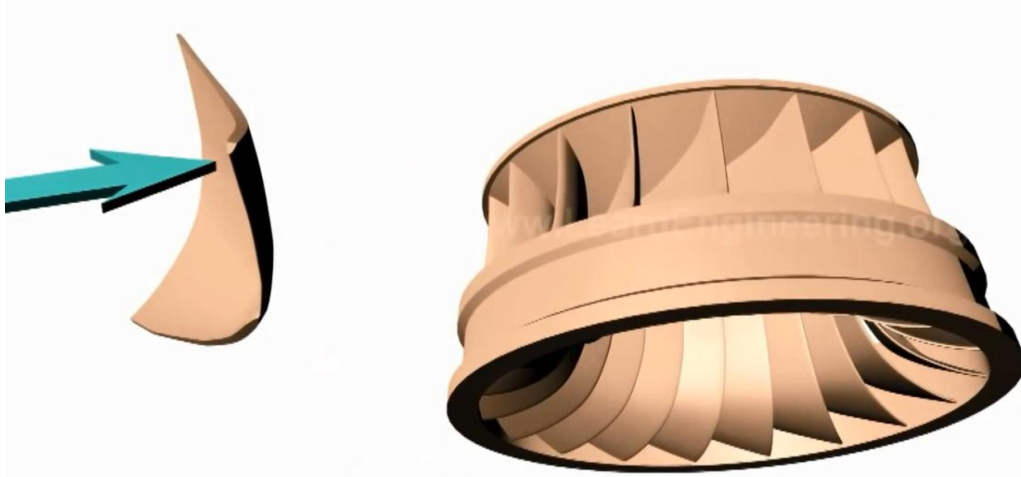


Figura 5: Turbina Francis

Fonte: Hélder José de Sousa Teixeira; Julho de 2009; Caracterização da Produção de Centrais Mini – Hídricas.



Figura 6: Turbina Kaplan

Fonte: Hélder José de Sousa Teixeira; Julho de 2009; Caracterização da Produção de Centrais Mini – Hídricas.

3.6 Princípio de funcionamento da turbina

Em toda turbina a água entra vindo de um reservatório ou canal de nível mais elevado (e portanto com maior energia) e escapa para um canal de nível mais baixo (e portanto com menor energia). A água de entrada é levada através de um duto fechado até um conjunto de lâminas curvas (palhetas), bocais ou injectores que transferem a energia da água para um rotor. Consequentemente, a pressão e/ou a velocidade da água na saída são menores do que na entrada. A água que sai da turbina é conduzida por um duto, o tubo de sucção, até o reservatório ou canal inferior.

Algumas palhetas são estáticas, outras são fixas no rotor; ambas podem ser ajustáveis para controlar o fluxo e a potência gerada ou, para geração de energia elétrica, a velocidade de rotação. O rotor é suportado axialmente por mancais de escora e contra-escora, e radialmente por mancais de guia. O tubo de sucção geralmente tem diâmetro final maior que o inicial para reduzir a velocidade da água antes de despejá-la no canal inferior.

A potência P que uma turbina pode extrair do fluxo de água será proporcional ao produto da vazão volumétrica (Q) e da altura de queda de água disponível (H), segundo a fórmula

$$P_h = \rho \cdot Q \cdot H \cdot g \cdot \eta \quad (\text{equação 1})$$

onde :

P_h – é a potencia hidráulica, em watt [W]

ρ é a densidade da água,

H – é a altura de queda de agua, em metros [m]

Q – é o caudal de agua que passa pela turbina, em metros cúbicos por segundo [m³/s]

g – é a aceleração de gravidade em metros por segundo ao quadrado, tem um valor constante de 9,8 [m/s²]

e η é a eficiência da turbina,

As principais causas da baixa eficiência nas turbinas são as perdas hidráulicas (a energia cinética da água na saída da turbina) e as perdas mecânicas (atrito nos mancais, que converte parte da energia extraída da água em calor). A eficiência típica de uma turbina moderna varia entre 85% e 95%, dependendo da vazão de água e da queda. Para maximizar a eficiência, grandes turbinas hidráulicas são em geral projetadas especificamente para as condições de queda e vazão onde serão instaladas.

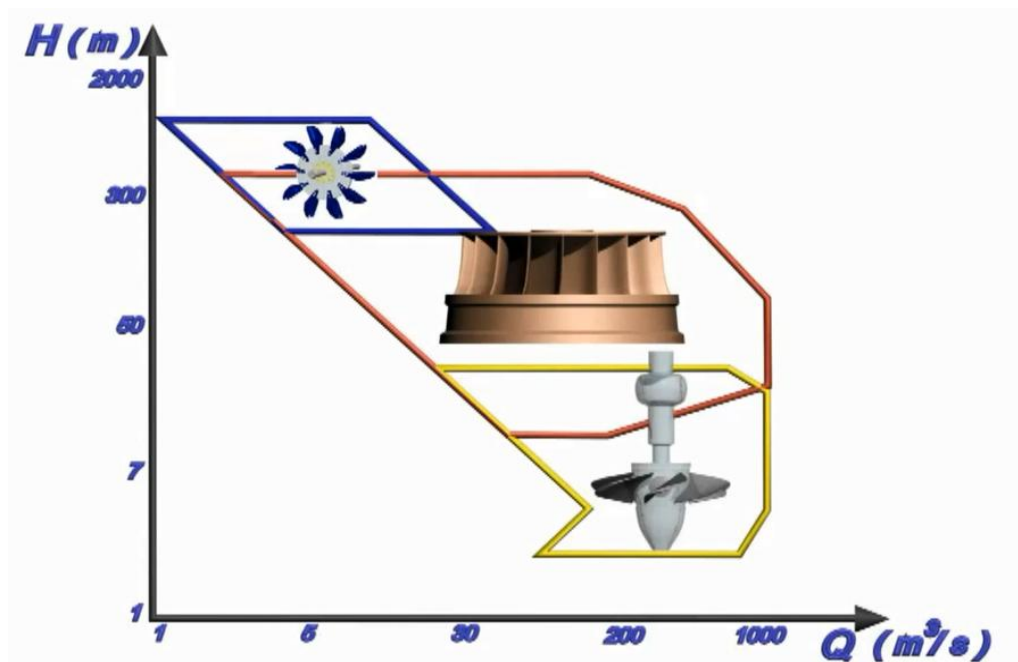


Figura 7: Altura de queda das turbinas em função do caudal

Fonte: Hélder José de Sousa Teixeira; Julho de 2009; Caracterização da Produção de Centrais Mini - Hídricas

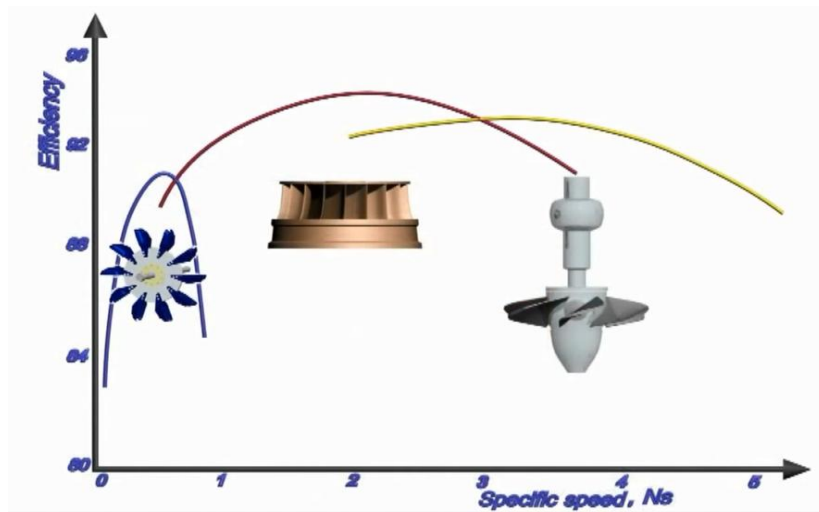


Figura 8: Eficiência das turbinas em função da velocidade

Fonte: Hélder José de Sousa Teixeira; Julho de 2009; Caracterização da Produção de Centrais Mini - Hídricas

3.7 Gerador de corrente alternada

O gerador é a máquina que converte a energia mecânica em energia eléctrica, o seu funcionamento basea - se no principio de indução electromagnética, que é o fenómeno responsável pela produção de uma força electromotriz (f.e.m ou tensão) em um corpo exposto ao campo magnético variável ou um corpo móvel, exposto a um campo magnético estático, se o corpo em referencia for um condutor, produz - se nele uma corrente eléctrica quando as extremidades deste estiverem fechados. Este fenómeno foi descoberto por Michel Faraday, que o expressou indicando que a magnitude da tensão induzida é proporcional à variação do fluxo magnético (Lei de Faraday).

$$E = -NX \frac{\Delta\phi}{\Delta t} \quad (\text{equação 2})$$

E – Força electromotriz induzida (V)

$\Delta\phi$ – Variação do fluxo magnético (Wb)

Δt – Intervalo de tempo (S)

N – Numero de espiras do condutor no qual a f.e.m é induzida

O sinal negativo da formula indica que o sentido da f.e.m induzida é oposto à variação do fluxo magnético.

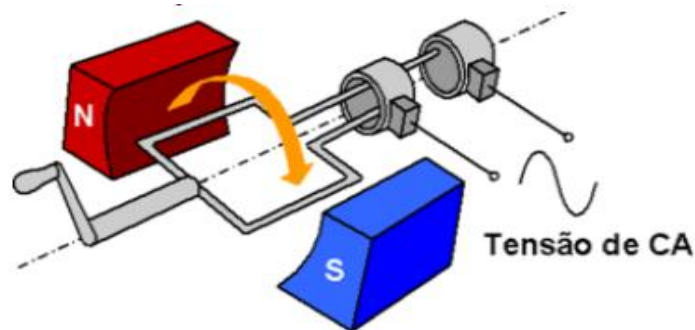


Figura 9: Princípio de indução electromagnética

Fonte: Manual da WEG 2020 Características e especificações de geradores.

3.7.1 Princípio de funcionamento do gerador de corrente alternada.

O alternador consiste basicamente de um fio ou conjunto deles, enrolados em forma espiral, devidamente isolados e que são colocados em movimento rotativo no meio de um campo magnético uniforme.

Este movimento faz com que seja induzida uma força electromotriz ou FEM na espira ligada a um circuito externo, o qual aproveita a força eletromotriz induzida para diversos fins de consumo de energia eléctrica.

O movimento rotativo pode ser fornecido por uma turbina ou uma outra máquina primária que esteja acoplada neste componente. No presente tema, uma turbina hidráulica é responsável pelo movimento da espira, gerando uma tensão mediante a presença de um campo electromagnético criado por uma fonte externa de corrente contínua. Os extremos das espira são conectados ao circuito externo responsável por transmitir a energia gerada. .

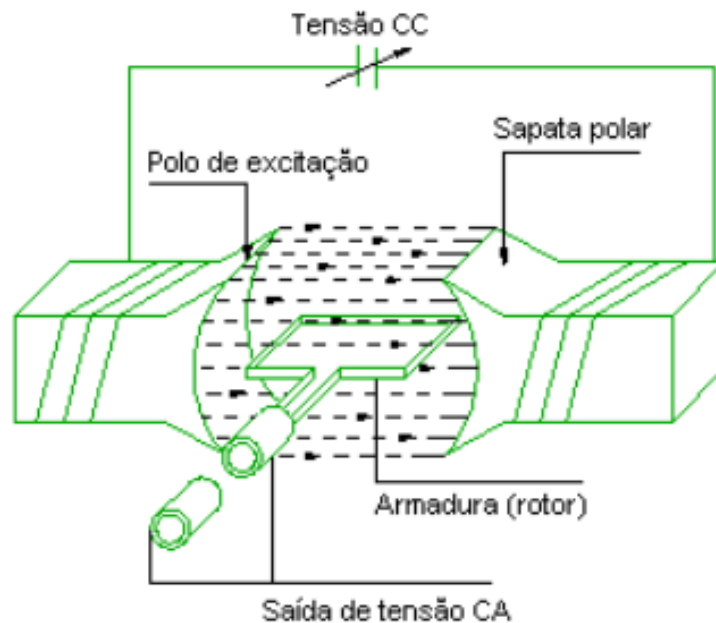


Figura 10: Esquema de funcionamento de um gerador elementar de armadura girante

Fonte: Manual da WEG 2020 Características e especificações de geradores.

