



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA

RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

**ESTUDO DOS DISPAROS DA BOMBA DE CONDENSADO A QUANDO DAS  
OSCILAÇÕES NA REDE ELÉCTRICA.**

Autor:

Benigna Felicidade França Neve

Supervisores:

Engº. Gerson Zango

Engº. Amarildo Samissone

Maputo, Dezembro de 2022

Benigna Felicidade França Neve

RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL

**ESTUDO DOS DISPAROS DA BOMBA DE CONDENSADO A QUANDO DAS  
OSCILAÇÕES NA REDE ELÉCTRICA.**

Trabalho apresentado ao Departamento de  
Engenharia Electrotécnica, Faculdade de  
Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane,  
como parte dos requisitos para conclusão do curso  
de Licenciatura em engenharia eléctrica.

Autor:

Benigna Felicidade França Neve

Supervisor:

Eng<sup>o</sup>. Gerson Zango

Maputo, Dezembro de 2022



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELÉCTRICA

**Plano de Actividade**

**Relatório de Estágio Profissional**

Tema: Estudo dos Disparos da Bomba do Condensado a quando das oscilações na rede Eléctrica

**Referência:** 2022ELEPPL43

**Data:** 08/08/2022

<b>Semana</b>	<b>Data prevista</b>	<b>Data de encontro</b>	<b>Hora</b>	<b>Assunto</b>
1	11/10/2022	11/10/2022	16:00	Termo de atribuição de Tema de estágio Profissional
3	<b>22/10/2022</b>	<b>24/10/2022</b>	16:00	Revisão Bibliográfica
5	<b>5/11/2022</b>	<b>11/11/2022</b>	16:00	Resultados, análise e discussão
8	<b>14/11/2022</b>	<b>25/11/2022</b>	16:00	Organização do trabalho
9	<b>19/11/2022</b>	<b>29/11/2022</b>	16:00	Verificação final do relatório
<b>Supervisor:</b> Eng Gerson Zango			Assinatura:	
<b>Estudante:</b> Benigna Felicidade França Neve			Assinatura:	

**Observações:**

**Data:**

11/10/2022

Nome do estudante:

---

(Benigna Felicidade França Neve)



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA

F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO

Nome do estudante: Benigna Felicidade França Neve

Referência do tema: 2022ELEPPL43

Data: 08/ 08/ 2022

Título do tema: Estudo dos Disparos da Bomba de Condensado a quando das oscilações na rede Eléctrica.

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

<b>2. Organização (estrutura) e explanação</b>										
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
<b>Secção 2 subtotal (max: 45)</b>										

<b>3. Argumentação</b>										
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					
<b>Secção 3 subtotal (max: 30)</b>										

<b>4. Apresentação e estilo da escrita</b>					
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
<b>Secção 4 subtotal (max: 20)</b>					

<b>Total de pontos (max: 100)</b>	
-----------------------------------	--

<b>Nota (=Total*0,2)</b>	
--------------------------	--

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: Benigna Felicidade França Neve

Referência do tema: 2022ELEPPL43

Data: 08/ 08/ 2022

Título do tema: Estudo dos Disparos da Bomba de Condensado a quando das oscilações na rede Eléctrica.

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

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)

<b>Total de pontos (max: 35)</b>	
----------------------------------	--

<b>Nota (=Total*20/35)</b>	
----------------------------	--



**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA**

**CURSO: ENGENHARIA ELETROTÉCNICA**

**TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DE ESTÁGIO PROFISSIONAL**

Declaro que a estudante Benigna Felicidade França Neve entregou no dia 07/12/2022 as 3 cópias do relatório do seu Estágio Profissional com referência:

2022ELEPPL43 Intitulado: **ESTUDO DOS DISPAROS DA BOMBA DE CONDENSADO A QUANDO DAS OSCILAÇÕES NA REDE ELÉCTRICA.**

Maputo, 07 de Dezembro de 2022

A chefe da secretaria

---





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

**Declaração de Honra**

Eu, Benigna Felicidade França Neve, 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.

Maputo, 07 de Dezembro de 2022

---

(Benigna Felicidade França Neve)

## **DEDICATÓRIA**

Dedico este trabalho em especial a minha Mãe, a Sra. Ana Comiche Cambula, e a todos que me ajudaram a trilhar essa estrada durante este longo percurso ate o dia de hoje.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar agradeço a Deus pelo dom da Vida, pela Saúde e pela Força que me concedeu para que eu pudesse trilhar esta estrada.

Em segundo lugar agradeço aos meus pais pelo suporte incondicional, desde o emocional ao financeiro.

Agradeço de igual modo aos meus irmãos, amigos e colegas em especial ao meu parceiro pela compressão e pelo suporte em todos os momentos.

Agradeço aos supervisores Eng<sup>o</sup>. Gerson Zango e Eng<sup>o</sup>. Amarildo Samissone pelo suporte e paciência que tiveram para que esse trabalho se materializa-se.

A todos já mencionados e a todos que directa ou indirectamente contribuíram a meu favor nesta caminhada vai o meu especial *Kanimambo* e Muito, Muito Obrigada.

## **RESUMO**

O presente trabalho traz propostas para o problema de disparo da bomba de condensado a quando das oscilações na rede eléctrica.

Tendo-se verificado ao longo do tempo que esta situação é recorrente, desencadeou-se um estudo pelo método da análise descritiva por meio de relatórios escritos a quando destes acontecimentos e por meio de estudo do principal elemento usado no circuito para proteger o motor de anomalias de vária ordem.

Feito o estudo propõe-se como soluções: a primeira a montagem de um estabilizador de tensão por forma a garantir uma tensão constante no circuito do motor. separar electricamente o motor do restante da rede eléctrica; a segunda, o reajuste do UMC tendo em conta não só os parâmetros do motor e da bomba, mais também a realidade das condições da rede eléctrica nacional, sem contudo, deixar de lado uma consulta antecipada aos fabricantes da bomba e do motor eléctrico.

Sendo no entanto aconselhável a segunda proposta de solução pelo facto de esta permitir uma resolução rápida deste problema e sem custos adicionais.

## ÍNDICE

DEDICATÓRIA .....	ii
AGRADECIMENTOS .....	iii
RESUMO .....	iv
LISTA DE SÍMBOLOS .....	vii
CAPITULO I – INTRODUÇÃO .....	1
1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA .....	1
1.2 JUSTIFICATIVA .....	1
1.3.1 OBJECTIVO GERAL .....	2
1.3.2 OBJECTIVOS ESPECÍFICOS .....	2
1.4 METODOLOGIA .....	2
CAPITULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	3
2.1 O SISTEMA DE ENERGIA ELÉCTRICA .....	3
2.1.1 ESTRUTURA .....	3
2.1.2 REQUISITOS .....	3
2.1.3 CARACTERIZAÇÃO DAS CARGAS .....	4
2.2 ACCIONAMENTOS ELÉCTRICOS .....	4
2.2.1 BOMBAS CENTRÍFUGAS .....	4
2.2.2 CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DOS MECANISMOS DE PRODUÇÃO E DOS MOTORES ELÉCTRICOS .....	6
2.2.3 EQUAÇÃO DE MOVIMENTO .....	7
2.3.4 DIAGRAMA DE CARGA .....	7
2.3 MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICO .....	8
2.3.1 DEFEITOS NOS MOTORES DE INDUÇÃO .....	10
2.4 SISTEMAS DE COMANDO DOS ACCIONAMENTOS .....	11
2.4.1 SISTEMAS DE COMANDO MANUAL .....	12
2.4.2 SISTEMAS DE COMANDO À DISTÂNCIA .....	13
2.4.3 SISTEMAS DE COMANDO AUTOMÁTICO .....	13
CAPITULO III – ESTUDO DE CASO .....	15
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA .....	15
3.1.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL .....	15
3.1.2 DESCRIÇÃO DA REDE DE ALIMENTAÇÃO .....	17
3.1.2.1 <i>UNIVERSAL MOTOR CONTROLLER</i> .....	19
3.1.2.1.1 VISÃO GERAL DAS FUNÇÕES DO <i>UMC</i> .....	19

3.1.2.2 O ACCIONAMENTO.....	24
3.1.3 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA .....	26
3.2 AVALIAÇÃO DO PROBLEMA .....	26
3.3 APRESENTAÇÃO DAS POSSÍVEIS SOLUÇÕES .....	32
3.4 ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICO – ECONÓMICA DAS SOLUÇÕES .....	33
3.5 PROPOSTA DE UMA SOLUÇÃO .....	33
CAPITULO IV – CONCLUSÃO.....	34
4.1 RECOMENDAÇÕES .....	34
4.2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	36

## LISTA DE SÍMBOLOS

HRSG	<i>Heater Recoveyand Steam Generator</i>
MTA	Muito Alta Tensão
AT	Alta tensão
MT	Média tensão
BT	Baixa tensão
SEE	Sistema de Energia Eléctrica
ts	Tempo de aceleração
tr	Tempo de repouso
tda	Tempo de desaceleração
tp	Tempo de paragem
J	Binário de inercia
@	Aceleração angular
Tc	Binário resistente
Tj	Binário motor
Pc	Potência da carga
Pj	Potência do motor
EDM	Electricidade De Moçambique
UMC	<i>universal motor controller</i>
STG	<i>Steam Turbine Generator</i>
MCC	<i>Motor Control Central</i>
SEP	Sistema Eléctrico de Potencia
CTM	Central Termoeléctrica de Maputo

## **CAPITULO I – INTRODUÇÃO**

A bomba de condensado é uma bomba de importante função no circuito de água usada para a produção de energia, esta bomba tem a função de transferir a água do tanque da água-condensada (*Condensate Tank*) para a Caldeira de Recuperação de Calor e geração de Vapor (*Heater Recovery and Steam Generator -HRSG*) para que se possa cumprir a condição do ciclo fechado da água.

Desde o início de funcionamento do sistema de água condensada, tem se verificado disparos nas bombas, quando acontece alguma oscilação na rede de baixa tensão, por esta razão foi incumbida a estudante o estudo desse problema e apresentação de possíveis soluções.

### **1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA**

A bomba em referência, quando dispara e sai de funcionamento, automaticamente o tanque de água condensada fica cheio fazendo com que o sistema detecte que a água não está sendo transferida para Caldeira de Recuperação de Calor e geração de Vapor (*Heater Recover Steam Generator -HRSG*) e faz com que a falha desta muitas vezes cria o disparo de toda a central e parando a geração de energia criando prejuízos enormes para a empresa.

### **1.2 JUSTIFICATIVA**

A bomba de água condensada está ligada à uma rede de baixa tensão de 400V e frequência de 50 Hz.

A partir de um certo momento até aos dias de hoje, tem se verificado que quando acontece alguma oscilação na rede de baixa tensão, quer por motivos externos, quer por motivos internos, a bomba de condensado tem disparado e parado de funcionar o que faz com que o sistema de água condensada fique comprometido, comprometendo assim o sistema de produção de energia.

Quando estas situações acontecem, muitas vezes culmina com a saída automática da central o que significa paragem de geração e fornecer energia, o que acarreta altos prejuízos para a empresa.



Entretanto com o estudo que se pretende realizar, espera-se apurar as reais causas e propor soluções para a mitigação do problema.

### **1.3 OBJECTIVOS**

#### **1.3.1 OBJECTIVO GERAL**

Fazer um estudo dos Disparos na Bomba de Condensado a quando das oscilações na rede de baixa tensão.

#### **1.3.2 OBJECTIVOS ESPECÍFICOS**

1. Fazer um estudo das protecções instaladas na bomba;
2. Propor medidas de solução para o problema;
3. Elaborar um estudo de viabilidade económico.

### **1.4 METODOLOGIA**

Para a elaboração do presente relatório recorrer-se-á a:

Método de Abordagem

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

Procedimentos Técnicos.

-Pesquisa Bibliográfica, busca o levantamento e análise crítica dos documentos publicados sobre o tema a ser pesquisado com o intuito de actualizar, desenvolver o conhecimento e contribuir com a realização da pesquisa, (Bocato, 2006).

Técnica de Coleta de dados

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

Analisar dados qualitativos significa “ trabalhar” todo o material obtido durante a pesquisa, ou seja, os relatos das observações, as transcrições de entrevista, as análises de documentos e as demais informações disponíveis. (André e Ludke, 1986).

## **CAPITULO II – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 O SISTEMA DE ENERGIA ELÉCTRICA**

#### **2.1.1 ESTRUTURA**

A energia eléctrica é maioritariamente produzida nas centrais eléctricas de grande porte – afastadas dos grandes centros de consumo, situados tipicamente em zonas urbanas ou industriais.

Estas centrais – térmicas ou hídricas – não estão localizadas junto aos locais de consumo, por razões técnicas e económicas, nomeadamente disponibilidade de recurso energético primário e condicionamento de natureza infra-estrutural e ambiental.

A energia eléctrica produzida é entregue à rede de transporte, constituída por linhas em muito alta tensão (MAT) e alta tensão (AT) – as auto-estradas da energia eléctrica. Através de transformadores, a energia passa para as redes de distribuição em média e baixa tensão (MT e BT), as quais a conduzem até aos consumidores.

As instalações de produção de baixa potência de natureza descentralizada ou local – mini-hídrica, eólica, solar – ligam-se às redes de distribuição [6].

#### **2.1.2 REQUISITOS**

O sistema de energia eléctrica funciona continuamente, desempenhando uma função vital para a sociedade moderna, dependente em alto grau desta forma de energia para a satisfação das suas necessidades nos domínios económico e social. Um SEE bem concebido deve satisfazer os seguintes requisitos [6]:

- A energia eléctrica deve ser fornecida em qualquer local onde seja solicitada.
- A produção deve em cada instante igualar exactamente o consumo (mais as perdas), uma vez que a energia eléctrica não pode ser armazenada.
- A energia eléctrica deve obedecer a critérios de qualidade bem definidos: frequência constante; tensão dentro de limites estreitos; forma de onda sinusoidal; fiabilidade elevada.
- Os custos de produção da energia eléctrica fornecida devem ser minimizados.
- O impacto ambiental da produção da energia eléctrica deve ser contido.

### 2.1.3 CARACTERIZAÇÃO DAS CARGAS

Denomina-se carga um equipamento ou conjunto de equipamentos, ligados à rede, que absorve energia eléctrica.

As cargas agrupam-se em quatro grandes grupos :

- Iluminação;
- Força motriz;
- Aquecimento;
- Aparelhos electrónicos.