Nos geradores de campo giratório a tensão de armadura é retirada diretamente do enrolamento de armadura, neste caso o estator sem passar pelas escovas, a potência de excitação destes geradores normalmente é inferior a 5% da potência nominal, por este motivo, o tipo de armadura fixa ou campo girante é o mais utilizado.

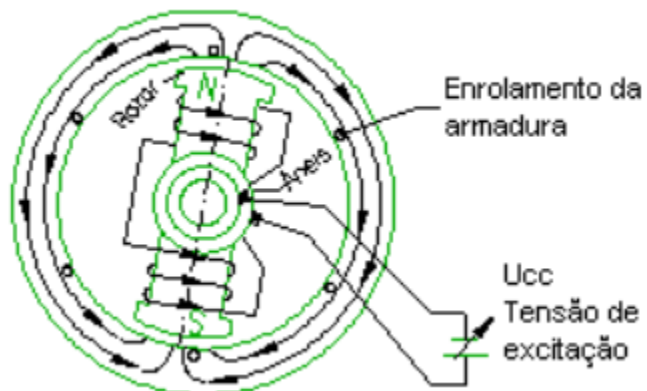


Figura 11: Esquema de funcionamento de um gerador elementar de armadura fixa

Fonte: Manual da WEG 2020 Características e especificações de geradores

Para uma máquina de um par de polos, a cada giro das espiras teremos um ciclo completo da tensão gerada. Os enrolamentos podem ser construídos com um número maior de pares de polos, que se distribuirão alternadamente (um norte e um sul). Neste caso, teremos um ciclo a cada par de polos. Sendo "n" a rotação da máquina em "rpm" e "f" a frequência em ciclos por segundo (Hertz) teremos

$$F = \frac{P \times n}{120} \quad (\text{equação 3})$$

Onde:

F – frequência (Hz)

p – número de polos

n – rotação síncrona (rpm)

O número de polos da máquina terá que ser sempre par, para formar os pares de polos

3.8 Constituição do gerador de corrente alternada.

As partes construtivas principais de um gerador síncrono são: Estator e Rotor.

3.8.1 Estátor

O estator da máquina síncrona é muito semelhante ao de um motor de indução, é composto de chapas laminadas dotadas de ranhuras axiais onde é alojado o enrolamento do estator. As chapas possuem características magnéticas de alta permeabilidade, criando um caminho magnético de baixa relutância para o fluxo, diminuindo assim o fluxo disperso e concentrando o campo no entreferro, o enrolamento do estator pode ser tanto monofásico como trifásico. Em geral as máquinas síncronas são trifásicas, sendo que os geradores monofásicos são mais utilizados em pequenas potências, ou quando não existe uma rede trifásica disponível, como em áreas rurais. Quando construídos para baixa tensão as bobinas do estator

são formadas de fios com seção circular e esmaltados; as ranhuras do estator são neste caso do tipo semi-abertas (Figura 3a). No caso de enrolamentos de alta tensão os condutores são de seção retangular e as bobinas recebem uma camada extra de isolamento com material na base de mica, sendo que as ranhuras são do tipo aberta (Figura 3b). A conexão dos enrolamentos segue o mesmo padrão que para as máquinas de indução, havendo máquinas com enrolamentos para ligação série-paralela, estrela-triângulo e máquinas com tripla tensão nominal.

3.8.2 Rotor

O rotor é também formado de chapas laminadas justapostas que em geral são do mesmo material que o estator, do ponto de vista construtivo existem dois tipos básicos de rotores: rotores contendo pólos salientes e rotores contendo pólos lisos (Figura 4a e 4b, respectivamente). Esta diferenciação conduz a modelos equivalentes diferentes, mas não altera o princípio de funcionamento, que permanece idêntico para ambos. Rotores de pólos lisos são em geral empregues em turboalternadores, onde o número de pólos é 2 ou 4. Este emprego provém do fato que rotores com pólos lisos são mais robustos sendo assim mais aptos a trabalharem em altas rotações (3600 e 1800 rpm). Os geradores em pólos saliente são em geral empregues com número de pólos igual ou superior que 4. A escolha do número de pólos é ditado pela rotação mais apropriada para máquina primária. Turbinas hidráulicas, por exemplo, trabalham com baixa rotação, sendo por isso necessário geradores com alto número de pólos. A velocidade de rotação da turbina hidráulica varia em função da pressão hidráulica existente e em função da altura da queda d'água, sendo que ela se situa entre 50 a 600 rpm. Além deste factor a velocidade também varia em função do tipo da turbina (Francis, Kaplan, Pelton, etc...). Este tipo de gerador em geral é construído com eixo vertical, possuindo grande diâmetro e pequeno comprimento axial; esta relação entre comprimento e diâmetro é ditada pela baixa rotação a que estão sujeitos (alto número de pólos). Turbogeneradores em geral são construídos com eixo horizontal e possuem diâmetro reduzido e comprimento axial maior que o diâmetro, devido ao fato de girarem a altas rotações.

Independentemente da forma construtiva, os pólos são alimentados pela corrente contínua e criam o campo principal que induz tensão na armadura. A alimentação do enrolamento de excitação pode ser feita por meio de anéis e escovas, a grande maioria dos geradores de média e baixa potência, utiliza sistemas de excitação sem escovas, chamado de sistema de excitação brushless. Neste caso a excitação é fornecida por meio de excitatrizes auxiliares montadas no eixo da máquina e de dispositivos a base de semicondutores.

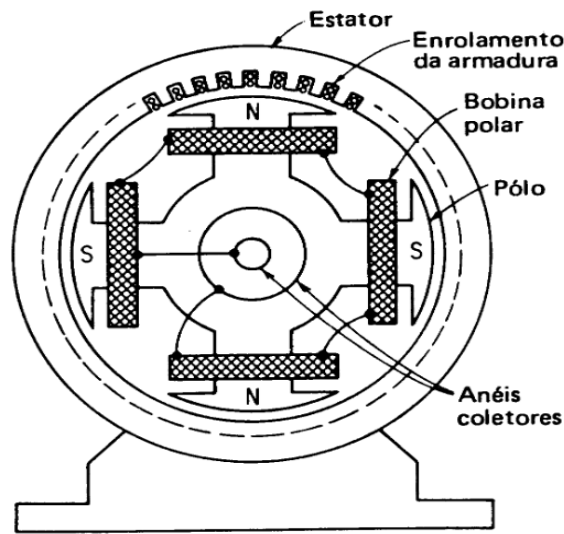


Figura 12: Representação esquemática de uma máquina síncrona elementar de pólos salientes

Fonte: Manual da WEG 2020 Características e especificações de geradores

3.9 Geradores com excitação por escovas

Nestes geradores o campo no rotor é alimentado em corrente contínua através das escovas e anéis coletores e a tensão alternada de saída, para alimentação das cargas, é retirada do estator (armadura) Figura 11. Neste sistema normalmente o campo é

alimentado por uma excitatriz chamada de excitatriz estática. A tensão de saída do gerador é mantida constante dentro de suas características nominais através do regulador de tensão, que verifica constantemente a tensão de saída e atua na excitatriz estática.

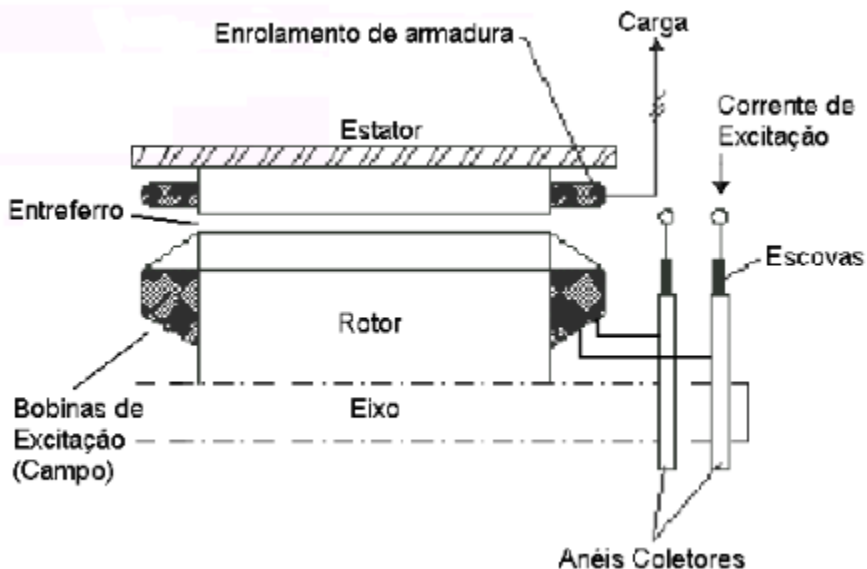


Figura 13: Representação de corte longitudinal de gerador com excitação por escovas

Fonte: Manual da WEG 2020 Características e especificações de geradores

4 Excitatriz estática

A excitatriz estática em referência é constituída por dois componentes principais e um auxiliar: Um transformador abaixador, um conversor controlado na base de tirístores e o regulador automático de tensão (AVR). O sistema conta também com um circuito de excitação piloto, cuja a alimentação é suprida por um banco de baterias, este é conectado a jusante do conversor por um curto período logo que o disjuntor de campo é ligado (cerca de 0,2 a 0,5 segundos). Este tempo é suficiente para magnetizar o enrolamento do indutor (rotor do gerador) e gerar tensão nas extremidades do estator, enquanto durar a rotação da máquina. A tensão gerada alimenta o transformador de

excitação que por sua vez baixa – a para um valor indicado para entrada do conversor, este ultimo rectifica a tensão e alimenta o enrolamento de campo, mediante o controle suprido pelo AVR que por seu turno regula a corrente de GATE dos tirístores do conversor até que se alcance a tensão nominal na saída do gerado. Finda esta etapa, o disjuntor de carga (de sincronização com a rede eléctrica) é ligado e o AVR passa a controlar a corrente de excitação no modo de carga, mantendo a tensão do gerador constante, mesmo com as variações de carga.

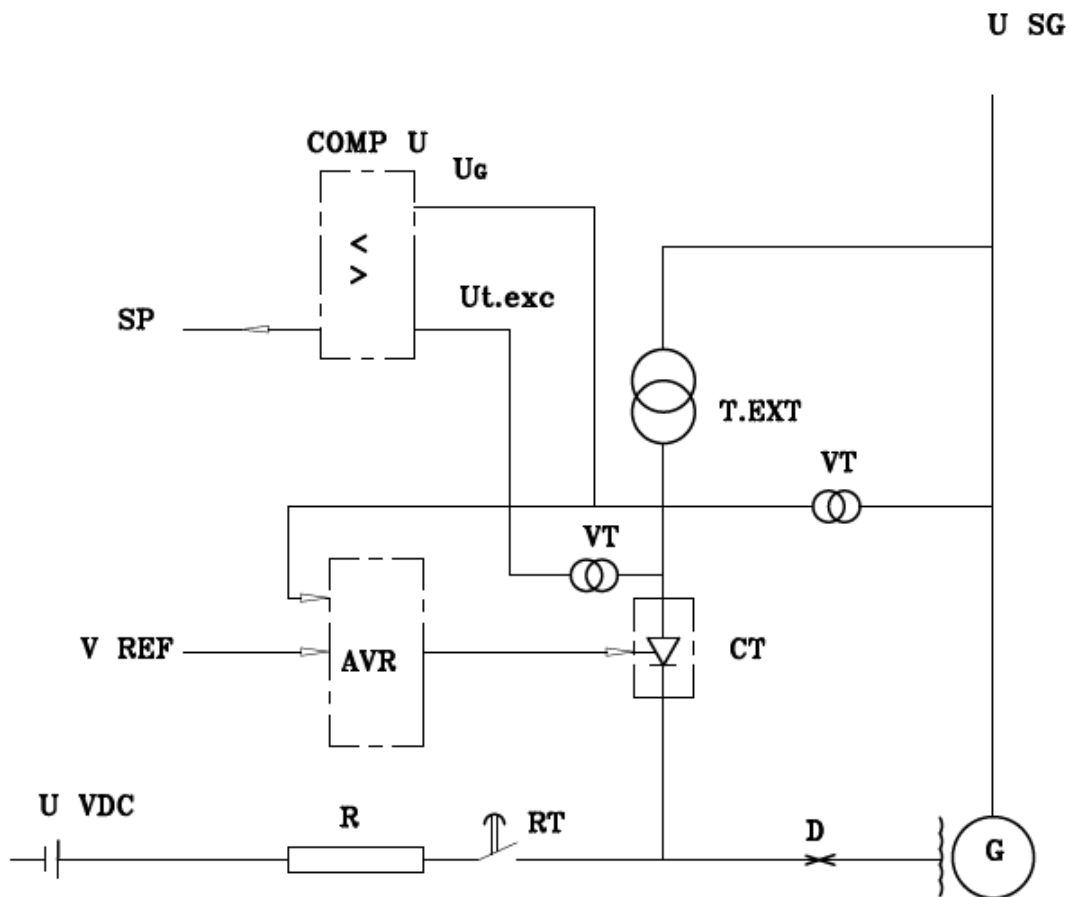


Figura 14: Diagrama unifilar do sistema de excitação estática

Fonte: Autor

Legenda:

U SG – Tensão de saída nas extremidades do gerador.

UG – Tensão do gerador

Ut.exc – Tensão de saída do transformador de excitação.

V. REF – Valor de referência.

SP – Sinal de saída para aparelhos de protecção.

VT – Transformador de tensão

CT – Conversor de tirístores.

AVR – Regulador automático de tensão.

COMP U – Comparador de tensão nas saídas do gerador e de transformador de excitação.

U VDC – Tensão das baterias

R – Resistência limitadora de corrente.

RT – Relé temporizado no fecho.

D – Disjuntor de ligação da fonte com o enrolamento de excitação.

G – Gerador.

4.1 Transformador de excitação.

É um transformador abaixador a seco, que recebe a tensão do gerador e reduz – a para o valor de entrada no conversor.

Tem um consumo máximo de 1.2 % da potencia nominal da maquina.

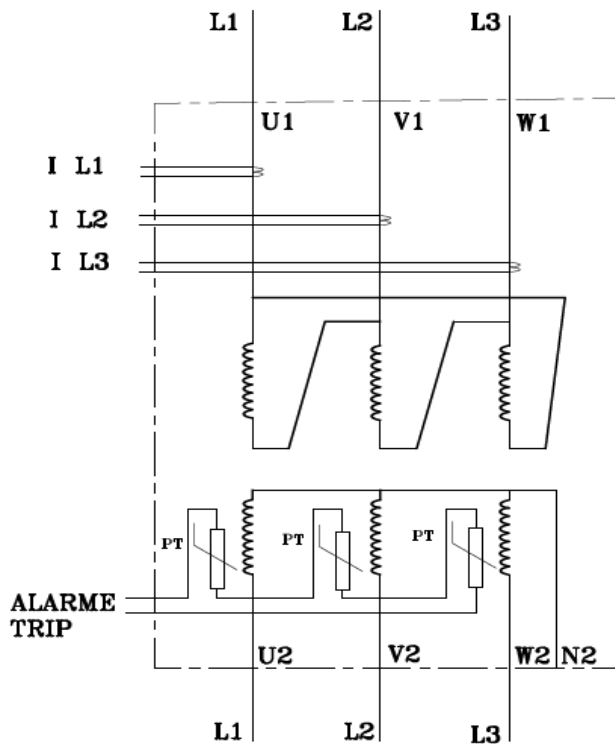


Figura 15: Diagrama representativo de transformador de excitação

Fonte: Autor

Legenda:

U1, V1 e W1 – Terminais dos enrolamentos primários

U2, V2 e W2 – Terminais dos enrolamentos secundários

N2 – Ponto neutro do transformador

L1, L2 e L3 – Linha trifásica de alimentação do transformador (lado de alta tensão)

L1, L2 e L3 – Linha trifásica de saída do transformador (lado de baixa tensão)

IL1, IL2 e IL3 – Medição de corrente do transformador (lado de alta tensão)

PT – Sensores de temperatura de enrolamento do transformador (termopares)

4.2 Conversor de tirístores.

O conversor recebe a tensão alternada proveniente do lado de baixa do transformador e converte – a em tensão contínua, mediante o controle feito pelo AVR. . Possui também circuitos de ajuste e proteções para assegurar um controle confiável do gerador.

A tensão contínua alimenta o enrolamento de campo do rotor através das escovas e anéis coletores.

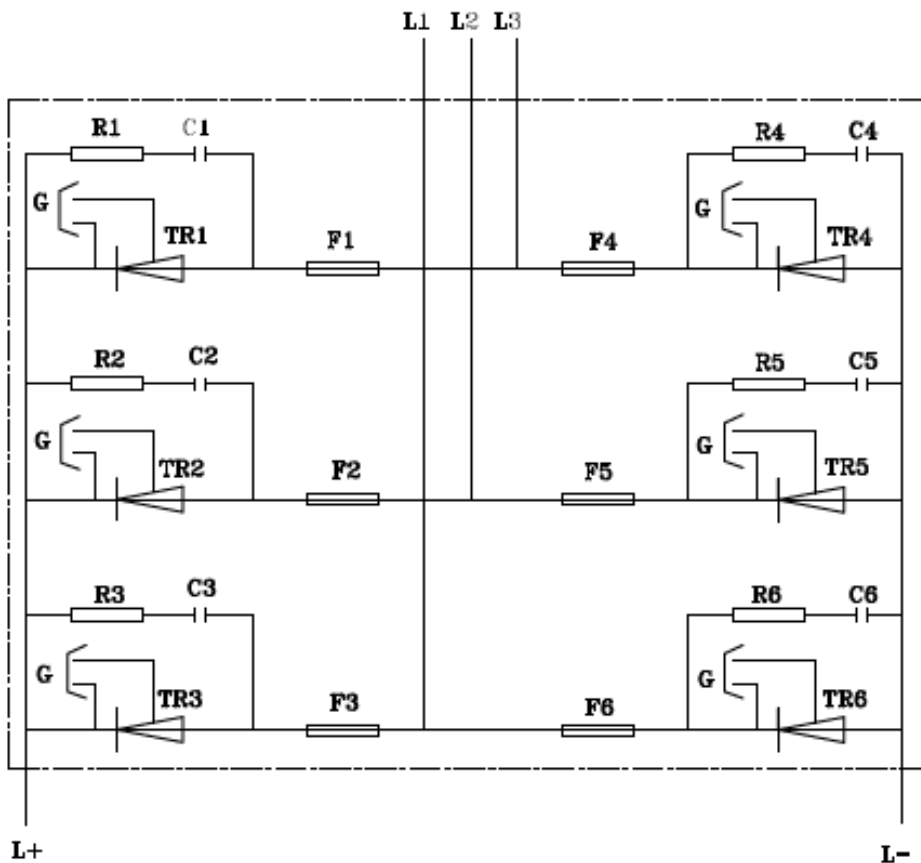


Figura 16: Diagrama representativo do conversor de tirístores

Fonte: Autor

4.3 Regulador automático de tensão.

Trata – se de um equipamento eletrônico que manipula o sinal de controle dos tirístores, de forma automática, isto é, ele recebe o sinal de tensão de saída do gerador e compara – o com um valor de referencia, pré – estabelecido, a diferença entre estes valores faz com que o regulador actue no sentido de variar a corrente de excitação, por forma a aproximar a tensão do gerador ao valor de referencia, independentemente das variações da carga.

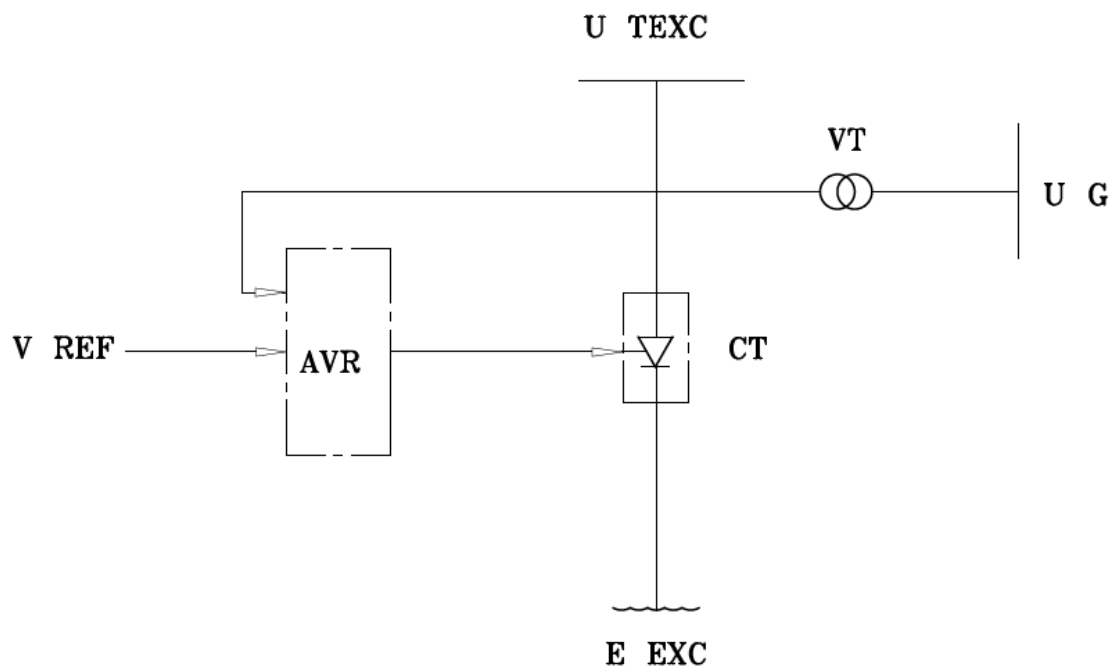


Figura 17: Diagrama unifilar do sistema de regulação de tensão.

Fonte: Autor

Legenda:

E EXC – Enrolamento de excitação.

4.4 Circuito de excitação piloto

Conforme o subtítulo sugere, trata – se de uma fonte de corrente contínua suprida por um banco de baterias, que é ligado por um curto período (0,5 a 1 segundo) e desligado após este período, que é suficiente para garantir o escorvamento de campo no rotor.

Para o bom funcionamento da máquina, este sistema deve ser devidamente dimensionado.

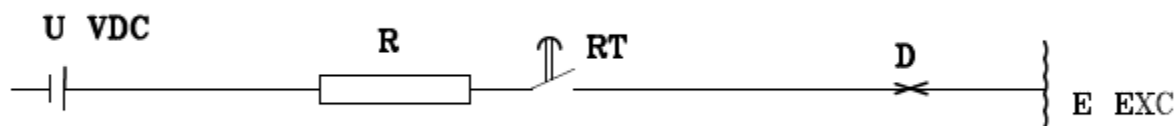


Figura 18: Diagrama unifilar do circuito de excitação piloto.

Fonte: Autor

5.0 Dimensionamento da fonte de excitação piloto

A fonte de excitação piloto tem como componentes principais o banco de baterias e o respectivo carregador.

A função específica do banco de baterias neste contexto é actuar como fonte auxiliar que assegura o fornecimento de energia no sistema, a corrente alternada fornecida ao carregador é convertida em corrente contínua e é utilizada para manter as baterias em carga.

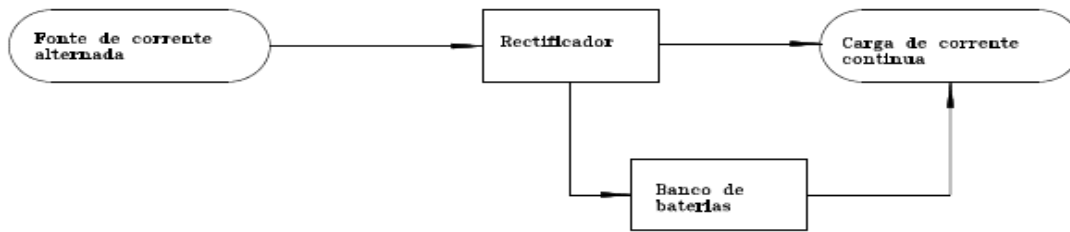


Figura 19: Diagrama de bloco do sistema de carregamento de baterias.

Fonte: Autor

5.1 Dimensionamento do banco de baterias

Para fazer o dimensionamento correcto do banco de baterias é necessário seguir certos procedimentos, a saber:

- ✓ Definir a tensão nominal do sistema [V_n]
- ✓ Tensão máxima do equipamento [V_{max}]
- ✓ Tensão mínima do equipamento [V_{min}]
- ✓ Tensão de flutuação por elemento [V_{flut}]
- ✓ Tensão final de descarga do elemento [V_{fd}]
- ✓ Tensão de equalização [V_{eq}]

5.1.1 – O sistema de corrente contínua de excitação piloto em apreço, tem como tensão nominal 110 V.