Um aspecto importante, que caracteriza as cargas, é a sua dependência em relação à tensão e à frequência da rede à qual estão ligadas.

Para cargas de iluminação, aquecimento, as potências activa e reactiva da carga são proporcionais ao quadrado do módulo da tensão. Para pequenas flutuações no valor da tensão, resulta no dobro da variação das potências activa e reactiva, i.e., 1% de queda na tensão causa 2% de queda nas potências activa e reactiva.

Em relação à frequência, as potências activa e reactiva são inversamente proporcionais, por exemplo, para 1% de queda na frequência, resulta no aumento de 0,72% de potências activa e reactiva da carga.

Para cargas de força motriz, sua dependência é mais difícil de se analisar, dependendo da aplicação. Porém para motores de indução, accionando cargas de torque constante, a potência do motor é pouco sensível à variação da tensão, por exemplo, para 1% de queda na tensão, a potencia reduz 0,2% [3].

## 2.2 ACCIONAMENTOS ELÉCTRICOS

Habitualmente, o esquema cinemático do accionamento de um mecanismo de produção, com movimento rotativo do órgão de trabalho, contém três partes principais, nomeadamente: o motor, o mecanismo de transmissão e o órgão de trabalho [5].

### 2.2.1 BOMBAS CENTRÍFUGAS

As máquinas que fornecem ou recebe energia de um fluido em escoamento são denominadas *máquinas de fluido* e subdividem-se em *máquinas de fluxo* e de

*deslocamento*. Quando adicionam energia ao fluido, são denominadas *bombas* e quando extraem energia dos fluidos, são denominadas *turbinas* [1].

As *bombas centrífugas* possuem um ou mais rotores que transferem energia ao fluido através da variação de sua quantidade de movimento angular. Accionadas geralmente por motores de indução, fornecem energia ao aumentar a pressão do fluido. Subdividem-se em:

- *Bombas de fluxo radial* – quando o fluido entra na direcção paralela ao eixo do rotor e sai na direcção perpendicular ao eixo do rotor.
- *Bombas de fluxo axial* – quando o fluido entra e sai na direcção paralela ao eixo do rotor.

As *bombas de fluxo radial* são as mais simples, adequadas para funcionamento por períodos longos, e as mais utilizadas. As *bombas de fluxo axial* são usadas geralmente para vazões superiores e possuem maior eficiência. A figura 2.1 (a) e (b) ilustra as *bombas de fluxo radial* e *axial* respectivamente [1].

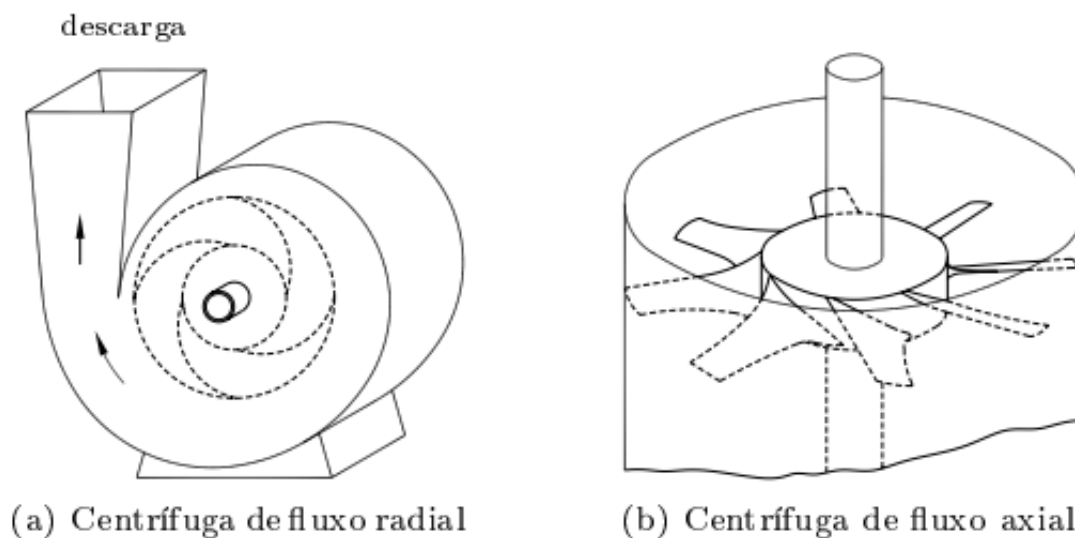


Figura 2.1 : Bombas centrífugas. Fonte: [1].

## 2.2.2 CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DOS MECANISMOS DE PRODUÇÃO E DOS MOTORES ELÉCTRICOS

Chama-se característica mecânica de um mecanismo de produção à curva da sua velocidade, reduzida ao veio do motor, em função do binário resistente, também reduzido [5].

Existem três tipos destas características e são apresentadas na figura 2.2 (a).

1. O binário resistente não depende da velocidade.  
Possuem essas características, os guindastes, bombas de êmbolo, transportadores.
2. O binário resistente aumenta (linearmente ou não) aumentando a velocidade.  
Possuem essas características, os ventiladores, bombas e compressores centrífugos.
3. O binário diminui aumentando a velocidade.  
Possuem essas características as máquinas ferramentas.

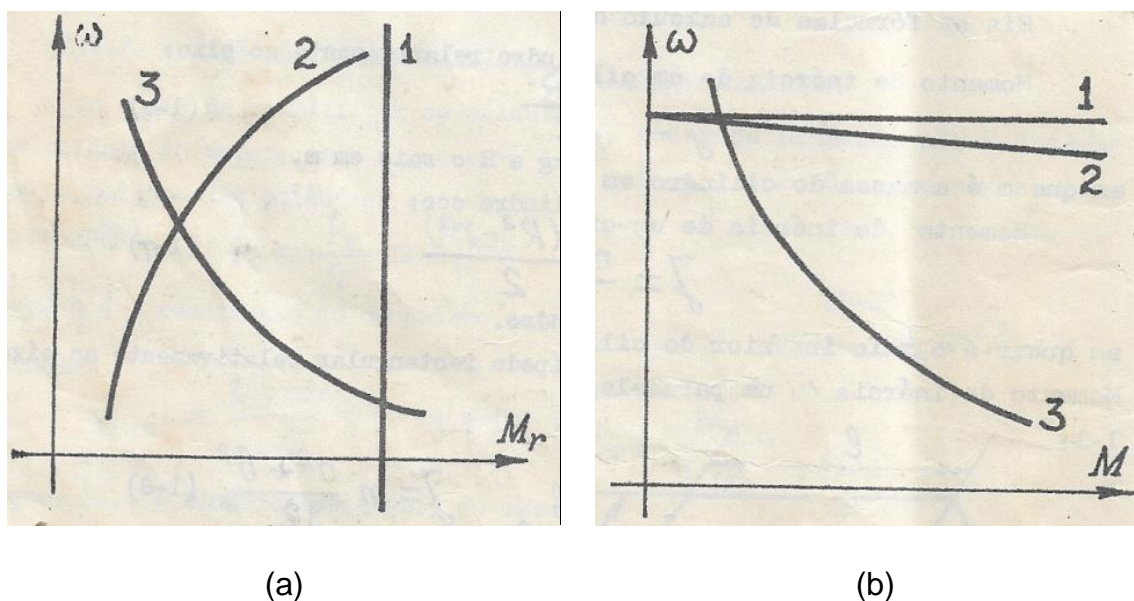


Figura 2.2: Características mecânicas dos mecanismos de produção (a) e dos motores eléctricos (b). Fonte: [5].

Chama-se característica mecânica de um motor à curva da sua velocidade em função do binário [5]. As características mecânicas dos vários motores têm diferentes rigidez e são apresentadas na figura 2.2 (b).

1. Característica absolutamente rígida – a velocidade não depende do binário.  
Possuem essas características os motores síncronos.
2. Característica rígida – há uma fraca dependência entre a velocidade e o binário.  
Possuem essas características os motores assíncronos (na sua parte de serviço) e os motores de corrente contínua de excitação paralela.
3. Característica suave – O aumento do binário, implica uma queda considerável da velocidade do motor.  
Possuem essas características os motores de corrente contínua de excitação série.

### 2.2.3 EQUAÇÃO DE MOVIMENTO

Além dos regimes estacionários, os accionamentos funcionam frequentemente em regimes transitórios, tais como: arranque, paragem, regime de velocidade regulável, regime de carga variável. Nestes regimes, os binários motor e resistente não são iguais entre si e, no sistema de accionamento, actua o binário dinâmico contra a inércia das partes móveis [5].

$$M_{din} = M - M_r = J \frac{d\omega}{dt} \quad \text{Equação (2.1)}$$

A equação (2.1) chama-se equação de movimento e da análise resulta:

1. Sendo  $M > M_r$ , Obtém-se  $\frac{d\omega}{dt} > 0$ , *i.e.*, tem lugar a aceleração do accionamento.
2. Sendo  $M < M_r$ , Obtém-se  $\frac{d\omega}{dt} < 0$ , *i.e.*, tem lugar a desaceleração do accionamento.
3. Sendo  $M = M_r$ , Obtém-se  $\frac{d\omega}{dt} = 0$ , *i.e.*, o accionamento funciona no regime estacionário com  $\omega = constante$ .

### 2.3.4 DIAGRAMA DE CARGA

Os ciclos apresentados na forma gráfica, da velocidade, da aceleração, do torque e da potência de uma carga referida ao eixo do motor constituem os conhecidos diagramas de carga. Geralmente, admite-se que a aceleração e a desaceleração

sejam constantes, o que significa admitir valores constantes para os correspondentes binários dinâmicos. Na figura 2.3 está ilustrado o diagrama de carga de um accionamento típico de elevação [1].

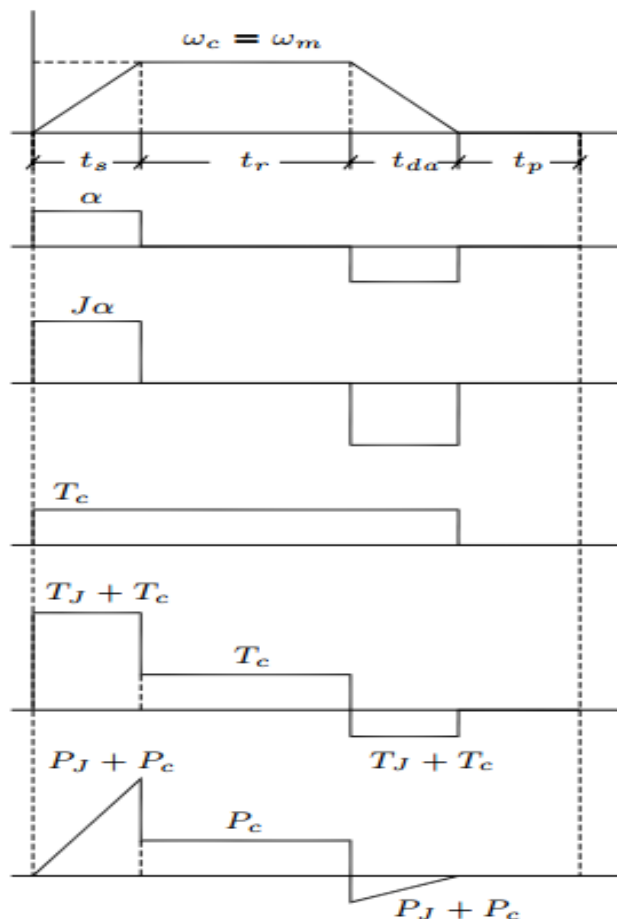


Figura 2.3: Diagrama de cargas de um accionamento. Fonte [1].

### 2.3 MOTORES DE INDUÇÃO TRIFÁSICO

Uma *máquina eléctrica* é um dispositivo que pode converter tanto a energia mecânica em energia eléctrica, assim como a energia eléctrica em energia mecânica. Quando tal dispositivo é usado para converter energia mecânica em energia eléctrica, é denominado *gerador*. Quando converte energia eléctrica em energia mecânica, é denominado *motor* [2].

O motor de indução trifásico é o mais aplicado na indústria porque é o mais barato e seguro. Simultaneamente, possuem certas desvantagens: a sua sensibilidade elevada à tensão da rede e as dificuldades em relação ao controlo de velocidade.

Um motor de indução trifásico tem dois enrolamentos: o enrolamento do estator e do rotor, sendo ambos de corrente alternada. O enrolamento trifásico do estator liga-se em triângulo ou estrela. No que se refere ao enrolamento do rotor, há dois tipos de motores, um deles, chamado motor de rotor bobinado, tem no seu rotor anéis de contacto, aos quais está ligado o enrolamento bobinado, conectado habitualmente em estrela. Graças aos anéis, é possível a introdução, no circuito do rotor, de resistências externas.

O segundo tipo não tem anéis e o seu enrolamento do rotor está em curto-circuito. Este chama-se motor de indução em gaiola de esquilo ou de rotor em curto-circuito [5]. A figura 2.4 mostra uma vista em corte deste motor.

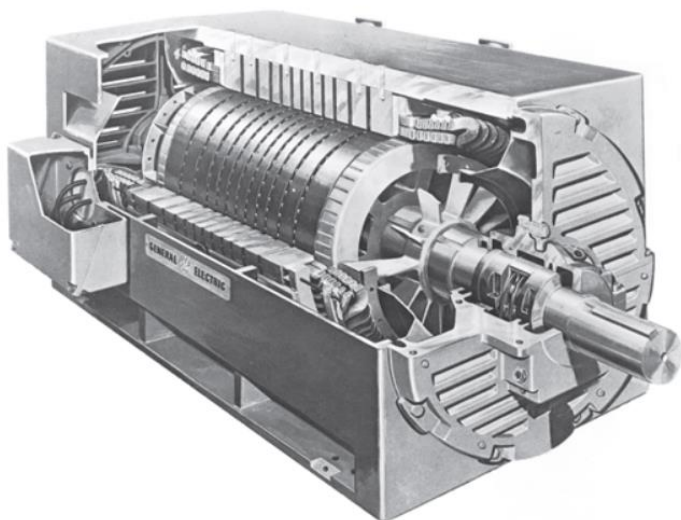


Figura 2.4: Motor de indução em gaiola de esquilo. Fonte [3].

Os motores de indução são concebidos para produzir potência nominal à uma certa velocidade nominal sob especificações nominais da tensão, frequência e temperatura ambiente. Estes motores vão operar com o rendimento e factor de potência nominal quando todas as especificações forem cumpridas.