5.1.2 – A tensão máxima do equipamento está associada aos equipamentos que serão ligados na saída da bateria e, normalmente, é de 10% acima da tensão nominal (110% V_n).

$$V_{max} = 110\% V_n = 1,1XV_n \quad (\text{equação 4})$$

$$V_{max} = 1.1 X 110 = 121 V$$

5.1.3 – Tensão mínima do equipamento também está associada aos equipamentos que serão ligados na saída da bateria e é de 10% abaixo da tensão nominal (90% V_n),

$$V_{\min} = 90\% V_n = 0,9XV_n \quad (\text{equação 5})$$

$$V_{\min} = 0,9 \times 110 = 99 \text{ V}$$

5.1.4 – Tensão de flutuação por elemento. A bateria normalmente trabalha na maior parte do tempo em flutuação, entrando em descarga apenas quando cessa a tensão na entrada do retificador. Assim, a tensão na saída do retificador deve ficar acima deste valor. Para a bateria escolhida $V_{\text{flut}} = 2.27 \text{ V}$.

5.1.5 – Tensão final de descarga do elemento. Uma bateria de acumuladores após sair da flutuação vai descarregando lentamente (linearmente) e quando a tensão atinge um ponto de inflexão na curva de descarga, denominado tensão final que após ultrapassado, a tensão cai abruptamente e não consegue mais suprir a carga com energia necessária, o valor de tensão final por elemento para a bateria escolhida $V_{fd} = 1,80 \text{ V}$.

A carga de equalização é aplicada nas baterias de forma a restabelecer a capacidade máxima da bateria. A tensão de equalização por elemento de baterias chumbo-ácidas MO é da ordem de 2.3V a 2.4V/elemento, sendo o valor mais comum 2.33V/elemento. Assim, a tensão total de equalização é o produto do número de acumuladores (n) vezes o valor da tensão de equalização (V_{eq}).

Determinação do número de elementos de uma bateria

Dispõe-se de três critérios

1º critério - A tensão máxima deve ser $n \times V_{eq}$, temos: $n = V_{\text{máx}} / V_{eq}$ (equação 6)

2º critério – A tensão mínima deve ser $n \times V_{fd}$, temos: $n = V_{\min} / V_{fd}$ (equação 7)

3º critério – A tensão nominal deve ser $n \times V_{fl}$, temos: $n = V_n / V_{fl}$ (equação 8)

n = número de elementos

Pelo 2º critério $n = V_{\min} / V_{fd}$ $n = 90 / 1.80$ $n = 50$ elementos

Pelo 3º critério $n = V_n / V_{fl} n = 110 / 2.27 n = 48,46$ elementos = 49 elementos, Pois deve ser inteiro.

5.1.6 – Definição das cargas a serem supridas pelo sistema.

A carga do sistema trata se do enrolamento de excitação do alternador.

– Características do alternador.

Dados técnicos do gerador		
Item	Designação	Magnitude
01	Gerador trifásico	
02	Tipo	GG5 1596 V
03	Un	11 KV
04	In	472 A
05	Vn	375 RPM
06	Uexcit	70 V
07	Iexcit	690 A
08	Nr Polos	16
09	Classe de isolamento	F
10	Normalização	IEC 34 -1
11	Pn	8,1 MW

Tabela 2: Especificações técnicas do gerador

Fonte: Autor

De acordo com os dados técnicos do gerador, a tensão de excitação é $U_{excit} = 70 V$ e a corrente nominal de excitação $I_{excit} = 690 A$.

No inicio o indutor é sujeito a uma corrente de magnetização cujo o valor representa uma fração da corrente nominal, não sendo necessário absorver ate o valor nominal.

Trata se de um circuito RLC em regime transitório .

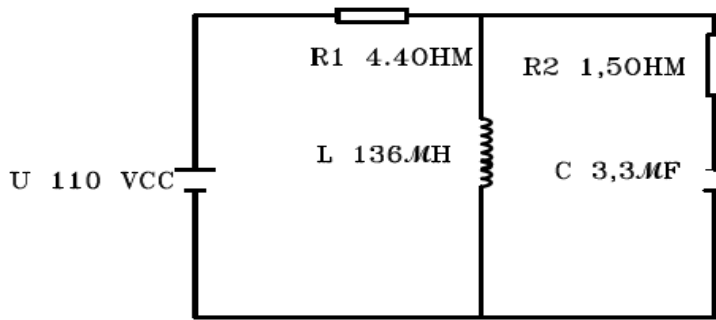


Figura 20: Arranjo do circuito formado pela fonte auxiliar e o enrolamento do indutor.

Fonte: Autor

Para que o circuito realize o trabalho, um circuito auxiliar externo é usado para adicionar alguma energia e em seguida se retirar e deixá-lo sozinho, enquanto vemos o que acontece.

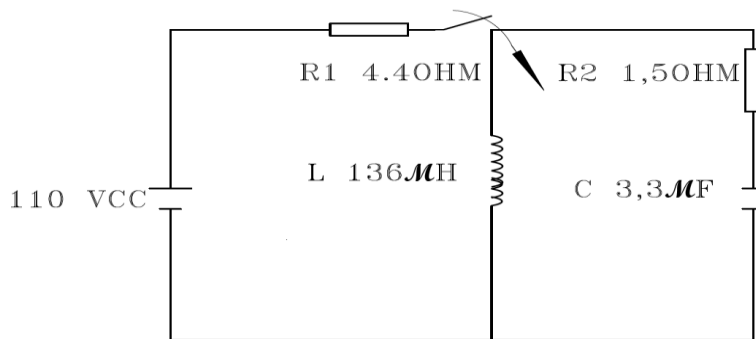


Figura 21: Circuito RLC com a fonte auxiliar aberta.

Fonte: Autor

Quando o interruptor é fechado, a malha azul mostra como a corrente flui no circuito, o indutor comporta se Como se fosse curto-circuito, pois tem 0 volts nos seus terminais, toda a corrente flui apenas através do indutor e que nenhuma corrente flui no outro ramo.

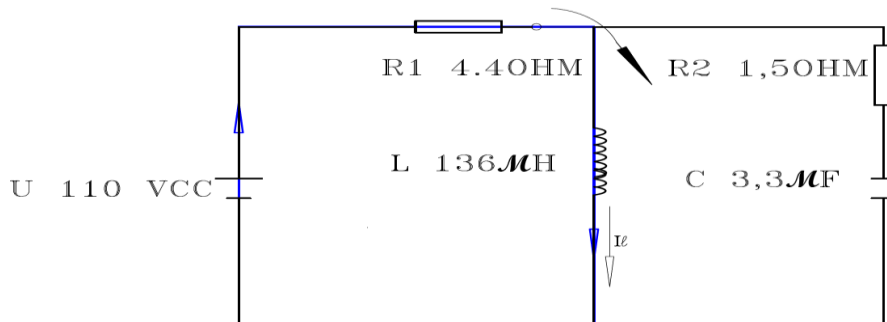


Figura 22: Circuito RLC com a fonte auxiliar ligada.

Fonte: Autor

A equação de indutor nos diz que:

$$V_L = \frac{di}{dt} \quad (\text{equação 9})$$

A corrente da fonte é constante, não muda com o tempo, Isso significa que a mudança na corrente com o tempo é $\frac{di}{dt} = 0$, logo $V_L = L \times 0 = 0$

Neste caso a corrente que flui pela malha azul é: $I_L = \frac{V_{CC}}{R_1} \quad (\text{equação 10})$

$$\frac{V_{CC}}{R_1} = \frac{110}{4,4} = 25 \text{ A}$$

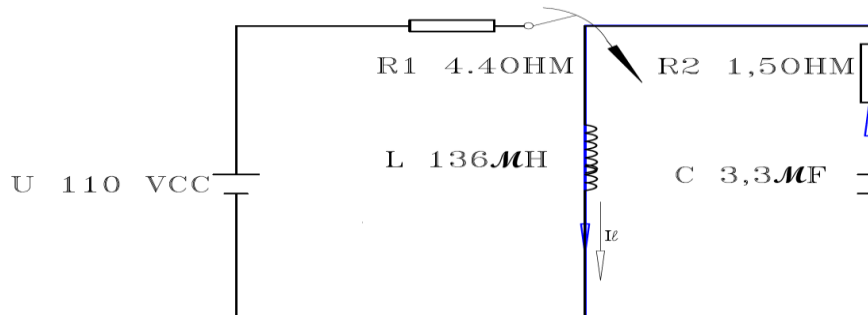


Figura 23: Circuito RLC com a fonte auxiliar aberta.

Fonte: Autor

O interruptor aberto desconecta o circuito auxiliar, da seção R1 L, o circuito auxiliar fez a sua função, do lado de RLC a corrente que flui instantaneamente volta para começar a fluir através de R2, ou seja no instante antes do interruptor abrir em $t = 0$, o indutor tem uma corrente que chamaremos de I_0 , com 0 volts através do indutor e do resistor, o interruptor está aberto e I_0 ainda flui em L, agora flui em R2 e C..

A corrente no indutor não muda instantaneamente, assim aquela que flui logo após o interruptor abrir é igual à que flui antes do interruptor abrir.

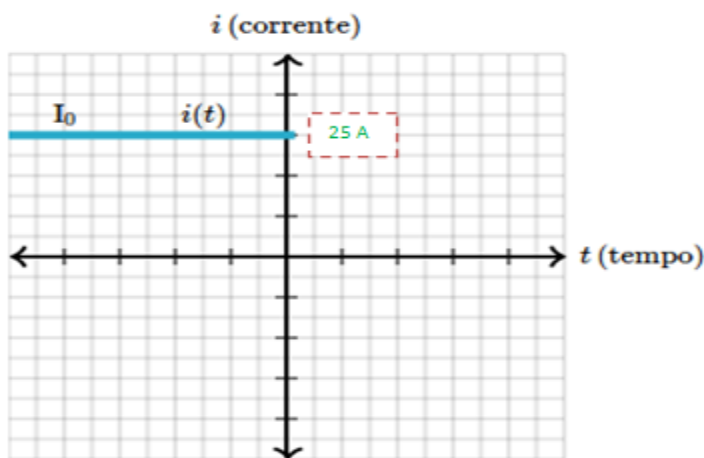


Figura 24: Gráfico de ilustração da corrente no indutor I_0 após a abertura do interruptor.

Fonte: Autor

A carga continuará a ser lançada para cima e para baixo entre as placas do capacitor superior e inferior, perdendo um pouco de energia a cada vez, até que o sistema eventualmente venha ao repouso.

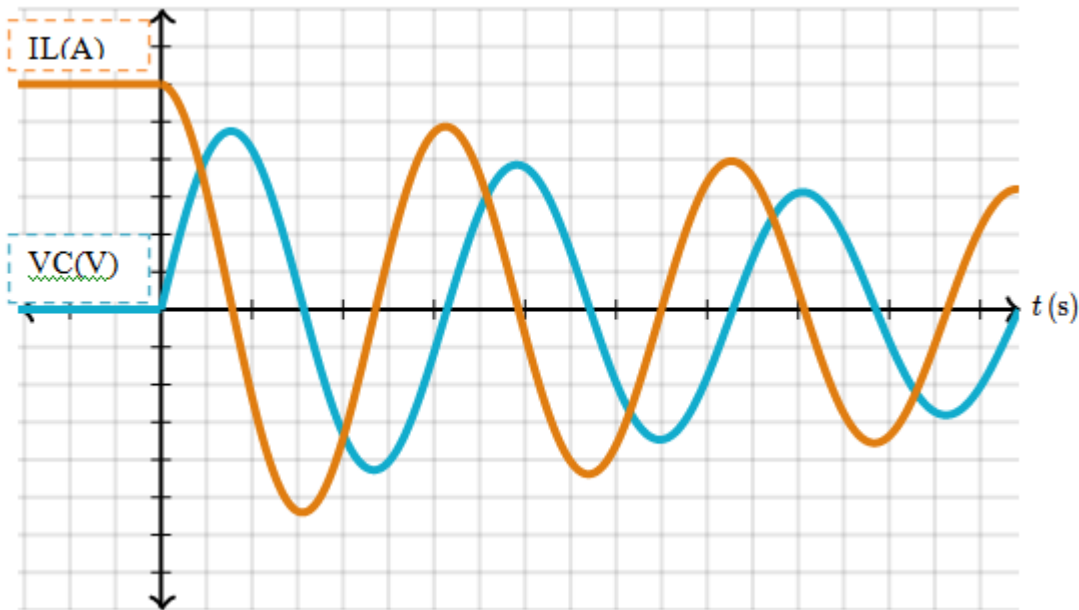


Figure 25: Gráfico de Ilustração da corrente e tensão no circuito RLC.