Em relação à tensão, operam satisfatoriamente com um desvio de +/- 10% do valor nominal. O torque percentual do motor varia directamente com o quadrado da tensão percentual aplicada, isso afecta o torque máximo e de partida, e altera a característica mecânica.



Por exemplo, uma bomba é accionada por um motor de indução que vai produzir 200% de torque máximo à tensão nominal. Se a tensão cair para 70% do valor nominal, o motor vai produzir apenas 49% do seu torque nominal.

O torque máximo será então  $0,49 \times 200\% = 98\%$  do torque nominal. Contudo, se torna duvidoso, que o motor será capaz de manter o accionamento da bomba. Espera-se que o motor perca a velocidade, fique bloqueado ou sobrecarregado.

Se o torque de partida do motor fosse de 150% do valor nominal, com a queda de tensão, este será:  $0,49 \times 150\% = 73,5\%$  do valor nominal, o referido motor não conseguiria acelerar a bomba até a velocidade nominal [7].

### 2.3.1 DEFEITOS NOS MOTORES DE INDUÇÃO

O motivo de falhas nos motores eléctricos foi geralmente reportado como []:

1. Operação acima da vida útil;
2. Mau dimensionamento;
3. Fontes de alimentação instáveis;
4. Sobrecarga;
5. Esforços eléctricos devido à transitórios;
6. Falhas durante a manutenção;
7. Condições ambientais severas (poeria, vibração, contaminação química, altas temperaturas, humidade).

Os principais tipos de defeitos nos motores eléctricos são [7]:

1. Eléctricos
  - (a) Circuito aberto ou curto-circuito nos enrolamentos;
  - (b) Má conexão dos enrolamentos;
  - (c) Má ligação à terra.
2. Mecânicos
  - (a) Falta de lubrificação dos rolamentos;
  - (b) Irregularidades no entreferro;
  - (c) Falha do mecanismo de transmissão.
3. Externos
  - (a) Falha da rede de alimentação;

(b) Falha do sistema de controlo e protecção.

Os motores eléctricos são concebidos para operar com simetria eléctrica e mecânica, no estator e no rotor, para maior eficiência. Em condições faltas, a propriedade de simetria é perdida e, por isso, o motor apresenta alguns sintomas anormais durante a sua operação, como [7]:

- Vibração mecânica;
- Aumento de temperatura;
- Ruído excessivo;
- Variações instantâneas de velocidade;
- Variações instantâneas de potência;

## **2.4 SISTEMAS DE COMANDO DOS ACCIONAMENTOS**

Há dois tipos de funções executadas por um sistema de comando: funções principais e funções adicionais.

As funções principais são aquelas sem as quais o accionamento não pode funcionar normalmente. Estas são: ligação e desligação da rede, realização de arranque e frenagem, inversão do movimento, controlo de velocidade e de outros parâmetros.

As funções adicionais, apesar de não serem necessárias para o funcionamento de um accionamento, asseguram o bom trabalho do mesmo. Entre elas tem-se a protecção do motor e do mecanismo de produção e a sinalização sobre o procedimento do processo tecnológico.

Chama-se controlo de velocidade de um motor eléctrico à variação forçada de sua velocidade, em conformidade com as exigências de um processo tecnológico.

No que se refere à complexidade dos sistemas de comando, pode-se dividi-los em três tipos, nomeadamente [5]:

1. Sistemas de comando manual;
2. Sistemas de comando à distância;
3. Sistemas de comando automático.

### 2.4.1 SISTEMAS DE COMANDO MANUAL

Este tipo de sistema de comando realiza-se através de interruptores, reóstatos reguladores. Os sistemas de comando manual são os mais simples e baratos, mas, devido à sua imperfeição, aplicam-se raramente, já que o emprego dos aparelhos manuais implica um gasto adicional de tempo e, por isso, uma redução da produtividade do mecanismo de produção. Além disso, o comando manual dos accionamentos de elevada potência é muito difícil, devido aos grandes esforços de manipular os aparelhos.

Um exemplo do comando manual é o comando manual da máquina de furar (apresentado na figura 2.5). Aqui, o sistema de comando assegura somente o arranque directo do motor de indução, através do interruptor tripolar manual I. A protecção do motor contra correntes de curto-circuito e de sobrecarga é feita pelos fusíveis F.

O comando Manual é vantajoso, se for necessário realizar funções simples, algumas vezes por dia [5].

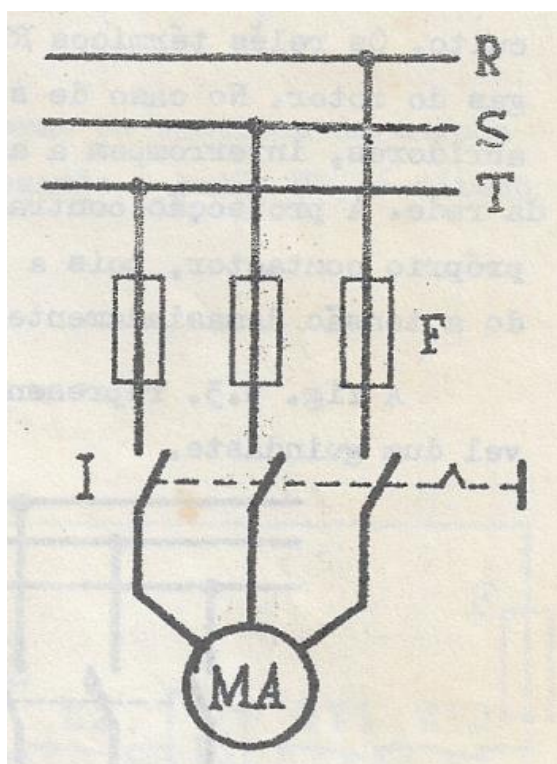


Figura 2.5: Sistema de comando manual. Fonte: [5].

## 2.4.2 SISTEMAS DE COMANDO À DISTÂNCIA

Os sistemas de comando à distância permitem facilitar o processo de comando. Nestes sistemas, todas as ligações e desligações dos circuitos de força realizam-se por contactores. Para o comando dos contactores usam-se botoneiras situadas à distância do motor em cómodos de um posto operário e ligadas aos contactores através de circuitos de comando [5]. A figura 2.6 (a) e (b) mostra os circuito de força e controlo respectivamente de um comando à distancia, a protecção contra sobrecargas é feita pelo rele térmico.

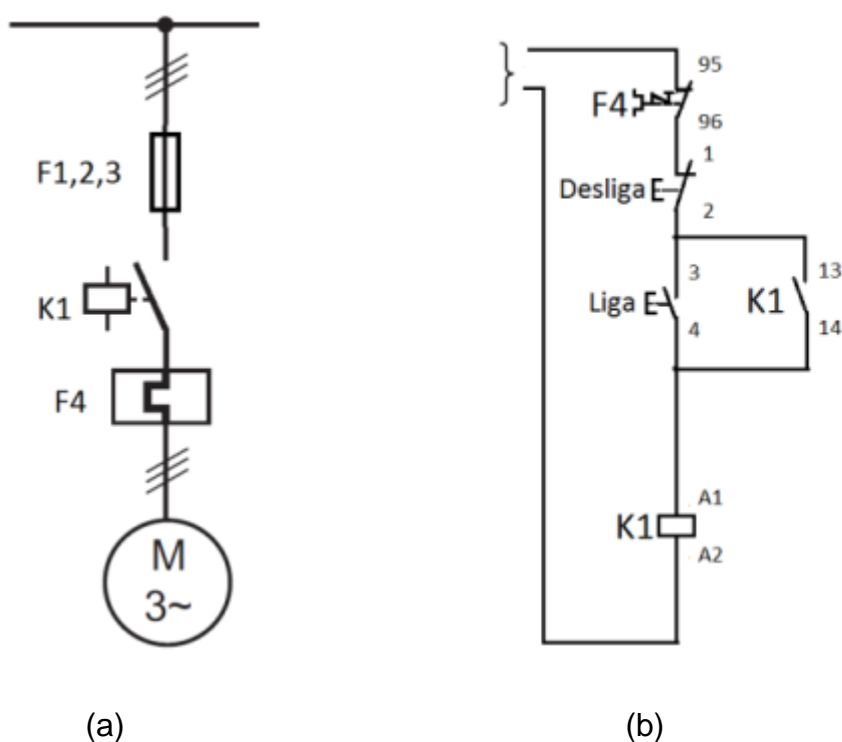


Figura 2.6: Sistema de comando à distância. Fonte: [4].

## 2.4.3 SISTEMAS DE COMANDO AUTOMÁTICO

Os sistemas de comando automático dividem-se em dois grupos quanto à sua estrutura. Há sistemas de comando automático com ciclo aberto e com ciclo fechado.

Existem quatro princípios básicos de funcionamento de sistemas de comando automático conforme a grandeza a observar [5]:

- Controlo em função do tempo;

- Controlo em função da corrente;
- Controlo em função da velocidade;
- Controlo em função do deslocamento.

Existem várias tecnologias para a implementação deste comando, desde as mais simples resistências comutadas até a aplicação de dispositivos de electrónica de potência, como por exemplo, os inversores de frequência.

## CAPITULO III – ESTUDO DE CASO

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

#### 3.1.1 DESCRIÇÃO DO LOCAL

A Central Termoeléctrica de Maputo (CTM) localiza-se 6 km à noroeste da cidade de Maputo, capital de Moçambique.

A CTM pertence à Electricidade de Moçambique, *E.P. (EDM)*. A central foi construída sem custos adicionais e dentro do prazo, entre 17 de Fevereiro de 2016 e 16 de Agosto de 2018, 30 meses.

A Central Termoeléctrica de Maputo é uma central térmica de ciclo combinado (ciclo de Brayton e Rankine) composta por duas turbinas à gás de 40 MW cada e uma turbina à vapor de 26 MW.

A central é composta pelos seguintes equipamentos principais:

- Dois geradores accionados por duas turbinas à gás;
- Duas caldeiras de recuperação do calor dos gases de escape e geração de vapor (*HRSG*);
- Um gerador accionado por uma turbina à vapor;
- Um condensador refrigerado à ar e diversos equipamentos auxiliares.
- As turbinas à gás são do tipo *LM6000PF*, com injectores de baixa emissão (*DLE*) para redução de óxido de nitrogénio (*NOx*).

A central com uma capacidade de 106 MW e 5,8 MGJ/ano, uma eficiência de 50,2% custou cerca de 172 *MUSD*. Teve como objectivo estabilizar e melhorar o fornecimento de energia eléctrica a região sul do país, onde a demanda cresceu significativamente, contribuindo também para o desenvolvimento económico e redução da pobreza na região.

A área de produção é composta essencialmente pela planta de tratamento do gás, área das turbinas à gás e *HRSG*, sala da turbina à vapor, condensador refrigerado a ar, área dos transformadores, sala eléctrica, sala electrónica, Subestação da central, planta de tratamento da água, planta de dessalinização e a sala de controlo.

Na planta de tratamento do gás é feita a recepção do combustível proveniente de Temane e fornecido pela *Matola Gas Company*, a filtragem do gás por meio de dois estágios – o primeiro de 13 micrometros e o segundo de 3 micrometros – e o controlo dos principais parâmetros – pressão, temperatura e vazão – que devem respeitar os limites contratuais de: 2,7 à 7 kPa para a pressão e 55 à 60 graus Celcius para a temperatura, sendo os valores ideais de 4,2 kPa e 60 gaus celsius mantidos amplamente constantes através de compressores, válvulas de alívio de pressão e aquecedores.

De seguida o gás é conduzido às turbinas. Antes de entrar na câmara de combustão é feita uma verificação dos parâmetros, o ar ambiente admitido é filtrado e comprimido antes de entrar na câmara de combustão onde ocorre a queima da mistura (ar e gás) gerando energia térmica que é convertida em cinética que, por sua vez faz girar o veio da turbina acoplado ao alternador. As turbinas à gás são do tipo *LM6000PF*, com injectores de baixa emissão (*DLE*) para a redução de óxidos de nitrogénio (*NOx*) e tem uma potência de 40 MW cada. Os gases de exaustão das turbinas à gás são reaproveitados, através da caldeira de recuperação de calor (*HRSG*), para produzir vapor e este, por sua vez accionar o veio da turbina à vapor acoplado ao alternador. Este grupo tem capacidade de gerar 26 MW.

O vapor à saída da turbina à vapor, a uma temperatura próxima de 60 graus Celcius, é condensado através de um condensador refrigerado a ar e depositado em um tanque (*condensate tank*) onde por meio de uma **bomba** (*condensate pump*) é transportado para o *HRSG* fazendo assim um ciclo fechado para a água de alimentação.

Cada um dos geradores, possui um *Switchgear* de 11KV (quadro com aparelhagem de comando e protecção) de onde é colectada a energia produzida até a área dos transformadores, onde existem: dois transformadores que elevam a tensão produzida pelos geradores, *GSUT* (Generator Step Up Transformer) um de dois enrolamentos de 11 KV/66 KV e um de três enrolamentos 11KV/11KV/66 KV, com potências de 65 MVA e 95 MVA respectivamente, ligados à subestação da central. Existem, dois transformadores *UAT* (Unit Auxiliary Transformer) de 11 kV /6,6 KV e 6,5 MVA que alimentam os quadros dos serviços auxiliares da central e quatro *LVT* (Low Voltage Transformer) de 6,6KV/0,4 KV e 2,3 MVA para alimentação dos

circuitos de baixa tensão da central. Tem também um *EDG* ( Emergency Diesel Generator) de 1 MVA.

Todos os *switchgear* dos serviços auxiliares da central, estão na sala eléctrica, onde também estão os rectificadores controlados que alimentam os circuitos de corrente continua e baterias. Na sala electrónica estão os *RTU* (Remote Terminal Unit), *DCS* (Distributed Control System), Relês de protecção da subestação da central e painéis de telecomunicações.

Na subestação da central, existem dois barramentos – um principal e outro de reserva – e três linhas por onde é escoada a energia produzida na central à rede eléctrica.

A planta de tratamento de água é munida de cinco reservatórios (tanques) de água. Um tanque com capacidade máxima de 2300 m<sup>3</sup>, dois tanques com capacidade máxima de 1200 m<sup>3</sup>, dois tanques com capacidade máxima de 1000 m<sup>3</sup> 4 furos perto da central e água da rede.

Águas processadas, tais como a água desmineralizada, água potável, água para o combate á incêndio estão em tubagens separadas. Água desmineralizada é utilizada para abastecer a caldeira, para a refrigeração da entrada de ar na turbina à gás, para a refrigeração da máquina auxiliar.

Na sala de controlo é feito o monitoramento de todos os parâmetros da central, informação da carga e pontos de avaria, o controlo de todas as variáveis da central. A central está equipada do “Plant Control System (CSI-III+)” que é um sistema de controle geral que permite igualmente o controle remoto da central.

### **3.1.2 DESCRIÇÃO DA REDE DE ALIMENTAÇÃO**

A figura 3.1 mostra o diagrama unifilar simplificado da rede de alimentação, modelizada por uma fonte que representa o *SEP*, uma linha de alimentação radial, barramentos, o motor e as respectivas aparelhagens de protecção. Na figura 3.2 está mostrado o projecto do quadro de alimentação da bomba.



O accionamento é comandado por um equipamento designado por *UMC* (Universal Motor Controller). A figura 3.3 mostra uma imagem do *MCC* e a figura 3.4 mostra uma vista do seu interior.

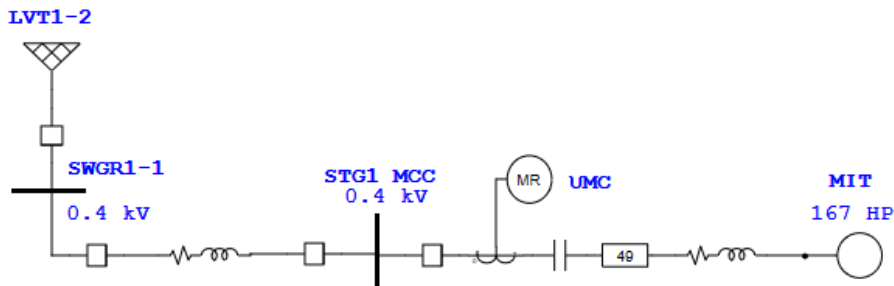


Figura 3.1: rede de alimentação do motor. Fonte [autor].

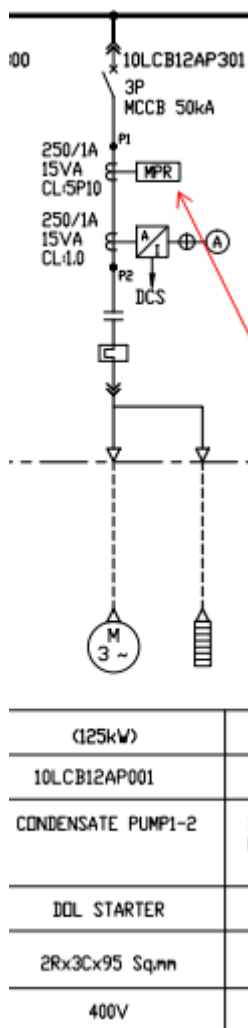


Figura 3.2: Projecto do quadro de alimentação da bomba. Fonte: [EDM].

### 3.1.2.1 UNIVERSAL MOTOR CONTROLLER

O *universal motor controller* é um controlador inteligente para motores de indução trifásicos que combina as funções de controlo e protecção no mesmo equipamento, oferecendo ainda a possibilidade de diagnóstico e comunicação com outros dispositivos.



Figura 3.3: Centro de controlo dos motores. Fonte: [EDM].

#### 3.1.2.1.1 VISÃO GERAL DAS FUNÇÕES DO UMC

##### 1. Funções de controlo

O UMC possui 6 entradas digitais, 3 saídas à rele e uma saída de 24 V, com isso, é possível exercer varias funções de controlo do accionamento. Possui também a possibilidade de expansão através de módulos de entrada e saída.

A configuração padrão permite realizar o arranque directo, arranque directo com reversão, arranque estrela-triângulo e arranque através da variação do número de polos (motor Dahlander).

As figuras 3.5, 3.6 e 3.7 mostram os diagramas de comando e as funções do painel do *MCC* e *UMC*.

## 2. Funções de protecção

O *UMC* fornece uma protecção abrangente incluindo:

- *Voltage Dip*;
- Distorção harmónica total;
- Subtensão e sobretensão;
- Curto-circuitos e defeitos à terra;
- Arranque demorado e rotor bloqueado;
- Perda, desequilíbrio ou sequência de fases;
- Sobrecargas e protecção térmica do motor (*PTC*).

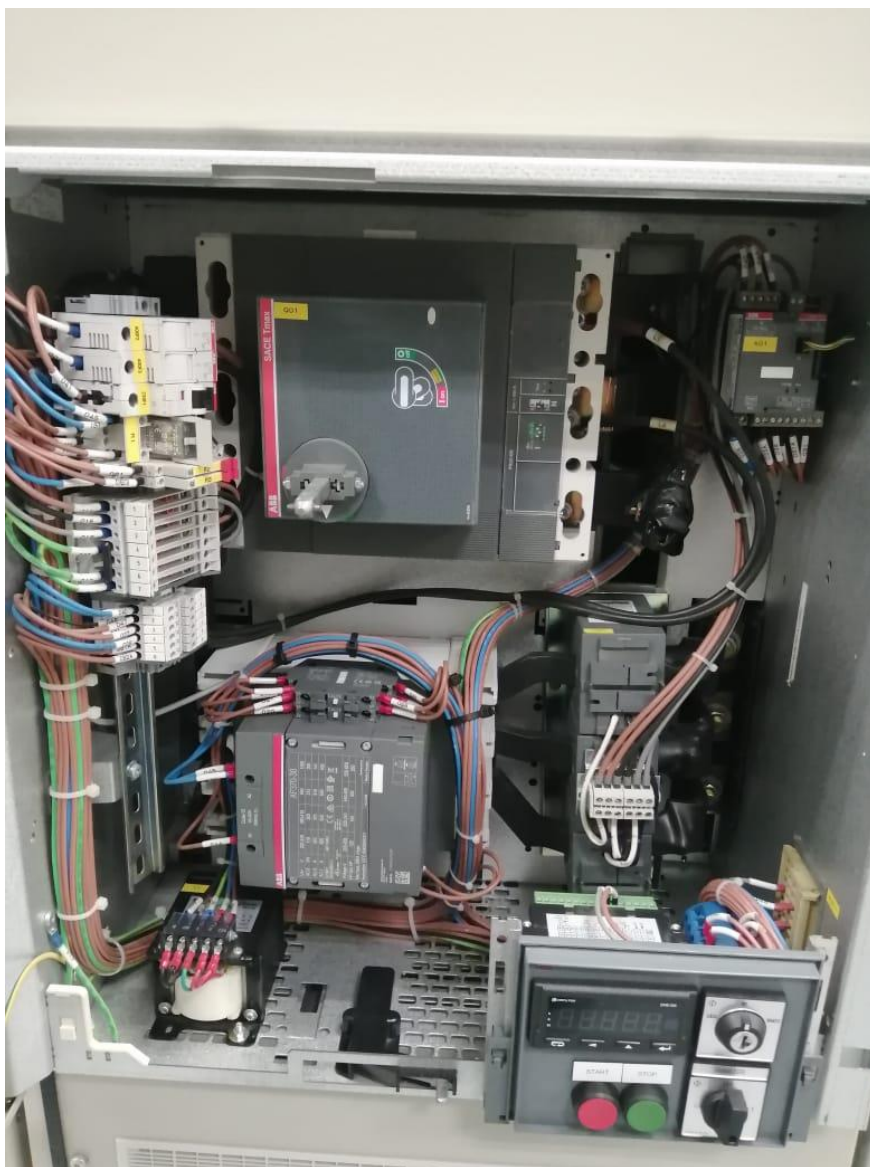


Figura 3.4: Vista interior do MCC. Fonte: [EDM].

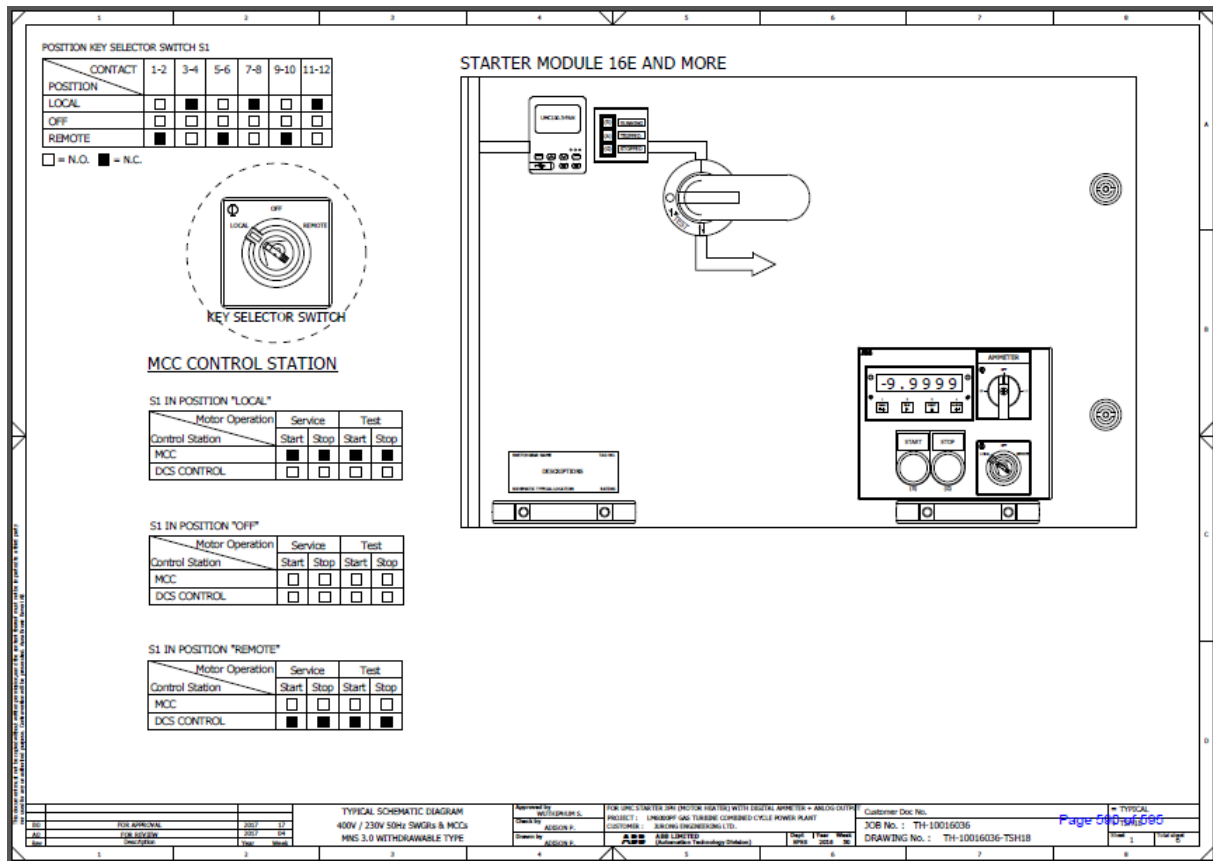


Figura 3.5: Projecto do painel do MCC. Fonte: [EDM].

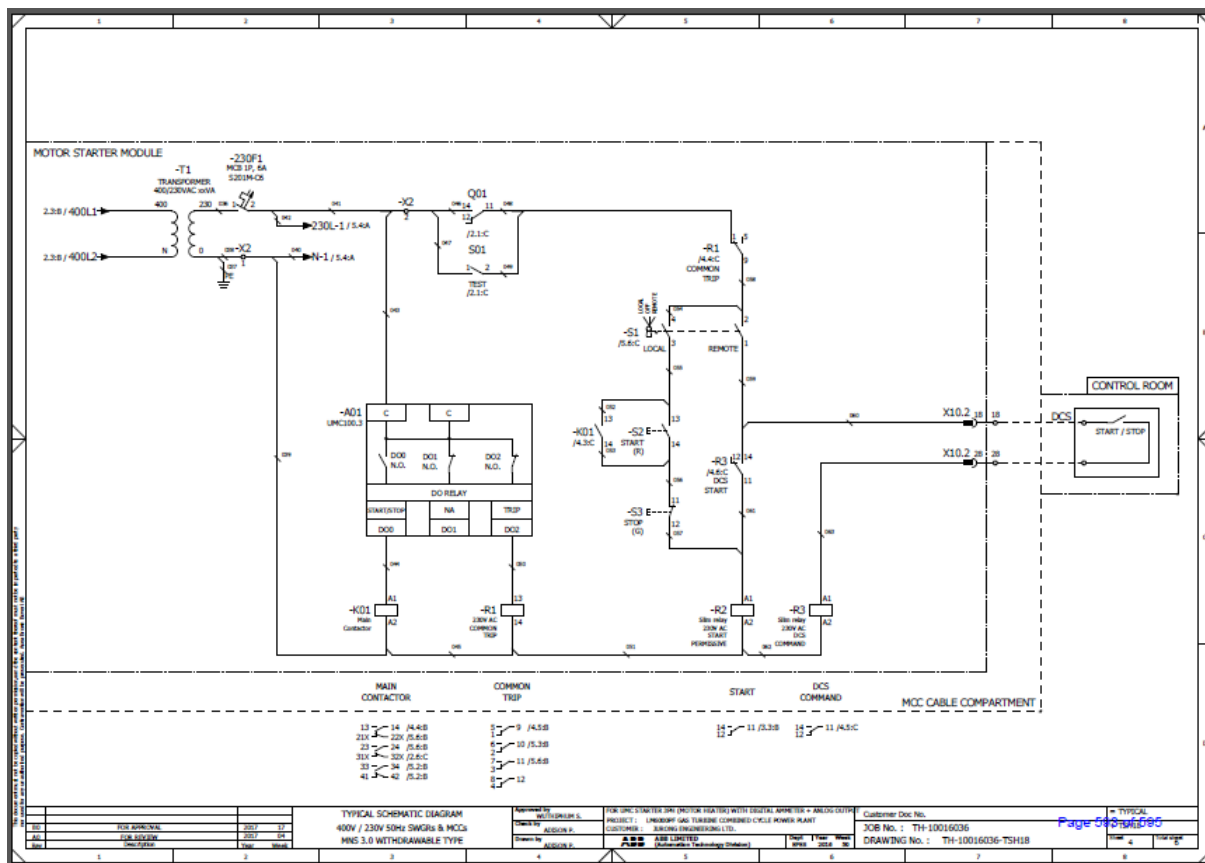


Figura 3.6: Diagrama de comando do accionamento. Fonte: [EDM].