Fonte: Autor

No entanto esta é a resposta natural do circuito RLC, o circuito de excitação em referência, tem como fonte principal um transformador de 11KV/0.105KV, ligado aos terminais da saída de tensão do gerador e que fornece os 105 V ao conversor de tirístores que por sua vez incrementa a corrente de excitação até alcançar o valor desejado, esta função é exercida pelo regulador automático de tensão AVR, que ao receber o sinal de tensão de saída do gerador compara – o com um valor de referencia e vai manipulando a corrente do gate de tiristor, até que a tensão do gerador seja igual ao valor de referencia, vide figura 12.

A corrente $I_L = 25 \text{ A}$, é a corrente de carga que estava sendo calculada e será usada para o dimensionamento do banco de baterias.

5.2 Determinação da capacidade da bateria.

5.2.1 Determinação das características de descarga (ciclo de descarga)

É importante notar que poderá haver cargas contínuas, momentânea e aleatório que podem ser adicionados em conjunto, se eles ocorrem ao mesmo tempo. Um diagrama de carga típico poderá ser conforme demonstrado abaixo, como se observa, as cargas se sobrepõem e devem ser adicionadas ao longo do diagrama. Para a bateria escolhida o fabricante fornece as características de descarga.

Tipo de Elemento	Densidade Nominal 1210 g/cm ³ à 25°C.											
	CAPACIDADE em Ah ATÉ 1,80VPE						CORRENTE DE DESCARGA EM "A"					
	C20	C10	C8	C5	C3	C1	C 20h	C 10h	C 8h	C 5h	C 3h	C 1h
2 MO 100	107	97	92	77	61	43	5	10	12	15	20	43
3 MO 150	160	145	138	115	92	64	8	15	17	23	31	64
4 MO 200	213	194	184	154	122	85	11	19	23	31	41	85
5 MO 250	267	242	230	192	153	106	13	24	29	38	51	106
6 MO 300	320	291	276	231	184	128	16	29	35	46	61	128
5 MO 350	373	339	321	269	214	149	19	34	40	54	71	149
6 MO 400	427	388	366	308	245	170	21	39	46	62	82	170
6 MO 420	448	407	386	323	257	179	22	41	48	65	86	179
7 MO 490	522	475	450	377	300	208	26	47	56	75	100	208
7 MO 500	533	485	458	385	306	213	27	48	57	77	102	213
6 MO 600	641	583	551	463	359	231	32	58	69	93	120	231
8 MO 750	801	729	689	579	448	289	40	73	86	116	149	289
8 MO 800	855	777	734	618	478	308	43	78	92	124	159	308
10 MO 1000	1069	971	918	772	598	385	53	97	115	154	199	385
11 MO 1100	1175	1069	1010	850	658	424	59	107	126	170	219	424
12 MO 1200	1282	1166	1102	927	717	462	64	117	138	185	239	462
10 MO 1250	1314	1195	1113	919	725	452	66	119	139	184	242	452
11 MO 1350	1419	1290	1202	993	783	479	71	129	150	199	261	479
12 MO 1500	1577	1433	1335	1103	870	532	79	143	167	221	290	532
14 MO 1750E	1855	1687	1570	1298	1023	612	93	169	196	260	341	612
15 MO 1850	1945	1768	1646	1361	1073	655	97	177	206	272	358	655
16 MO 2000	2102	1911	1780	1471	1160	709	105	191	223	294	387	709
17 MO 2100	2208	2007	1869	1545	1218	745	110	201	234	309	406	745
18 MO 2250	2365	2150	2003	1655	1304	798	118	215	250	331	435	798
19 MO 2350	2470	2246	2091	1728	1362	834	124	225	261	346	454	834
20 MO 2500E	2628	2389	2225	1825	1439	886	131	239	278	365	480	886
22 MO 2750	2891	2628	2448	2023	1594	975	145	263	306	405	531	975
24 MO 3000	3154	2867	2670	2206	1739	1064	158	287	334	441	580	1064

Tabela 3: Correntes de descarga das baterias MO

Fonte: manual técnico de baterias de chumbo de tipo MO V9 setembro de 2019

A seguir temos as curvas de constante K

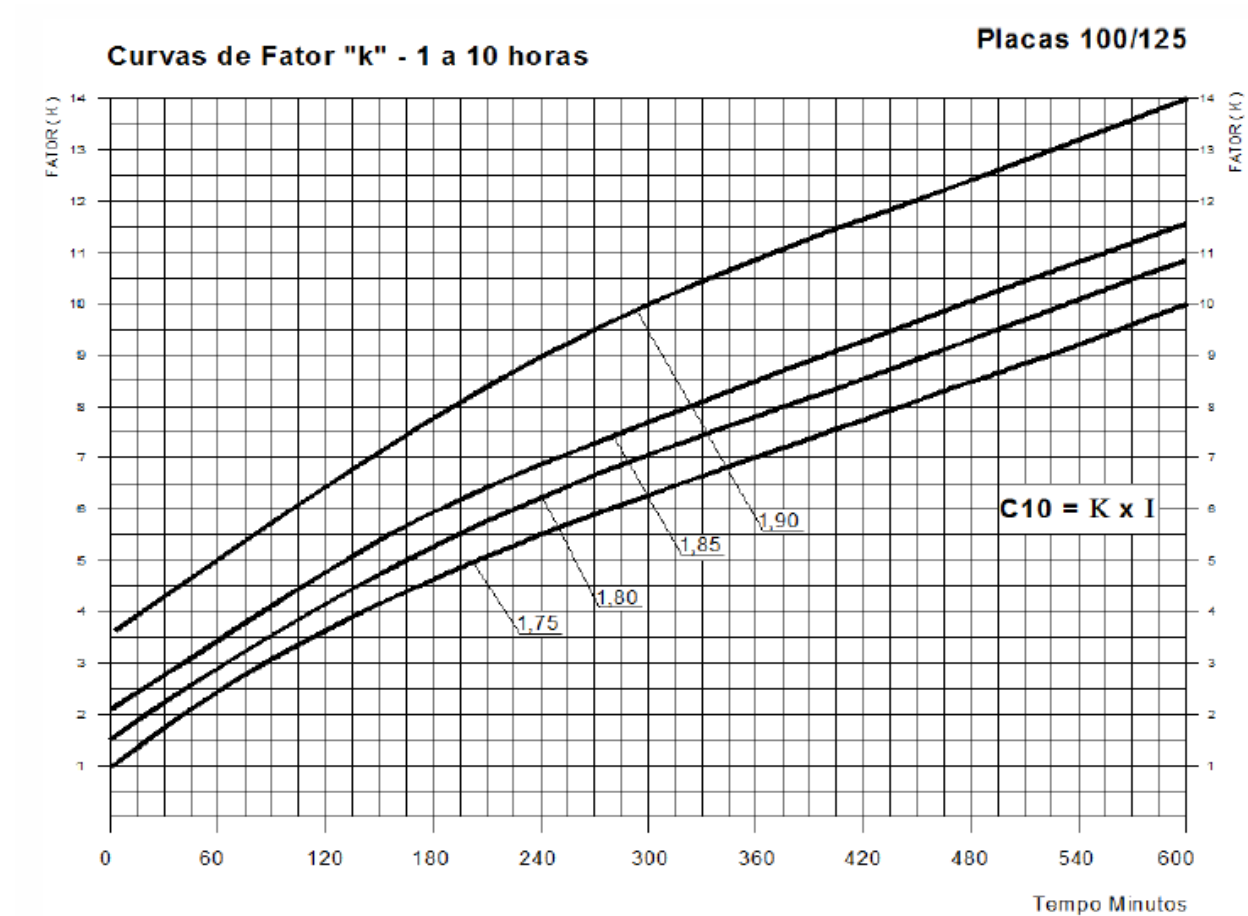


Figura 26: Curvas do fator K das baterias MO

Fonte: manual técnico de baterias de chumbo de tipo MO V9 setembro de 2019

A partir da característica de descarga apresentada na tabela 3 e da curva do fator K do fabricante apresentada na Figura 19 (que é uma curva típica do fabricante), podemos calcular a capacidade da bateria:

Vamos calcular a capacidade de cada elemento do banco de baterias, atendendo a autonomia de 10 horas.

$$C_{10} = K \times I \quad \text{(equação 11)}$$

a curva da bateria escolhida é de VPE = 1,8 V Onde:

C₁₀ – é a capacidade de descarga da bateria durante 10 horas

K – é o fator constante de descarga da bateria, que é de 10,8 para VPE = 1,8 V

I – é a corrente de descarga, calculada anteriormente **I** = 25 A

C₁₀ = 10,8 X 25 = 270 AH,

Este valor deve ser feita uma correcção por temperatura e por envelhecimento.

Fator de correção de temperatura para dimensionamento de baterias Chumbo-acidas com densidade especifica do eletrólito de 1,210 g/cm³.			
Temperatura inicial (°C)	Fator de correção da temperatura K	Temperatura inicial (°C)	Fator de correção da temperatura K
-4	1,523	25	1,000
-2	1,459	26	0,988
0	1,399	28	0,970
2	1,344	30	0,956
4	1,307	32	0,941
6	1,271	34	0,934
8	1,233	36	0,923
10	1,19	38	0,909
12	1,161	40	0,894
14	1,133	42	0,885
16	1,106	44	0,878
18	1,083	46	0,870
20	1,056	48	0,863
22	1,031	50	0,856
24	1,010	52	0,849
Elementos com densidade 1,210 g/cm ³ , ventilados.			

Tabela 4: Fator de correção de temperatura para dimensionamento de Baterias de Chumbo-acidas.

Fonte: manual técnico de baterias de chumbo de tipo MO V9 setembro de 2019.

$$C_{10} = F_{ct} \times F_e \times K \times I \quad (\text{equação 12})$$

Onde :

Fct = Fator de correção com temperatura, relativo a temperatura ambiente onde a bateria será instalada; = 1 à 25°C

C₁₀ = Capacidade nominal em Ah requisitada para a bateria, a tensão de 1,80 V/elemento à temperatura de 25°C;

Fe = Fator de compensação de capacidade por envelhecimento da Bateria = 1,25;

K = Relação entre a capacidade indicada de um elemento de bateria em Ah (Ci), e os ampéres que podem ser fornecidos por esse elemento durante t minutos (It) até dada tensão final de descarga;

I = Corrente de descarga em Amperes;

$$C_{10} = 1 \times 1,25 \times 10,8 \times 25 = 337,5 \text{ AH}$$

Na tabela 3 escolhemos o valor imediatamente superior em C₁₀, que é 339, a partir deste valor conclui – se que a nossa bateria é: **5 MO 350**, ou seja trata – se de um banco de baterias dimensionado para 50 elementos modelo **5 MO 350**, capacidade nominal **350 Ah** referido a 10 horas até tensão final de 1,80V/elemento.

6.0 Dimensionamento do carregador das baterias

Após o dimensionamento das baterias determinamos as especificações do respectivo carregador.

A capacidade nominal de um carregador de bateria (retificador), em amperes, é calculada segundo a norma IEC, pela equação:

$$I_c = I_l + \frac{KXC}{H} \quad (\text{equação 13})$$

Em que:

I_c = Corrente nominal de saída do retificador.

I_l = Consumo de carga permanentemente conectada aos terminais da bateria.

C = Capacidade total da bateria em Ah (Ampères-hora).

H = Tempo para recarregar a bateria.

K = Constante que para baterias alcalinas vale 1.4 e para baterias chumbo-ácidos vale 1.25.

$$I_c = 25 + \frac{1,25 \times 350}{10} = 93,75 \text{ A}$$

As capacidades nominais padronizadas (correntes de saída do retificador) normalmente encontradas para os carregadores são: 5 A, 10 A, 15 A, 25 A, 35 A, 50 A, 75 A, 100 A, 150 A, 200 A, 400 A, 600 A, 800 A, 1000 A e 1200 A.