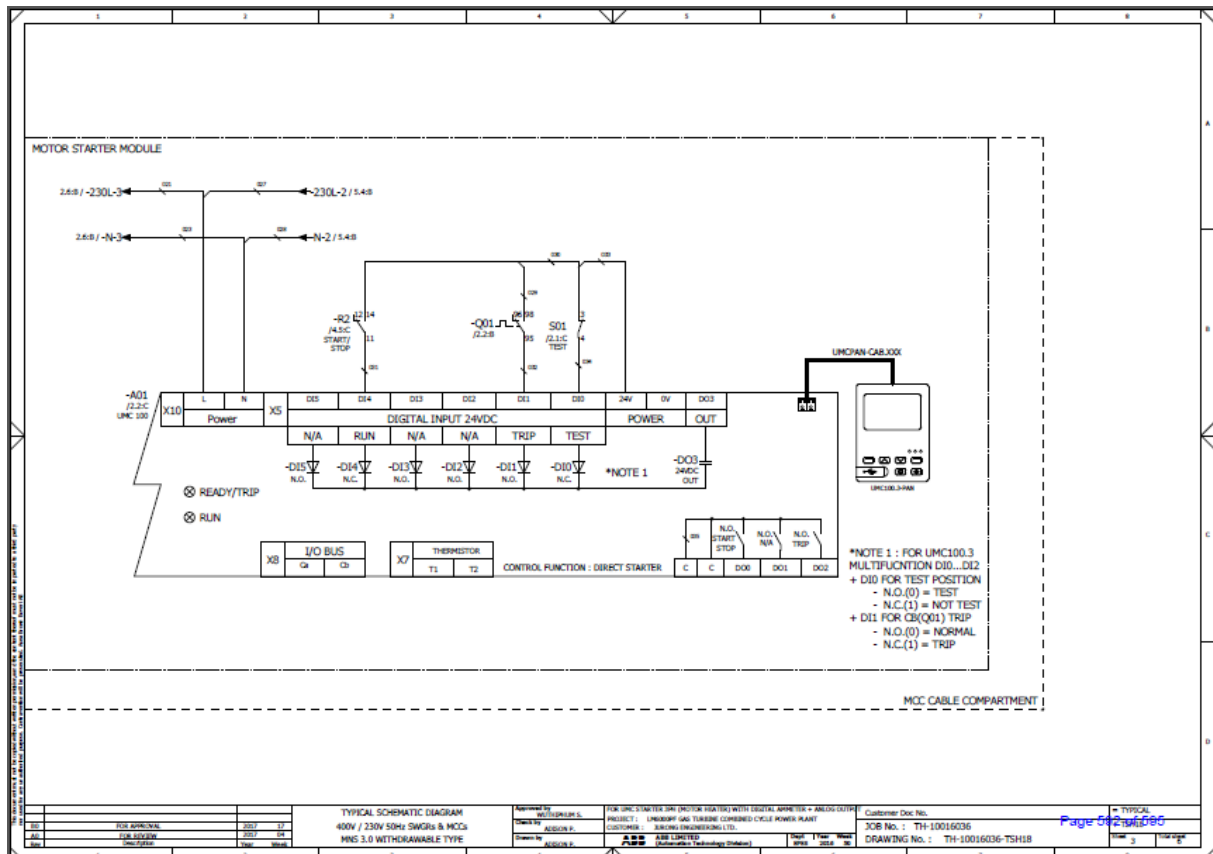


Figura 3.7: Esquema de ligações no *UMC*. Fonte: [EDM].

### 3.1.2.2 O ACCIONAMENTO

O órgão de trabalho é uma bomba centrífuga de fluxo radial, accionada por um motor de indução trifásico através de um acoplamento directo. Possui um sistema de comando automático, arranque directo, através do *UMC*. A figura 3.8 mostra uma imagem do conjunto. A figura 3.9 mostra uma imagem da chapa de características do motor (a) e da bomba (b).



Figura 3.8: Conjunto motor-bomba. Fonte: [EDM].



(a)



(b)

Figura 3.9: Chapa de características da bomba (a) e do motor (b). Fonte: [EDM].



Tabela 3.1: Características do motor (A) e da Bomba (B). Fonte: [Autor].

A	Motor					
	Tensão (V)	Corrente (A)	Frequência (Hz)	Potência (KW)	Rendimento (%)	Velocidade (rpm)
	400	225	50	125	94,5	1485
	+/- 10%	-	+/- 5%	-	-	-
B	Bomba					
	Potência (KW)					Velocidade (rpm)
	92,4					1485
	-					-

### 3.1.3 DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

A bomba de água condensada está ligada à uma rede de baixa tensão de 400 V e frequência de 50 Hz através do *UMC*.

Desde o início de funcionamento do sistema de água condensada, tem-se verificado disparos nas bombas, quando acontece alguma oscilação na rede de baixa tensão.

Nas últimas duas ocorrências, em Fevereiro de 2019 e 26 de Fevereiro de 2022, os disparos foram iniciados por flutuações da tensão, que fizeram com que o sistema de protecção do *UMC* actuasse, retirando assim a alimentação do motor e a bomba de serviço o que causa problemas ao funcionamento normal da central.

No entanto, não foi possível obter o histórico de disparos do relé de modo a aferir a real causa do disparo e, como são muitas as funções de protecção que o *UMC* possui, passa a ser um primeiro problema, o conhecimento da real causa da actuação do *UMC*, para que seja erradicado o problema de disparos da bomba de modo a evitar que situações como estas voltem a acontecer futuramente.

### 3.2 AVALIAÇÃO DO PROBLEMA

Da figura 3.1, todos aparelhos de protecção contra sobrecargas, curto-circuitos e defeitos à terra à montante do *UMC* não actuaram à quando das oscilações da tensão da fonte. E o componente sensível à estas oscilações é o *UMC*, portanto, torna-se razoável fazer um estudo apenas das protecções instaladas no *UMC*. São excluídas de antemão, as funções de protecção que apenas emitem um alarme

(subtensão, distorção harmónica total) e as funções que estão activas durante o arranque (arranque demorado, rotor bloqueado).

A avaliação do problema será feita tendo em conta a figura 3.10 que mostra no gráfico o histórico de algumas variáveis principais como a corrente de serviço do motor, a tensão do barramento de alimentação do motor (*STG1 MCC*) e a tensão da fonte de alimentação (*SWGR1-1*) em valores percentuais do valor máximo, e o manual do equipamento *UMC*, fornecido pelo fabricante.

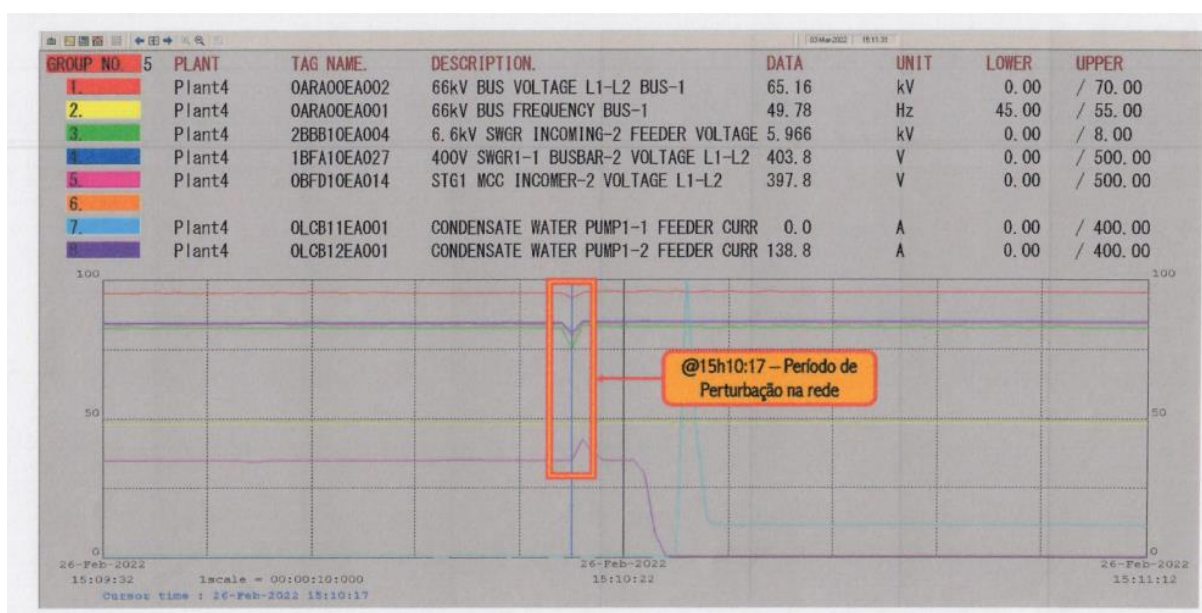


Figura 3.10: Histórico das variáveis. Fonte [EDM].

### Sobretensão

Através da figura 3.10, vê-se que a oscilação caracterizou-se como uma redução da tensão, logo esta protecção não deveria actuar, assim sendo, não é uma possível causa do disparo.

### Sobrecargas e protecção térmica do motor

A protecção contra sobrecargas e térmica do motor está relacionada ao aquecimento dos condutores (alimentadores) e enrolamentos da máquina respectivamente. Esta protecção leva algum tempo para actuar, este tempo está ajustado em 6 segundos através da classe de protecção 20. Porém, o motor estava a operar à 138 A o que está muito abaixo do seu valor máximo permitido que é de

400 A, portanto, embora que, com a redução da tensão, o conjugado também baixa e por isso, o motor consome mais corrente mas ainda assim não atingiu-se o seu limite máximo, como mostra o gráfico, portanto, estas não foram as possíveis causas.

### Curto-circuitos e defeitos à terra

Durante uma falta, o motor de indução trifásico comporta-se como um gerador nos instantes iniciais, contribuindo com uma corrente igual a sua corrente de arranque que é  $7I_n$  e como vê-se pela figura 3.10, o aumento de corrente não foi considerável, portanto, exclui-se também esta protecção das prováveis causas.

### Perda, desequilíbrio ou sequência de fases

Antes da ocorrência da perturbação, a tensão estava em 397,8 V o que representa aproximadamente 80% do valor máximo permitido que é de 500 V. Durante a perturbação, nota-se uma redução rápida de até 6% no valor da tensão de operação.

A protecção do *UMC* está ajustada à actuar para um desequilíbrio entre as fases de 80% como pode ser observado na figura 3.11. Praticamente, esse nível de desequilíbrio seria atingido em casos de faltas, a perda de uma fase, constitui um tipo de falta e tem como consequência uma sobretensão nas fases sãs, contrariando o gráfico da figura 3.10.

Assumindo que a sequência de fases no lado da fonte não foi alterada, portanto, nenhuma dessas protecções constitui uma provável causa.



Figura 3.11: Protecção de desequilíbrio entre as fases. Fonte: [EDM].

### **Voltage Dip**

A função de protecção ‘*voltage dip*’ actua quando há uma redução brusca da tensão num espaço de tempo curto. Os principais parâmetros são descritos a seguir.

*Dip duration* – se a ‘*voltage dip*’ for demorada em relação a este tempo, então, é activado um sinal de erro.

*Dip autorestart window* – se a tensão recuperar o seu valor anterior dentro desta janela de tempo, então, o motor não é desligado.

*Dip autorestart delay* – o tempo de atraso para que o motor seja reiniciado.

*Dip autorestart enable* – habilita o reinício automático.

*Dip level* – nível de tensão que indica o início da ‘*voltage dip*’.

*Dip restart level* – nível de tensão que indica o fim da ‘*voltage dip*’.

Dependendo da duração da perturbação e do ajuste dos parâmetros acima, diferentes reacções podem ser configuradas como mostram os casos das figuras 3.5 (a) à (d).

Caso (a): a redução da tensão leva um tempo curto em relação à ‘*dip autorestart window*’, portanto, o relé de saída do *UMC* não abre e o motor continua a operar sem interrupção.

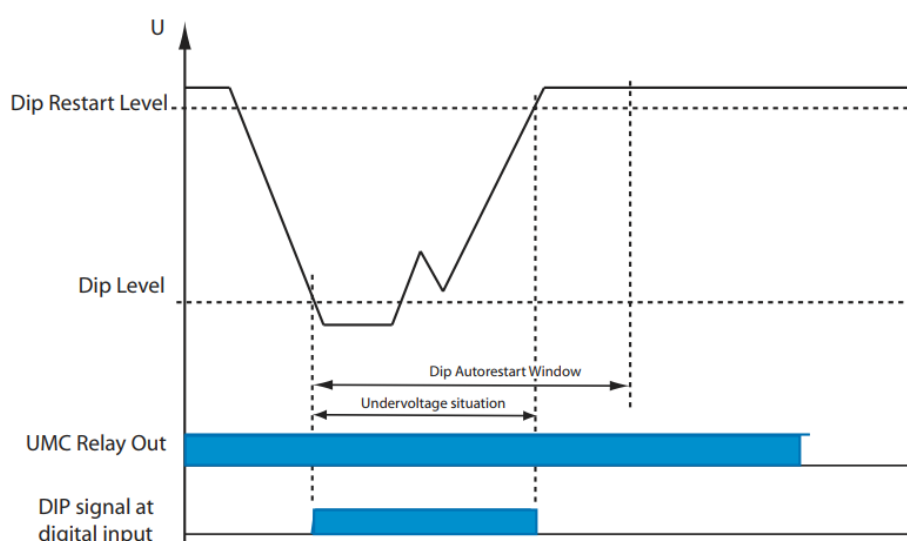


Figura 3.12 (a): A bomba não dispara após uma redução na tensão. Fonte: [ABB].

Caso (b): a redução da tensão leva um tempo maior em relação à '*dip autorestart window*', portanto, o relé de saída do *UMC* abre. Mas se a situação for curta em relação à '*dip duration*' então, o motor pode reiniciar automaticamente depois de um tempo de atraso ajustado, desde que esta função esteja habilitada, caso contrário, o motor permanece desligado.

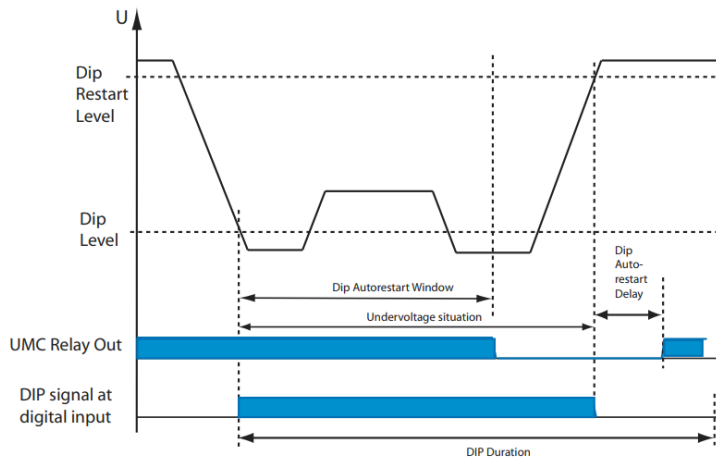


Figura 3.12 (b): A bomba dispara após uma redução na tensão. Fonte: [ABB].