Logo, o carregador será de 100 A

$$I_{sc} = 100 \text{ A}$$

7.0 Dimensionamento dos cabos e suas protecções

7.1 Dimensionamento do cabo de carregamento das baterias

$$I_c = 93,75 \text{ A.}$$

Calculo de I_f

$$I_f \geq 1,2 \times I_n, \quad (\text{equação 14})$$

$$I_n = 93,75 \text{ A}$$

$$I_f \geq 1,2 \times 93,75 = 107,81 \text{ A}$$

Calculo de I_z

$$I_z = 1,45 \times I_f \quad (\text{equação 15})$$

$$I_z = 1,45 \times 107,81 \quad I_z = 156,33 \text{ A}$$

Calculo da secção do cabo S

Pela consulta na tabela das características eléctricas dos cabos a secção será de 35 mm²

$$S = 35 \text{ mm}^2$$

7.2 Dimensionamento da protecção do cabo de carregamento das baterias

- Critério para seleção de fusível.

$$I_{nf} \geq 1,15 \times I_c$$

$$I_{nf} \geq 1,15 \times 93,75 \quad I_{nf} \geq 107,82 \text{ A}$$

Pela consulta na tabela do anexo 2, o fusível selecionado é de 125 A - **FNH1-125U**

7.3 Dimensionamento de cabo do circuito de excitação piloto

$$I_c = 25 \text{ A.}$$

Calculo de I_f

$$I_f \geq 1,2 \times I_n = , I_n = 25 \text{ A}$$

$$I_f \geq 1,2 \times 25 = 30 \text{ A}$$

Calculo de I_z

$$I_z = 1,45 \times I_f \quad I_z = 1,45 \times 30 \quad I_z = 43,5 \text{ A}$$

Calculo da secção do cabo S

Pela consulta na tabela das características eléctricas dos cabos a secção será de 4 mm²

$$S = 4 \text{ mm}^2$$

7.4 Dimensionamento da protecção do cabo de carregamento das baterias

- Critério para seleção de fusível.

$$I_{nf} \geq 1,15 \times I_c$$

$$I_{nf} \geq 1,15 \times 25 \quad I_{nf} \geq 28,75 \text{ A}$$

Pela consulta na tabela do anexo 2, o fusível selecionado é de 35 A - **FNH00-35U**

7.5 Dimensionamento do cabo de CA do carregador de baterias

$$I_{cc} = 100 \text{ A CC}$$

$$U_{sc} = 110 \text{ V CC}$$

$$S_{sc} = U_{sc} \times I_{sc}, S_{sc} = 110 \times 100 = 11000 \text{ VA}$$

O rendimento do carregador escolhido é de $\eta = 0,85$

$$P = S \times \eta \quad (\text{equação 16})$$

$$I_{ac} = \frac{P}{U \times \eta \times \sqrt{3}} \quad (\text{equação 17})$$

$$\frac{P}{U \times \eta \times \sqrt{3}} = \frac{11000}{380 \times 0,85 \times \sqrt{3}} = 19,662 \text{ A}$$

$$I_f \geq 1,2 \times I_n = , I_n = 16,7 \text{ A}$$

$$I_f \geq 1,2 \times 19,662 = 23,59 \text{ A}$$

Calculo de Iz

$$I_z = 1,45 \times I_f \quad I_z = 1,45 \times 23,59 \quad I_z = 34,21 \text{ A}$$

7.6 Cálculo da secção do cabo de corrente alternada do carregador S

Pela consulta na tabela das características eléctricas dos cabos a secção será de 4 mm²

$$S = 4 \text{ mm}^2$$

7.7 Dimensionamento da protecção do cabo de CA do carregador das baterias

➤ Critério para seleção de fusível.

$$I_c = I_{ac} = 19,662 \text{ A}$$

$$I_{nf} \geq 1,15X I_c$$

(equação 18)

$$I_{nf} \geq 1,15X 19,662 \quad I_{nf} \geq 22,21 \text{ A}$$

Pela consulta na tabela do anexo 2, o fusível selecionado é de 25 A - **FNH00-25U**

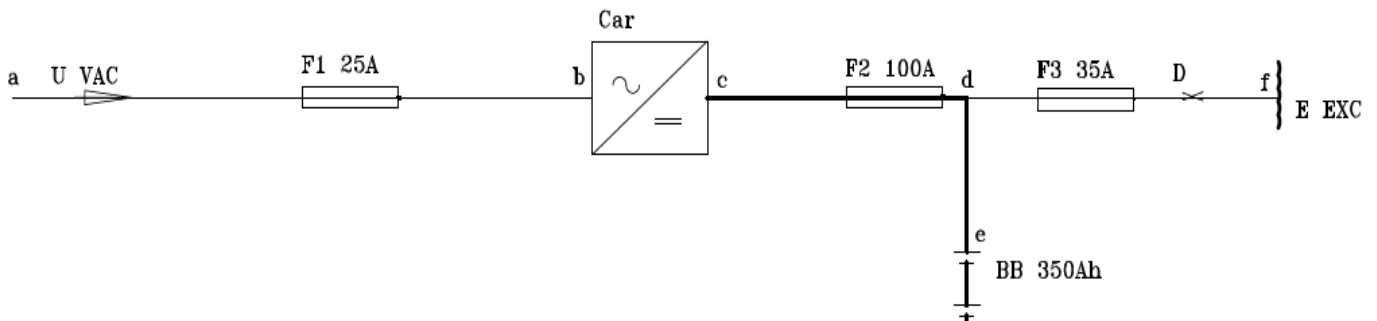


Figura 27: Diagrama unifilar da fonte de alimentação do sistema de excitação piloto.

Fonte: Autor

Troço a – b - Secção do cabo 4 mm² (três condutores)

Troço c – e - Secção do cabo 35 mm² (dois condutores)

Troço d – f - Secção do cabo 4 mm² (dois condutores)

8. Local de instalação das baterias

As baterias escolhidas do tipo 5MO 350 São fornecidas com estantes apropriadas para a sua instalação, a partir da tabela do anexo 4 conseguimos ter as dimensões desta estrutura.

8.1 Dimensões da estante de instalação das baterias

Comprimento C = 4100 mm

Largura L = 380 mm (estante sobreposta)

Altura H1 = 380 mm, H2 = 1080 mm

Tratando se de dois bancos de baterias teremos duas estantes.

8.2 Área total da sala de instalação das baterias.

Área da estante $A_{es} = CXL$ (equação 19)

$A_{es} = 4100 \times 380 = 1558\ 000\ \text{mm}^2$

Área total das estantes $A_{tes} = 2 \times A_{es} = 2 \times 1558\ 000\ \text{mm}^2$

$A_{tes} = 3116\ 000\ \text{mm}^2$

CONFIGURAÇÃO DAS ESTANTES METALICAS

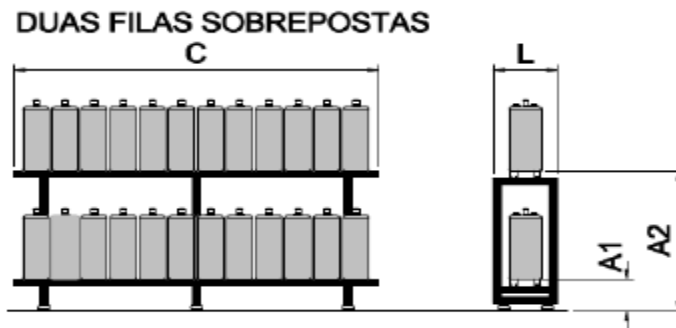


Figura 28: Configuração das estantes de instalação das baterias MO

Fonte: manual técnico de baterias de chumbo de tipo MO V9 setembro de 2019

8.3 Área total da sala das baterias

A sala deve ter uma área suficiente para a instalação das estantes , cabos e zona de circulação dos técnicos que irão realizar a manutenção das baterias.

Os carregadores serão instalados em um compartimento separado do das baterias.

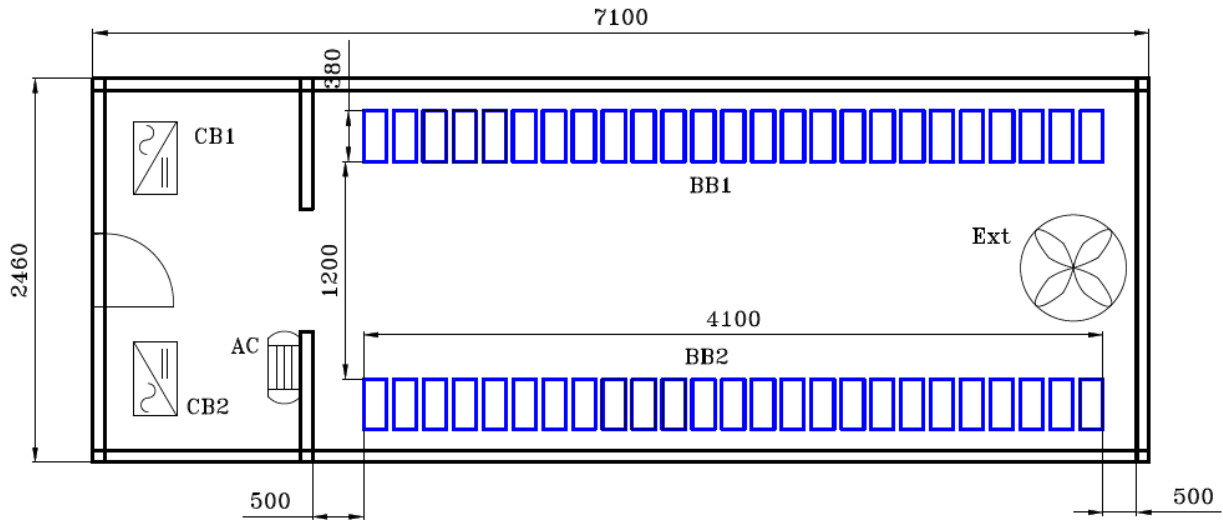


Figura 29: Disposição do equipamento na sala das baterias.

Fonte: Autor

Área da sala das baterias $Asb = 5100 \times 2460 = 12546\ 000\ \text{mm}^2$

Área total da sala $Ats = 7100 \times 2460 = 17466\ 000\ \text{mm}^2$

8.4 Protecção do sistema contra falhas de passagem a terra

8.4.1 Sistema de aterramento dos carregadores de baterias

Será usado o tipo TT

Este tipo possui um ponto de alimentação diretamente aterrado, estando as massas da instalação ligadas a um eléctrodo de aterramento eletricamente distinto do eléctrodo de aterramento da fonte, ou seja, os equipamentos são aterrados com uma haste própria, diferente da usada para o neutro.

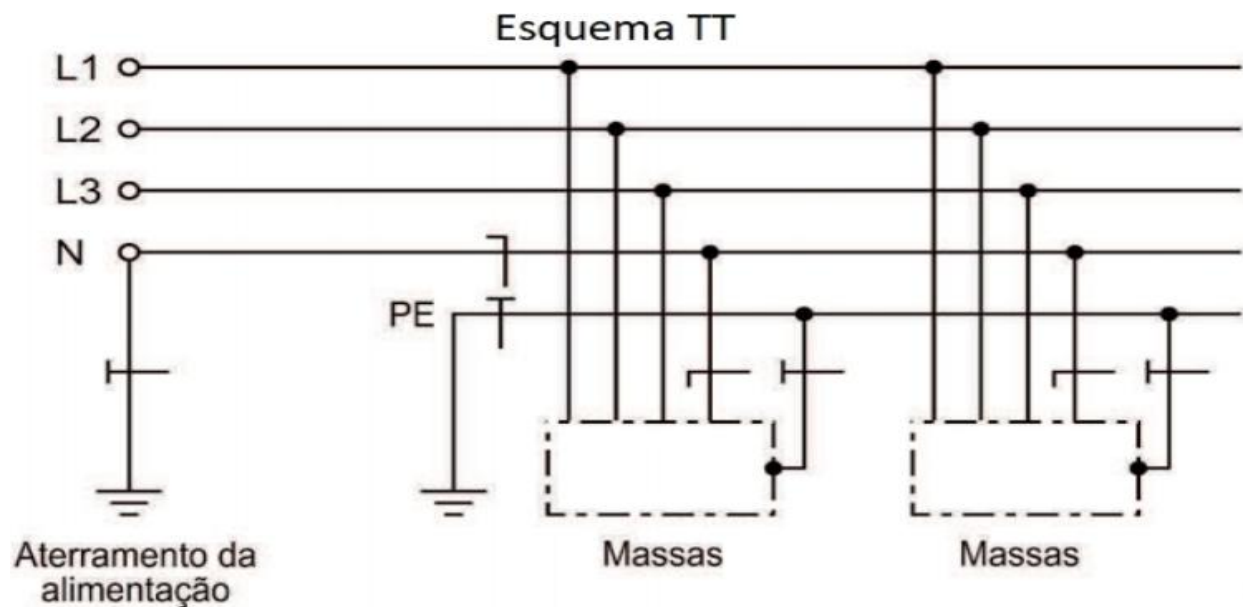


Figura 30: Sistema de aterramento dos carregadores de baterias.