Caso (c): se a duração da perturbação levar um tempo superior ao tempo ajustado em '*dip duration*' então, um sinal de erro será activado, para além, da retirada do motor de serviço.

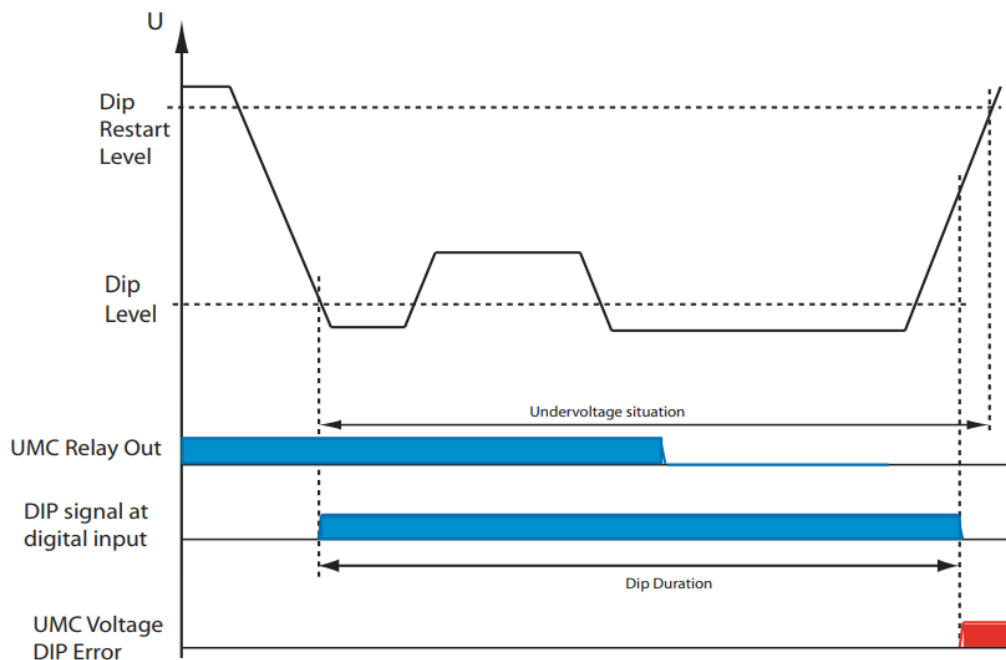


Figura 3.12 (c): A bomba dispara após uma redução na tensão. Fonte: [ABB].

Caso (d) : se dentro de 1 segundo duas reduções na tensão ocorrerem, imediatamente a seguir à segunda redução, a alimentação do motor é retirada.

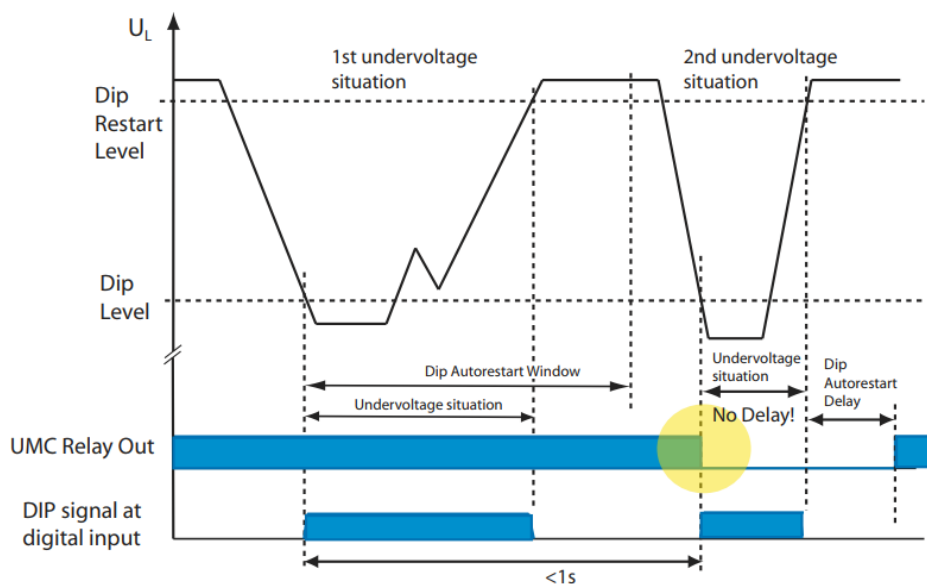
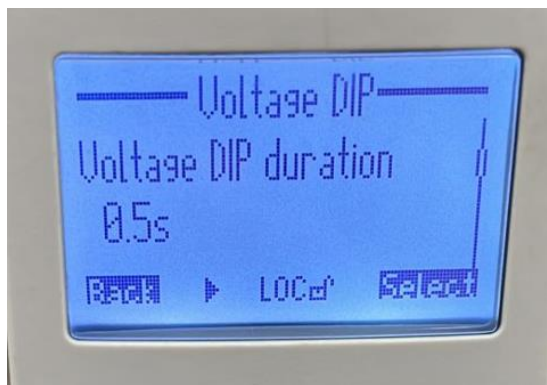


Figura 3.12 (d): A bomba dispara após uma redução na tensão. Fonte: [ABB].

Portanto, esta protecção – ‘*voltage dip*’ – constitui uma possível causa dos disparos da bomba.

As figuras 3.13 (a) à (d) mostram os ajustes de alguns parâmetros da protecção 'voltage dip'. Através destas figuras e da figura 3.10, e tendo em consideração que a redução do valor da tensão leva aproximadamente 3 segundos, portanto, conclui-se que estamos na situação do caso (c) correspondente à figura 3.12 (c).



(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 3.13 : Parâmetros ajustados no UMC da protecção 'voltage dip' . Fonte: [EDM]

### 3.3 APRESENTAÇÃO DAS POSSÍVEIS SOLUÇÕES

Da avaliação feita e tendo em conta a possível causa identificada, as possíveis soluções para o problema são:

1. Instalação de um estabilizador de tensão;
2. Reajuste do UMC.

### 3.4 ANÁLISE DE VIABILIDADE TÉCNICO – ECONÓMICA DAS SOLUÇÕES

A primeira solução não traria nenhuma limitação técnica à instalação, portanto, é tecnicamente viável e fará com que, flutuações na tensão da rede não afectem o *UMC* porque este equipamento é sensível à estas flutuações. Porém, economicamente esta solução trará consigo custos imediatos, sendo que, é recomendado que a empresa efectue um estudo de viabilidade económico mais detalhado para de facto aferir se seria conveniente a sua implementação.

A segunda solução consiste em ajustar os parâmetros da função de protecção '*voltage dip*' de tal forma à baixar a sensibilidade do *UMC* às reduções rápidas da tensão, essa solução não traria nenhum custo imediato, porém, poderá trazer um custo à longo prazo, por isso, é recomendado a empresa à contactar o fabricante do equipamento (*UMC*) e do motor antes da implementação devido às implicações técnicas desta solução.

### 3.5 PROPOSTA DE UMA SOLUÇÃO

Da análise de viabilidade técnico-económica, a primeira solução tem uma implicação económica e a segunda solução tem uma implicação técnica, porém, tendo em conta que se deseja resolver o problema o mais rápido possível, então a segunda opção é a ideal para uma implementação a curto prazo, portanto, esta é que é a solução proposta à empresa.

Para tal, basta reajustar o parâmetro '*dip autorestart window*' de 0.1 segundos para 5 segundos, com objectivo de não ser sensível à oscilações frequentes na rede que levam um tempo aproximado de 3 segundos, reajustar o parâmetro '*dip duration*' de 0.5 segundos para 10 segundos, activar o parâmetro '*autorestart enable*', reajustar o parâmetro '*autorestart delay*' de 0 segundos para 0,5 segundos

Tabela 3.2: Parâmetros com actuais ajustes e ajustes proposto

Parâmetros	Ajustes Actuais	Ajustes Propostos
<i>Dip autorestart window</i>	0,1 Segundo	5 Segundos
<i>Dip duration</i>	0,5 Segundos	10 Segundos
<i>Dip autorestart delay</i>	0 Segundos	0.5 Segundos
<i>Dip autorestart enable</i>	Off (Desligado)	On (Ligado)



## **CAPITULO IV – CONCLUSÃO**

O presente trabalho teve como objectivo, fazer um estudo dos disparos na bomba de condensado à quando das oscilações na rede de baixa tensão.

Relativo ao primeiro objectivo específico – Fazer um estudo das protecções instaladas na bomba – foi concluído através da avaliação feita, que a protecção sensível as reduções rápidas da tensão é a '*voltage dip*' instalada no *UMC*.

Relativo ao segundo objectivo específico – Propor medidas de solução para o problema – foi concluído que a melhor solução à curto prazo, seria de reajustar os parâmetros do *UMC*.

Relativo ao terceiro objectivo específico – Elaborar um estudo de viabilidade económico – foi concluído que para a solução proposta, não ter-se-ia nenhum custo imediato, assim sendo, ficou como recomendação à empresa, contactar os fabricantes dos equipamentos antes de implementar a solução proposta.

### **4.1 RECOMENDAÇÕES**

1. Investigar as causas da impossibilidade de diagnóstico do *UMC*;
2. Contactar os fabricantes dos equipamentos antes da implementação da solução proposta;
3. Elaborar um estudo de viabilidade técnico-económico detalhado da possibilidade de instalação de um estabilizador de tensão.
4. Reajuste das protecções regularmente - como o sistema não está estático, é então, necessário acompanhar as dinâmicas da rede, pelo que, é recomendado á empresa a realização de ajustes das protecções com o objectivo de acompanhar as mudanças na rede, sendo que, o período e os valores dos parâmetros desse ajuste podem ser decididos com base em históricos mais recentes, sem no entanto deixar de lado as características dos equipamentos.

### **Investigar as causas da impossibilidade de diagnóstico do *UMC***

Tendo em conta que o *UMC* permite executar um diagnóstico por onde pode se obter um histórico das actuações, bem como, das causas que o levou a actuar, então, poderia ter sido explorada esta funcionalidade, sendo que, será uma ferramenta muito útil nas próximas situações, por isso, recomenda-se à empresa a investigar as dificuldades no uso dessa funcionalidade com objectivo de reduzir o tempo de avaliação dos problemas futuros.

### **Contactar os fabricantes dos equipamentos antes da implementação da solução proposta**

A solução proposta, pode trazer consigo uma limitação técnica, relacionada com as limitações físicas dos equipamentos sensíveis às reduções rápidas de tensão, por isso, é recomendado à empresa, para que contacte os fabricantes dos equipamentos (*UMC*, motor e a bomba), antes da implementação da solução proposta para garantir que de facto não haveriam inconvenientes na aplicação desta solução.

### **Elaborar um estudo de viabilidade técnico-económico detalhado da possibilidade de instalação de um estabilizador de tensão**

Tendo em conta que, a rede eléctrica é susceptível à oscilações e, existem equipamentos sensíveis à essas oscilações, então, seria razoável a instalação de um equipamento que mantivesse a tensão constante, por isso, é recomendado à empresa a elaborar um estudo de viabilidade técnico-económico detalhado da possibilidade de instalação de um estabilizador de tensão que tem como objectivo principal manter a tensão constante, para além de, isolar electricamente os dois circuitos (da fonte e da carga).

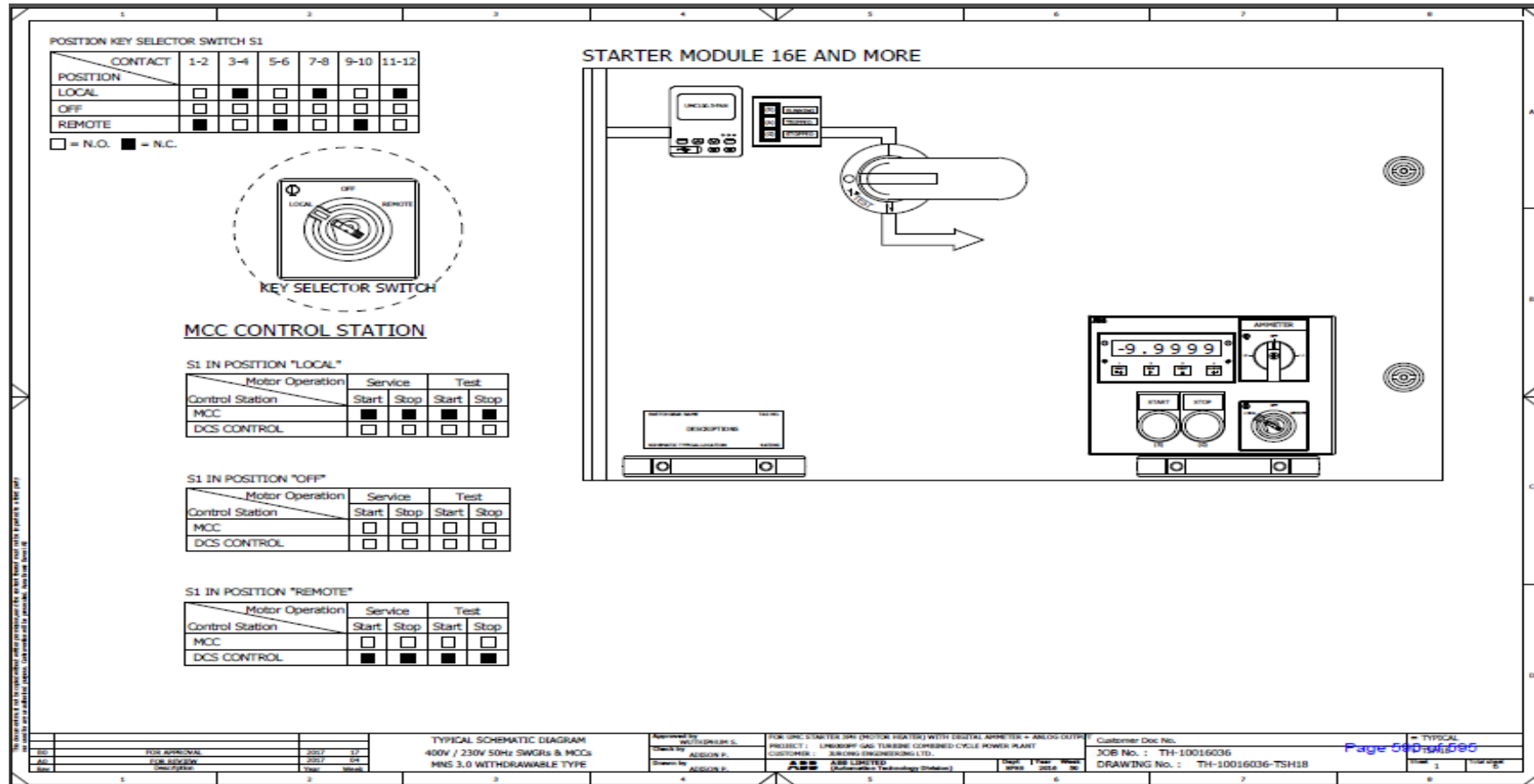
## 4.2 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Bim, E. 2012 – Máquinas eléctricas e accionamento, 2ª ed., Elsevier, Rio de Janeiro.
- [2] Chapman, S.J. 2013 – Fundamentos de máquinas eléctricas, 5ª ed., AMGH, Porto Alegre.
- [3] Elgerd, O.I. 1983 – Electric energy system theory: An introduction, 2nd ed., McGraw-hill, New York.
- [4] Franchi, C.M. 2008 – Accionamentos Eléctricos, 4ª ed., Érica, São Paulo.
- [5] Khoussainov, I. 1987 – Accionamentos Eléctricos, 1ª ed., UEM, Maputo.
- [6] Paiva, J. P. 2005 – Redes de energia eléctrica: Uma análise sistémica, 1ª ed., IST Press, Lisboa.
- [7] Toliyat, H.A. 2013 – Electric Machines: Modeling, condition monitoring and fault diagnosis, 1st ed., CRC Press, Boca Raton.