Fonte: Autor

8.4.2 Protecção do sistema de corrente contínua contra falhas de passagem a terra.

O sistema de corrente contínua está propenso aos possíveis encostos de partes ativas à estruturas metálicas. Para que seja possível detectar esta ocorrência, é importante que o sistema seja dotado de um equipamento de supervisão.

Será usado um circuito divisor de tensão que detecta qualquer desequilíbrio entre os potenciais positivo e negativo.

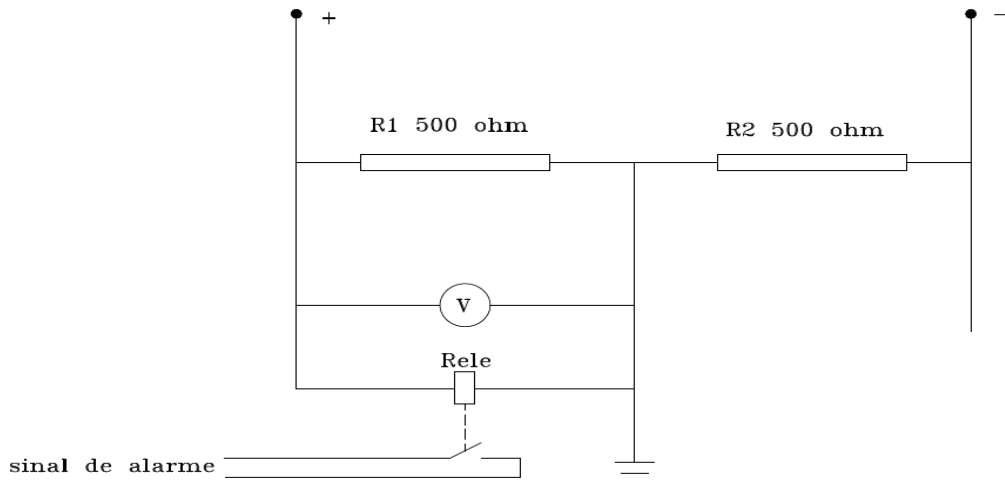


Figura 31: Circuito divisor de tensão

Fonte: Autor

9.0 Avaliação económica do projecto

- ✓ O projecto em apreço é uma alternativa para a redução de falhas no sistema de geração;
- ✓ O projecto visa a dimensionar o banco de baterias, o carregador, os cabos de ligação e as protecções não deve ser oneroso face ao fim a que - se destina;
- ✓ Taxa mínima de atratividade= TMA, baixo risco;
- ✓ A análise do projecto deve levar em conta a valoração do capital ao longo do tempo e permitir comparar a rentabilidade do projecto com outras alternativas de investimento;
- ✓ Valor presente líquido (VPL) e Taxa Interna de Retorno (TIR)

Valor Presente Líquido (VPL)

$$VPL = -C_0 + \frac{R_1 - C_1}{1+r} + \frac{R_2 - C_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{R_t - C_t}{(1+r)^t} \quad (\text{equação 20})$$

C_0 = Capital investido no início do projecto

- ✓ R_1, R_2, \dots, R_T = Receitas projectadas para os anos 1,2..T;
- ✓ C_1, C_2, \dots, C_T = Custos projectados para os anos 1, 2...T;
- ✓ T = Horizonte de planeamento do projecto (anos);
- ✓ r = taxa de juros(TMA),custo de oportunidade do capital;

C_0 = **Capital investido no início do projecto**

- ✓ Aquisição das baterias;
- ✓ Aquisição dos carregadores de baterias;
- ✓ Aquisição dos cabos de ligação do equipamento;
- ✓ Mão-de-obra;
- ✓ Aquisição dos aparelhos de protecção
- ✓ Aquisição de suporte das baterias
- ✓ Aquisição de aparelho de ar condicionado
- ✓ Aquisição do extrator

C_T = **Custos anuais projectados**

- ✓ Manutenção do Motor-Gerador;
- ✓ Manutenção do biodigestor;
- ✓ Mão-de-obra ;

R_T = **Receitas anuais projectadas**

- ✓ Economia de energia eléctrica

Viabilidade do projecto

- ✓ $VP > 0$: o projecto é viável;
- ✓ $VPL < 0$: o projecto é inviável;
- ✓ $PL = 0$: projecto remunera o capital com a taxa r ;
- ✓ $VPL = 0$: a diferença entre receitas e os custos actualizados para o momento é nula;
- ✓ A taxa de juros (r) que anula o VPL é a taxa interna de retorno (TIR);

RELATÓRIO DE ESTAGIO PROFISSIONAL

✓ Se TIR > TMA, o projecto é viável

Item	Produto	Unidade	Quantidade	Preço (MZN)	
				Unitario	Total
01	Bateria	Un	100	17 0000,00	1 700 0000,00
02	Carregador	Un	2	452 000,00	904 000,00
03	Cabo XLPE 35X2	metro	30	358,21	10 746,30
04	Cabo XLPE 4X2	metro	50	75,67	3 783,50
05	Cabo XLPE 4X3	metro	60	88,52	5311,20
06	Fusível FNH00-25U	Un	4	433,33	1733,32
07	Fusível FNH00-35U	Un	6	485,67	2914,02
08	Fusível FNH1-100U	Un	4	673,34	2693,36
09	Estante	Un	2	15758,54	31 517,08
10	Aparelho de ar cond	Un	1	36582,42	36 582,42
11	Extrator	Un	1	12567,52	12 567,52
12	Barra de ligação	Un	100	150,52	15 052,00
13	Obras de alvenaria	Un	1	100 000,00	100 000,00
14	Subtotal	-----	-----	-----	2 826 907,06

Tabela 5: Levantamento do material com os respectivos preços

Fonte: Autor

	MOEDA	Metical
Mão	Mão-de-obra (20% subtotal)	565 381,412
	Imprevistos (5% subtotal)	141 345,353
De	Custos indirectos (7% subtotal)	197 883,4942
	Transporte (5% subtotal)	141 345,353
obra	Custo total do projecto	3872 862,6722

Tabela 6: Orçamento do projecto.

Fonte: Autor

Os custos indirectos compreendem:

- ✓ Despesas de expedição;
- ✓ Serviços de compras;
- ✓ Serviços de armazenamento;
- ✓ Serviços de segurança e sociais.

9.1 Custos de manutenção

Plano de manutenção das baterias					
Item	Actividade	Periodicidade (horas)	Por ano	Custo (MZN) / actividade	Custo (MZN) total/ actividade
01	Verificação e atesto do nível de eletrólito	720	12	560,00	6 720,00
02	Medição de tensão por cada elemento	2160	4	1800,00	7 200,00
03	Limpeza geral das baterias e carregador	720	12	450,00	6 720,00
04	Custo total	_____	_____	_____	20 640

Tabela 7: Plano de manutenção das baterias.

Fonte: Autor

Desta forma, o custo total anual de manutenção será igual a 20 640,00 MZN.

Item		Valores
01	Juros (TMA) -taxa anual	10%
02	Investimento inicial total (MZN)	3872 862,6722
03	Custos de manutenção anuais (MZN)	20 640
04	Economia anual de consumo de energia (MZN)	1 525 785,20

Tabela 8: Informações economicas.

Fonte: Autor

9.2 Análise do projecto

Ano	Investimento	Custos	Receitas	Fluxo de caixa
0	3872 862,6722	0	0	- 3872 862,6722
1	0	20 640	1 525 785,20	- 2 504 548,8540
2	0	20 640	1 525 785,20	- 1 260 627,200
3	0	20 640	1 525 785,20	- 129 789,3347
4	0	20 640	1 525 785,20	898 245,0892

Tabela 9: Análise do projecto.

Fonte: Autor

Na tabela 8 é notável que

VAL = 898 245,0892 MZN, o que mostra claramente que este projecto é viável e começa a encaixar o retorno de investimento a partir do quarto ano.

Payback = 4 anos

10. Conclusão

O sistema de excitação estática não se encontra em grande escala nas centrais de produção de energia eléctrica, o caso particular da central hidroeléctrica de corumana apresenta uma boa confiabilidade, carecendo apenas de algumas correções, como é o caso de separação do circuito de excitação piloto com os outros elementos que estão actualmente ligados no mesmo barramento. Concernente a avaliação económica o presente projecto apresenta lucros atrativo em tempo de retorno de investimento de sensivelmente 4 anos, sendo este intervalo de tempo considerado aceitável para este tipo de projecto.

11. Recomendações

Na elaboração do presente projecto foram adquiridos alguns conceitos fundamentais que apresento a seguir como proposta para o correcto funcionamento do sistema apreço:

- ✓ Cumprir com as recomendações do fabricante das baterias durante a instalação, e longo do funcionamento, para garantir que não seja reduzida a vida útil das mesmas ;
- ✓ Manter a temperatura e o ambiente recomendados para a sala das baterias, o que requer maior atenção na manutenção de aparelhos de ar condicionado e do extrator
- ✓ Para a redução dos custos de aquisição do eletrólito, recomendo que seja instalada um equipamento de destilação de agua na central, sendo opcionalmente de pequeno porte.

10 Referências bibliográficas

- [1]. STA - ESL; 04 de Setembro de 2019 : **Manual técnico de baterias de chumbo de tipo MO**; Versão 9; São Paulo
- [2]. Eurocabos / Lisboa – Tabelas Técnicas – Condutores Eléctricos; Versão: Maio.2006 ; **Características eléctricas dos cabos de baixa tensão**; Lisboa
- [3]. Filho, João Mamede; Mamede, Daniel Ribeiro; 2013; **Proteção de Sistemas Eléctricos de Potência**; 1ª edição; Rio de Janeiro
- [4]. Caminha, Amadeu; 1977; **Introdução a Protecção de Sistemas Eléctricos**; 1ª edição; São Paulo
- [5]. Albano, de Almeida; 2000; **Materiais e Equipamentos Eléctricos, Dimensionamento de Cabos e Protecções**; página 3-6
- [6]. Nife SE, IE; 1997; **Manual técnico Lorica baterias de chumb acidas OPZV**;
- [7]. Hélder José de Sousa Teixeira; Julho de 2009; **Caracterização da Produção de Centrais Mini - Hídricas**;

ANEXOS



RELATÓRIO DE ESTAGIO PROFISSIONAL

ANEXO 1: Tabela A1.1 Características eléctricas dos cabos de baixa tensão

Tabela II - (BT-CU-XLPE)
Características Eléctricas dos Cabos: XV, XAV
Baixa Tensão – Condutor em Cobre - Revestimento em XLPE

Secção Nominal mm ²	1 Condutor			2 Condutores (5)			3, 4 e 4+T Condutores (6)		
	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão $\Delta U=V / AKm$ Cos $\phi = 0,8$ (4)	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação Ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão $\Delta U=V / AKm$ Cos $\phi = 0,8$	Instalação Subterrânea (2) Intensidade A	Instalação Ao Ar (3) Intensidade A	Queda de Tensão $\Delta U=V / AKm$ Cos $\phi = 0,8$
1	-	24	32,100	-	20	37,000	-	18	32,000
1,5	48	32	21,500	32	26	24,800	30	24	21,400
2,5	63	43	13,200	43	35	15,200	40	32	13,100
4	82	57	-8,270	55	45	9,510	52	42	8,240
6	103	72	5,600	68	58	6,380	64	53	5,530
10	137	99	3,340	90	80	3,830	86	73	3,310
16	177	131	2,140	115	105	2,440	111	96	2,110
25	229	177	1,360	149	143	1,570	143	130	1,350
35	275	218	1,020	178	176	1,150	173	160	1,010
50	327	266	0,776	211	215	0,870	205	195	0,774
70	402	338	0,562	259	270	0,623	252	247	0,559
95	482	416	0,427	310	335	0,469	303	305	0,425
120	550	487	0,356	352	390	0,387	346	355	0,353
150	618	559	0,306	396	447	0,329	390	407	0,303
185	701	648	0,261	449	514	0,227	441	469	0,259
240	819	779	0,218	521	610	0,228	511	551	0,215
300	931	902	0,189	-	-	-	-	-	-
400	1073	1100	0,165	-	-	-	-	-	-
500	1223	1246	0,144	-	-	-	-	-	-