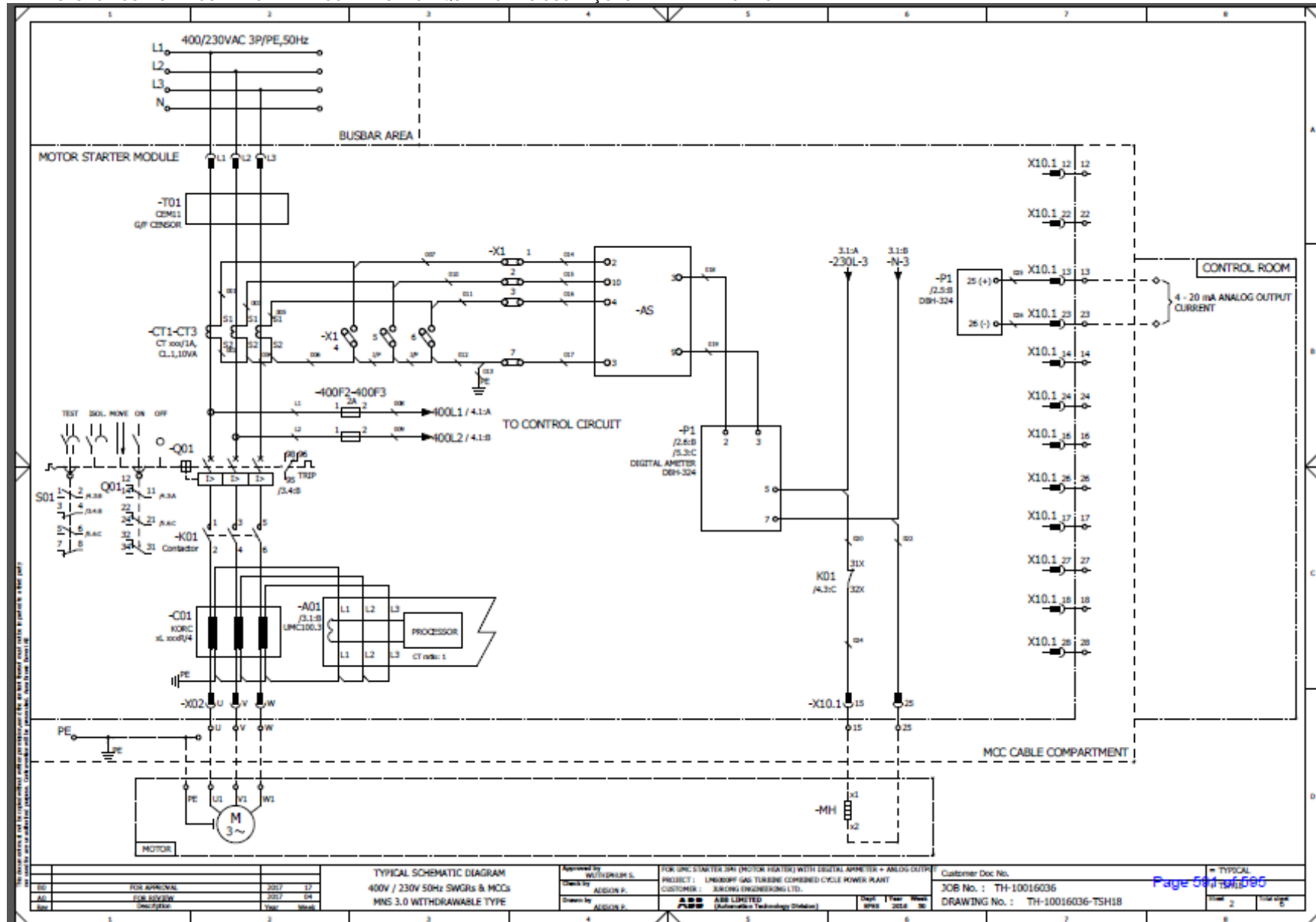
## **Anexo**

Anexo 1

Esquema Completo de força e de Comando da Bomba de Condensado

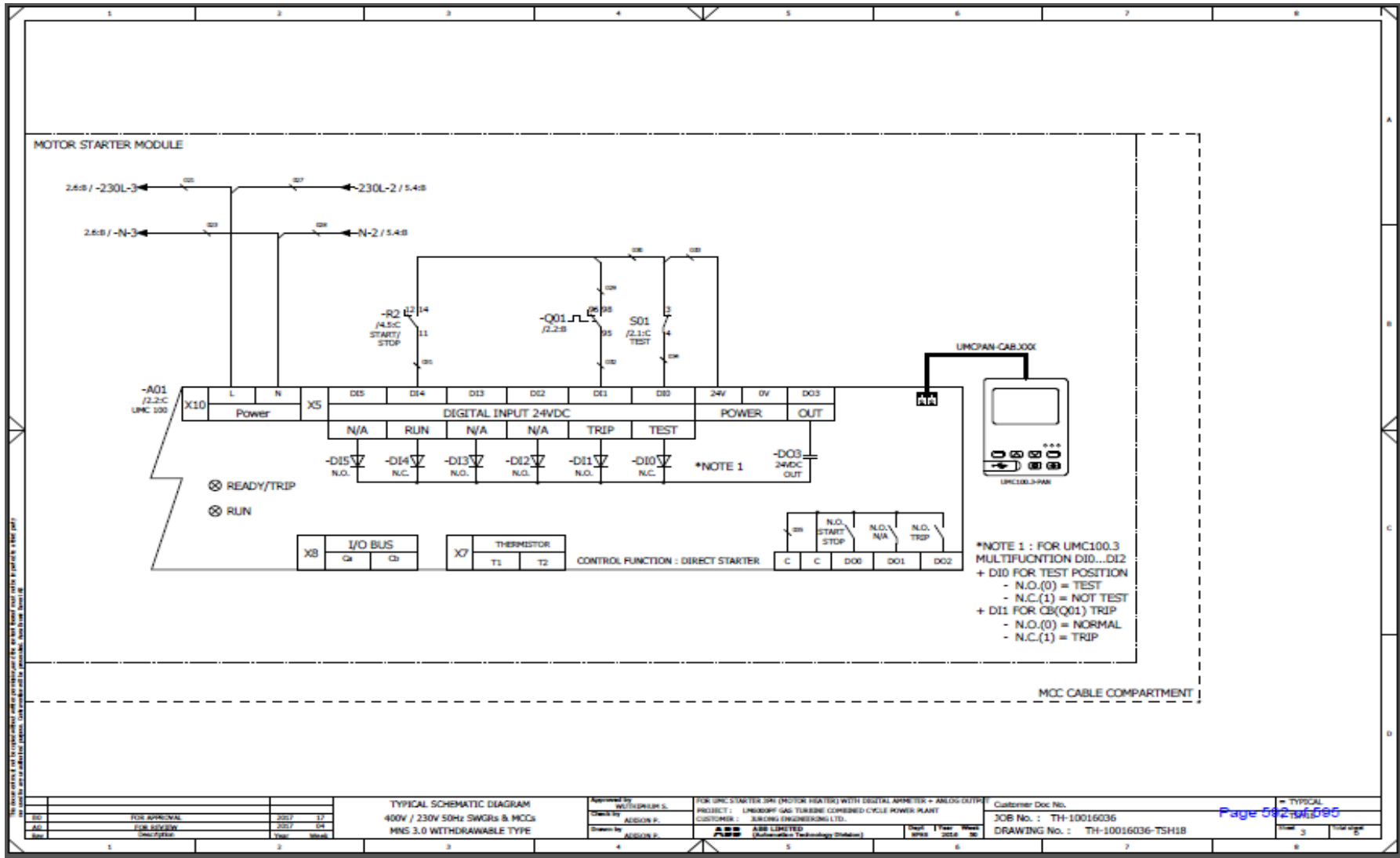


ESTUDO DOS DISPAROS DA BOMBA DE CONDENSADO A QUANDO DAS OSCILAÇÕES NA REDE ELÉCTRICA.

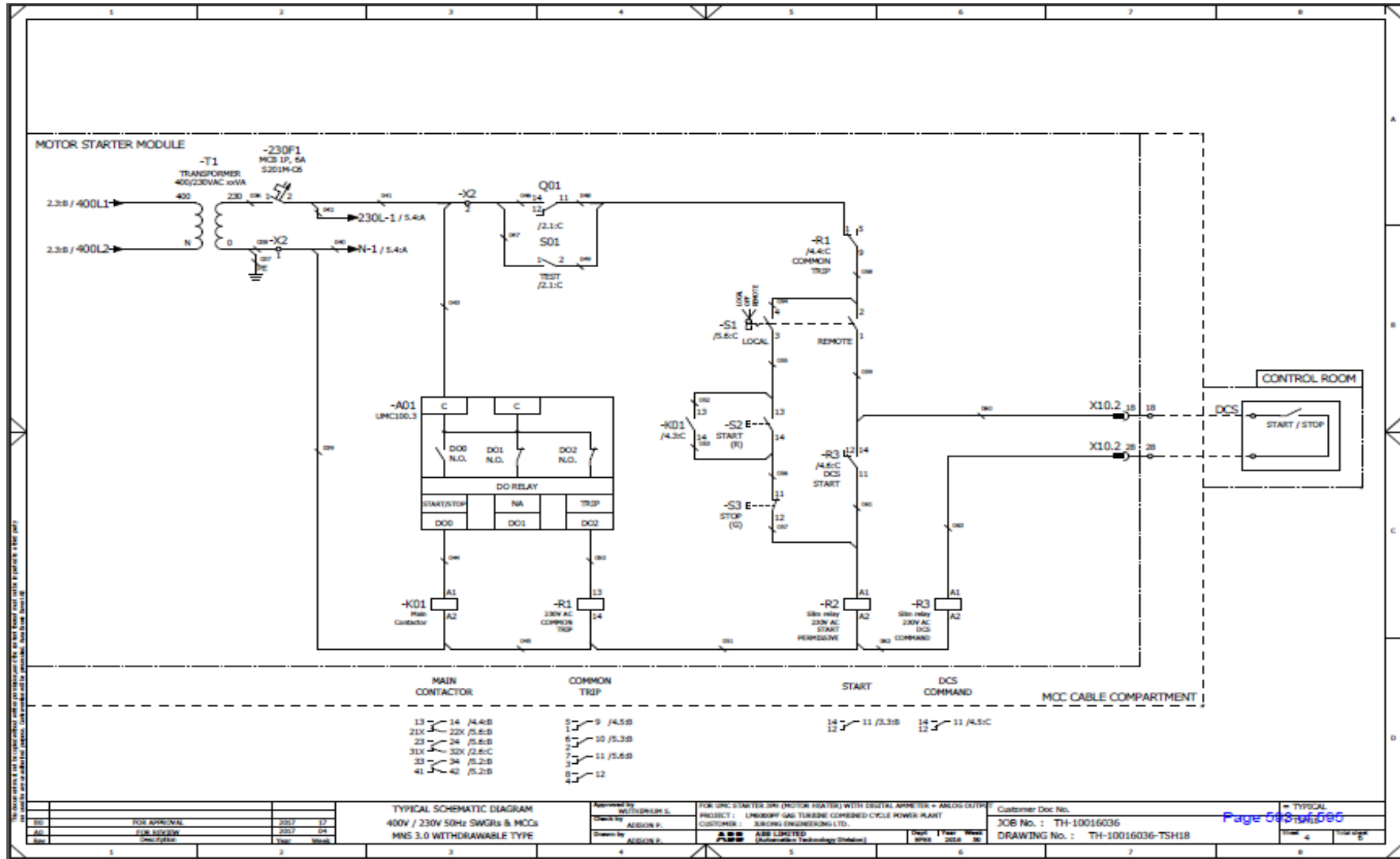


TYPICAL SCHEMATIC DIAGRAM 400V / 230V 50Hz SWGRs & MCCs MNS 3.0 WITHDRAWABLE TYPE		Approved by: WILSON S.L. Check by: ALGON P. Drawn by: ALGON P.	FOR MNS STARTER 3PH (MOTOR HEATER) WITH DIGITAL AMPERER + ANALOG OUTPUT PROJECT: LINDBORF GAS TURBINE COMBINED CYCLE POWER PLANT CUSTOMER: SINGHA ENGINEERING LTD. ASS LIMITED (Automation Technology Division)	Customer Doc No. JOB No.: TH-10016036 DRAWING No.: TH-10016036-TSH1B	= TYPICAL Page 5 of 6 TIME 2 TOTAL 5
---	--	--	--	--	--

ESTUDO DOS DISPAROS DA BOMBA DE CONDENSADO A QUANDO DAS OSCILAÇÕES NA REDE ELÉCTRICA.