ANEXO 2:Tabela A2.2 Corrente nominal dos fusíveis tipo FNH-U

NH 00			
Fusível			
Tamanho 00	Corrente Nominal (A)	Tipo	Peso (kg)
	4	FNH00-4U	0,2
	6	FNH00-6U	
	10	FNH00-10U	
	16	FNH00-16U	
	20	FNH00-20U	
	25	FNH00-25U	
	35	FNH00-35U	
	50	FNH00-50U	
	63	FNH00-63U	
	80	FNH00-80U	
	100	FNH00-100U	
	125	FNH00-125U	
160	FNH00-160U		
NH1			
Fusível			
Tamanho 1	Corrente Nominal (A)	Tipo	Peso (kg)
	50	FNH1-50U	0,4
	63	FNH1-63U	
	80	FNH1-80U	
	100	FNH1-100U	
	125	FNH1-125U	
	160	FNH1-160U	
	200	FNH1-200U	0,45
	224	FNH1-224U	
	250	FNH1-250U	

RELATÓRIO DE ESTAGIO PROFISSIONAL

ANEXO 3 Tabela A3.3: Dimensões de estantes metálicas para instalação das baterias

DIMENSIONAL ESTANTES METALICAS

TIPO DE BATERIA	COMPRIENTO DA ESTANTE (C)				LARGURA DA ESTANTE (L)			ALTURA DA ESTANTE (A1 / A2)					QUANT. ESTANTES
	TENSÃO NOMINAL DA BATERIA				TIPO DE ESTANTE			SOBREP.		NÍVEL	DEGRAUS		
	24V	48V	60V	120V	SOBREP.	NÍVEL	DEGRAUS	A1	A2	A1	A1	A2	
4 MX 200	900	1700	2100	4100	380	500	560	300	1080	550	300	735	1
5 MX 250	1000	1950	2400	4750	380	500	560	300	1080	550	300	735	1
5 MX 350	1000	1950	2400	4750	380	500	560	300	1080	550	300	735	1
6 MX 420	1150	2200	2700	5350	380	500	560	300	1290	550	300	735	1
3 MX 300	1000	2200	2700	5350	380	500	560	300	1290	550	300	735	1
5 MX 500	1000	2200	2700	5350	380	500	560	300	1290	550	300	735	1
2 MO 100	770	1450	1750	3450	380	500	560	300	1080	550	300	735	1
3 MO 150	770	1450	1750	3450	380	500	560	300	1080	550	300	735	1
4 MO 200	770	1450	1750	3450	380	500	560	300	1080	550	300	735	1
5 MO 250	900	1700	2100	4100	380	500	560	300	1080	550	300	735	1
6 MO 300	1000	1950	2400	4750	380	500	560	300	1080	550	300	735	1
5 MO 350	900	1700	2100	4100	380	500	560	300	1080	550	300	735	1
6 MO 400	1000	1950	2400	4750	380	500	560	300	1080	550	300	735	1
6 MO 420	1000	1950	2400	4750	380	500	560	300	1080	550	300	735	1
7 MO 490	1150	2200	2700	5350	380	500	560	300	1290	550	300	735	1
7 MO 500	1150	2200	2700	5350	380	500	560	300	1290	550	300	735	1
6 MO 600	1000	2200	2700	5350	380	500	560	300	1290	550	300	735	1
8 MO 750	1400	2700	3400	*	450	500	560	300	1370	350	300	500	1
8 MO 800	1400	2700	3400	*	450	500	560	300	1370	350	300	500	1
10 MO 1000	1400	2700	3400	*	450	525	585	300	1370	350	300	500	1
11 MO 1100	1400	2700	3400	*	450	525	585	300	1370	350	300	500	1
12 MO 1200	1400	2700	3400	*	450	525	585	300	1370	350	300	500	1
10 MO 1250	1400	2700	3400	*	450	570	620	300	1520	350	300	500	1
11 MO 1350	1400	2700	3400	*	450	570	620	300	1520	350	300	500	1
12 MO 1500	1400	2700	3400	*	450	570	620	300	1520	350	300	500	1
14 MO 1750E	1400	2750	3450	*	585	410	860	300	1500	145	360	710	1
15 MO 1850	1400	2750	3450	*	585	410	860	300	1500	145	360	710	1
16 MO 2000	1400	2750	3450	*	585	410	860	300	1500	145	360	710	1
16 MO 2100	1400	2750	3450	*	585	410	860	300	1500	145	360	710	1
18 MO 2250	1400	2750	3450	*	680	500	1040	300	1500	145	360	710	1
19 MO 2350	1400	2750	3450	*	680	500	1040	300	1500	145	360	710	1
20 MO 2500E	1400	2750	3450	*	800	590	1040	300	1550	145	360	710	2
22 MO 2750	1400	2750	3450	*	800	590	*	300	1550	145	*	*	2
24 MO 3000	1400	2750	3450	*	800	590	*	300	1550	145	*	*	2

ANEXO 4



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2022ELEPPL05
---------------------	--------------

Data:	25/04/22
-------	----------

1. AGENDA:

Apresentação do TAT e discursão em torno do tema

2. PRESENCAS

Supervisor	Eng ^o Isac Matavel
Co-Supervisor	
Estudante	Mauricio Francisco Lissane
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Correção do tema
Correção dos objectivos e da metodologia

RELATÓRIO DE ESTAGIO PROFISSIONAL

4. RECOMENDAÇÕES:

Fazer revisão sobre sistema de excitação estática

Investigar mais sobre as metodologias

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	06/05/22
-----------------------------	----------



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2022ELEPPL05
---------------------	--------------

Data:	06/05/22
-------	----------

1. AGENDA:

Apresentação do avanço do trabalho acerca da revisão de literatura

2. PRESENCAS

Supervisor	Eng ^o Isac Matavel
Co-Supervisor	
Estudante	Mauricio Francisco Lissane
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Discussão da revisão bibliográfica

RELATÓRIO DE ESTAGIO PROFISSIONAL

4. RECOMENDAÇÕES:

Fazer revisão acerca dos sistemas de corrente continua
--

Ler acerca da citação dos elementos textuais
--

Aprofundar mais sobre as centrais hidroelétrica

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	20/05/22
-----------------------------	----------



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2022ELEPPL05
---------------------	--------------

Data:	20/05/22
-------	----------

1. AGENDA:

Apresentação do avanço do trabalho acerca dos resultados, análise e discussão

2. PRESENCAS

Supervisor	Eng ^o Isac Matavel
Co-Supervisor	
Estudante	Mauricio Francisco Lissane
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Fez avaliação de todos os aspectos que fazem parte do capítulo

RELATÓRIO DE ESTAGIO PROFISSIONAL

4. RECOMENDAÇÕES:

Necessidade de rever outros projectos feitos, para familiarizar – se com a organização
Fazer correcções em todos os aspectos
Fazer avaliação do funcionamento do sistema projectado

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	03/06/22
-----------------------------	----------



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

ACTA DE ENCONTROS

REFERÊNCIA DO TEMA:	2022ELEPPL05
---------------------	--------------

Data:	03/06/22
-------	----------

1. AGENDA:

Apresentação do avanço do trabalho acerca da organização do trabalho

2. PRESENCAS

Supervisor	Eng ^o Isac Matavel
Co-Supervisor	
Estudante	Mauricio Francisco Lissane
Outros	

3. RESUMO DO ENCONTRO:

Fez avaliação de todos os aspectos organizacionais do projecto

RELATÓRIO DE ESTAGIO PROFISSIONAL

4. RECOMENDAÇÕES:

Colocar de ordem alfabética a lista de abreviaturas;
--

A partir da dedicatória ate a lista de tabelas, a paginação deve estar em numeração romana;

A partir da introdução ate a conclusão não se pode ultrapassar um número superior a 60 páginas
--

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	
-----------------------------	--

ANEXO 5



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA

RELATÓRIO DE PROGRESSO

REFERÊNCIA DO TEMA:	2022ELEPPL05
---------------------	--------------

ACTV.	DATA	ESTÁGIO (%)	OBSERVAÇÕES	RÚBRICA
1	25/04/22	20	Melhorar a introdução.	
	06/05/22	60	Clarificar o objectivo principal do trabalho	
	10/05/22	100	Pode avançar com a parte da revisão bibliográfica	
2	13/05/22	30	Definir os conceitos necessários	
	17/05/22	76	Aumentar os conceitos	
	20/05/22	100	Rever sobre o sistema de excitação estática	
3	27/05/22	36	Pode avançar para a parte prática	
	30/05/22	80	Revisar os cálculos sobre dimensionamento do banco de baterias	
	03/06/22	100	Pode passar para o próximo passo	
4	09/06/22	50	Respeitar as citações e Anexos	
	17/06/22	80	Melhorar a conclusão e Resumo do trabalho	

ANEXO 6



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
 FACULDADE DE ENGENHARIA
 DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante: Maurício Francisco Lissane

Referência do tema: 2022ELEPPL05 Data: 07/03/2022

Título do tema: Dimensionamento de dois bancos de baterias para alimentação de sistema de excitação de geradores da central hidroeléctrica de corumana

1. Resumo					
1.1. Apresentação dos pontos chaves no resumo (clareza, organização, correlação com o apresentado)	1	2	3	4	5
Secção 1 subtotal (max: 5)					

2. Organização (estrutura) e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3	4	5					
2.2. Introdução, antecedentes e pesquisa bibliográfica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.3. Metodologias	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 2 subtotal (max: 45)										

RELATÓRIO DE ESTAGIO PROFISSIONAL

3. Argumentação										
3.1.Criatividade e originalidade	1	2	3	4	5					
3.2.Rigor	1	2	3	4	5					
3.3.Análise crítica, evidência e lógica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3.4.Relação objectivos/métodos/resultados/conclusões	1	2	3	4	5					
3.5.Relevância	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (max: 30)										

4. Apresentação e estilo da escrita					
4.1. Legibilidade e organização	1	2	3	4	5
4.2. Ilustração e qualidade das figuras e tabelas	1	2	3	4	5
4.3. Estilo da escrita (fluência do texto, uso da língua e gramática)	1	2	3	4	5
4.4.Fontes bibliográficas (citação correcta, referências, etc)	1	2	3	4	5
Secção 4 subtotal (max: 20)					

Total de pontos (max: 100)	
-----------------------------------	--

Nota (=Total*0,2)	
--------------------------	--

Nota: Quando exista a componente gráfica (desenhos técnicos), a nota acima é multiplicada por 0,8 cabendo os restantes 20% do peso à referida parte gráfica.

ANEXO 7



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA

Nome do estudante: Mauricio Francisco Lissane

Referência do tema: 2022ELEPPL05 Data : : 07/03/2022

Título do tema: Dimensionamento de dois bancos de baterias para alimentação de sistema de excitação de geradores da central hidroeléctrica de corumana

1. Introdução										
1.1. Apresentação dos pontos chaves na introdução (Contexto e importância do trabalho)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 1 subtotal (max: 10)										

2. Organização e explanação										
2.1. Objectivos	1	2	3							
2.3. Metodologia	1	2	3	4						
2.4. Resultados, sua análise e discussão	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.5. Conclusões e aplicação dos resultados (recomendações)	1	2	3	4	5	6	7	8		
Secção 2 subtotal (max: 25)										

RELATÓRIO DE ESTAGIO PROFISSIONAL

3. Estilo da apresentação										
3. 1. Uso efectivo do tempo	1	2	3	4	5					
3.2. Clareza, tom, vivacidade e entusiasmo	1	2	3	4	5					
3.3. Uso e qualidade dos audio-visuais	1	2	3	4	5					
Secção 3 subtotal (max: 15)										

4. Defesa										
4.1. Exactidão nas respostas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.2. Domínio dos conceitos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.3. Confiança e domínio do trabalho realizado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.4. Domínio do significado e aplicação dos resultados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4.5. Segurança nas intervenções	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Secção 3 subtotal (max: 50)										

Total de pontos (max: 100)		Nota (=Total*0,2)	
-----------------------------------	--	--------------------------	--

ANEXO 8



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA
F3 - FICHA DE AVALIAÇÃO GLOBAL

Nome do estudante: Mauricio Francisco Lissane

Referência do tema: 2022ELEPPL05 Data: : 07/03/2022

Título do tema: Dimensionamento de dois bancos de baterias para alimentação de sistema de excitação de geradores da central hidroelétrica de corumana

AVALIADOR	NOTA OBTIDA	PESO (%)
Relatório escrito (F1)	N1=	A= 60
Apresentação e defesa do trabalho (F2)	N2=	B= 40

CLASSIFICAÇÃO FINAL $=(N1*A+N2*B)/100$	
--	--

OS MEMBROS DO JURI:

O Presidente	
O Oponente	
Os Supervisores	