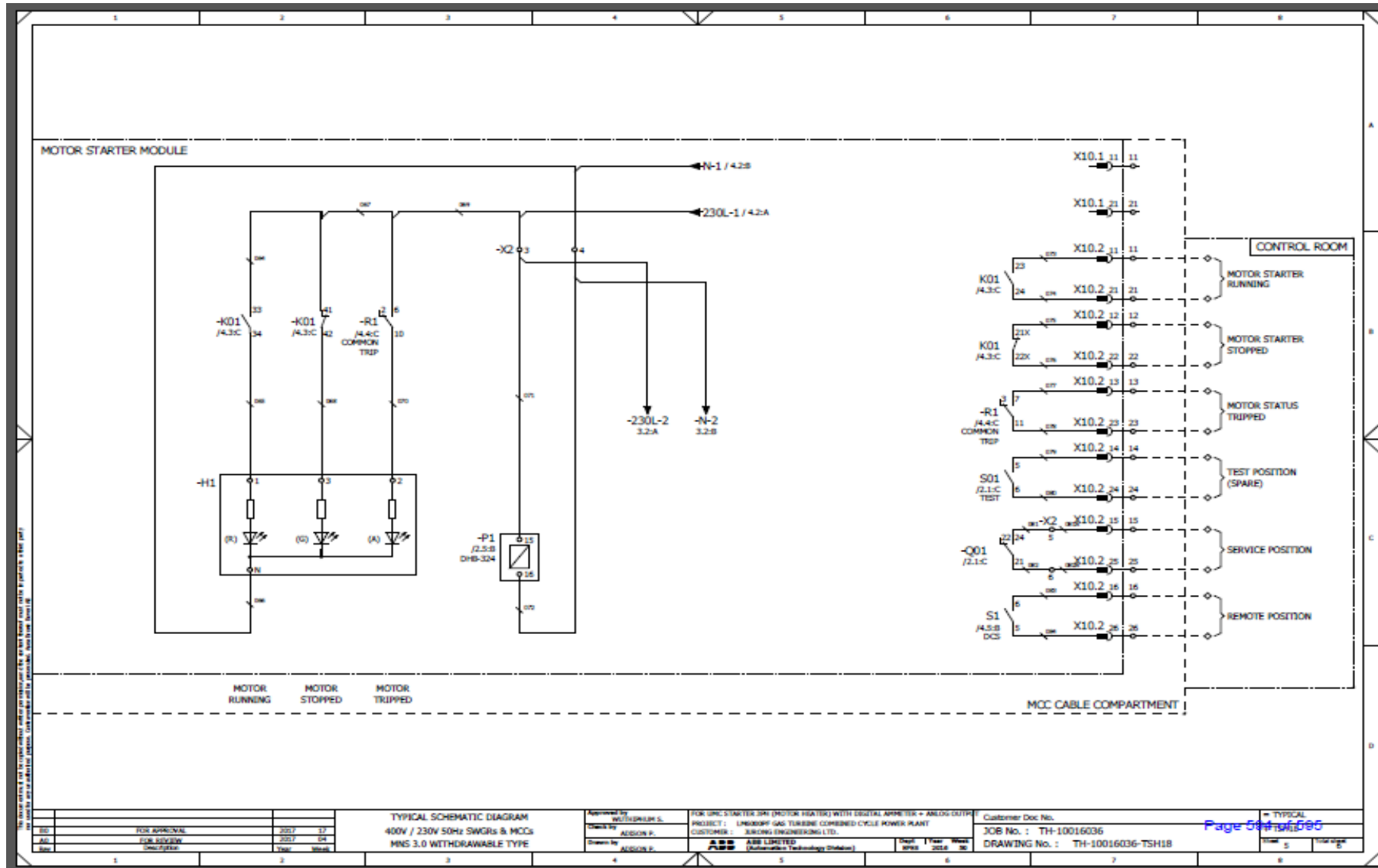


ESTUDO DOS DISPAROS DA BOMBA DE CONDENSADO A QUANDO DAS OSCILAÇÕES NA REDE ELÉCTRICA.

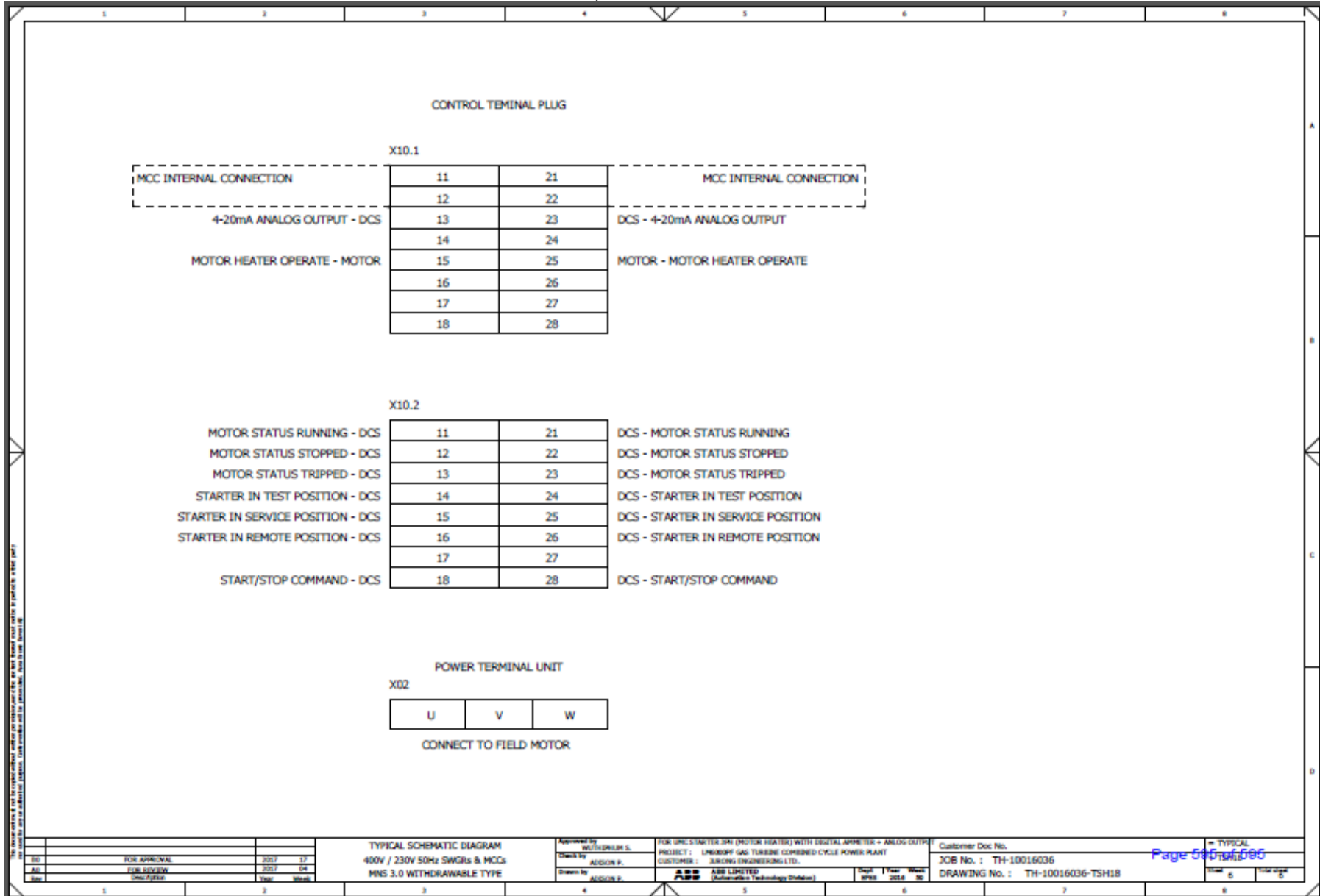




ESTUDO DOS DISPAROS DA BOMBA DE CONDENSADO A QUANDO DAS OSCILAÇÕES NA REDE ELÉCTRICA.



ESTUDO DOS DISPAROS DA BOMBA DE CONDENSADO A QUANDO DAS OSCILAÇÕES NA REDE ELÉCTRICA.





**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA**

**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA	2022ELEPPL43
--------------------	--------------

DATA:	11/10/22
-------	----------

**1. AGENDA:**

Apresentação do TAT e discursão em torno do tema

**2. PRESENÇAS**

Supervisor	Eng <sup>o</sup> Gerson Zango
Co-Supervisor	
Estudante	Benigna Felicidade França Neve
Outros	

**3. RESUMO DO ENCONTRO**

Correcção do tema
Apreciação dos objectivos

#### 4. RECOMENDAÇÕES

Explicação da real função e condições de funcionamento do objecto de estudo

5. OBSERVAÇÕES	
----------------	--

6. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	22/10/2022
-----------------------------	------------



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA**

**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA	2022ELEPPL43
--------------------	--------------

DATA:	14/10/2022
-------	------------

**7. AGENDA:**

Apresentação das retificações sugeridas no TAT e das recomendações

**8. PRESENÇAS**

Supervisor	Eng <sup>o</sup> Gerson Zango
Co-Supervisor	
Estudante	Benigna Felicidade França Neve
Outros	

**9. RESUMO DO ENCONTRO**

Verificação e Validação do TAT

## 10. RECOMENDAÇÕES


## 11. OBSERVAÇÕES

--	--

## 12. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

22/10/2022

	22/10/2022
--	------------



**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA**

**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA	2022ELEPPL43
--------------------	--------------

DATA:	22/10/2022
-------	------------

**13. AGENDA:**

Apresentação da Revisão bibliográfica

**14. PRESENÇAS**

Supervisor	Eng <sup>o</sup> Gerson Zango
Co-Supervisor	
Estudante	Benigna Felicidade França Neve
Outros	

**15. RESUMO DO ENCONTRO**

Apreciação da revisão Bibliografica

## 16.RECOMENDAÇÕES

Rectificar alguns aspectos relacionados com a escrita
Resumir e ser claro e objectivo nos textos da revisao bibliografica

17.OBSERVAÇÕES	
----------------	--

18.DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	05/11/22
-----------------------------	----------





UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA

**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA	2022ELEPPL43	DATA:	05/11/22
--------------------	--------------	-------	----------

19. AGENDA:

Apresentação de Resultados, análise e discussão

20. PRESENÇAS

Supervisor	Eng <sup>o</sup> Gerson Zango
Co-Supervisor	
Estudante	Benigna Felicidade França Neve
Outros	

21. RESUMO DO ENCONTRO

<b>Apresentacao das analises feitas e apresentacao dos resultados e</b>

## 22. RECOMENDAÇÕES

Apresentação de esquemas ilustrativos
Recomendações de ordem organizacional do trabalho

23. OBSERVAÇÕES	
-----------------	--

24. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO	29/11/2022
------------------------------	------------

**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELETROTÉCNICA**

**ACTA DE ENCONTROS**

REFERÊNCIA DO TEMA	2022ELEPPL43	DATA:	29/11/22
--------------------	--------------	-------	----------

**25. AGENDA:**

Verificação do Relatório Final

**26. PRESENÇAS**

Supervisor	Eng <sup>o</sup> Gerson Zango
Co-Supervisor	
Estudante	Benigna Felicidade França Neve
Outros	

**27. RESUMO DO ENCONTRO**

Verificação do Relatório Final

28. RECOMENDAÇÕES


29. OBSERVAÇÕES

--	--

30. DATA DO PRÓXIMO ENCONTRO

--	--





**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**

**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**

**CURSO DE ENGENHARIA ELÉCTRICA**

**RELATÓRIO DE PROGRESSO**

REFERÊNCIA DO TEMA:	2022ELEPPL43
---------------------	--------------

ACTV	DATA	ESTÁGIO (%)	OBSERVAÇÕES	RÚBRICA
1	17/10/22	60	Melhorar a introdução.	
	19/10/22	100	Pode avançar para bibliografia	
2	20/10/22	40	Seleccionar os conceitos principais	
	23/10/22	100	Pode avançar para parte específica	
3	05/11/22	80	Revisão dos resultados, análise	
4	28/11/22	90	Melhorar a conclusão e Resumo do trabalho	











**UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA**  
**F1 - GUIA DE AVALIAÇÃO DO RELATÓRIO ESCRITO**

Nome do estudante: Benigna Felicidade França Neve

Referência do tema: 2022ELEPPL43

Data: 08/ 08/ 2022

Título do tema: Estudo dos Disparos da Bomba de Condensado a quando das oscilações na rede Eléctrica.

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

<b>2. Organização (estrutura) e explanação</b>										
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
<b>Secção 2 subtotal (max: 45)</b>										

<b>3. Argumentação</b>										
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					
<b>Secção 3 subtotal (max: 30)</b>										

<b>4. Apresentação e estilo da escrita</b>					
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
<b>Secção 4 subtotal (max: 20)</b>					

<b>Total de pontos (max: 100)</b>	
-----------------------------------	--

<b>Nota (=Total*0,2)</b>	
--------------------------	--

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

**F2 – GUIA DE AVALIAÇÃO DA APRESENTAÇÃO ORAL E DEFESA**

Nome do estudante: Benigna Felicidade França Neve

Referência do tema: 2022ELEPPL43

Data: 08/ 08/ 2022

Título do tema: Estudo dos Disparos da Bomba de Condensado a quando das oscilações na rede Eléctrica.

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

<b>2. Organização e explanação</b>										
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		
<b>Secção 2 subtotal (max: 25)</b>										

<b>3. Estilo da apresentação</b>										
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 áudio-visuais	1	2	3	4	5					
<b>Secção 3 subtotal (max: 15)</b>										

<b>4. Defesa</b>										
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
<b>Secção 3 subtotal (max: 50)</b>										

<b>Total de pontos (max: 100)</b>		<b>Nota (=Total*0,2)</b>	
---------------------------------------	--	--------------------------	--







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

Nome do estudante: Benigna Felicidade França Neve

Referência do tema: 2022ELEPPL43

Data: 08/ 08/ 2022

Título do tema: Estudo dos Disparos da Bomba de Condensado a quando das oscilações na rede Eléctrica.

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

<b>CLASSIFICAÇÃO FINAL <math>=(N1*A+N2*B)/100</math></b>	
--	--

**OS MEMBROS DO JURI:**

	<b>ASSINATURAS</b>
O Presidente	
O Oponente	
Os Supervisores	

Maputo, Novembro de 2022

