

CENTRO PAULA SOUZA
ENSINO TÉCNICO EM ELETROTÉCNICA

RAPHAEL DE SOUSA E SILVA CABRAL

ANTÔNIO MARCOS DE SOUZA LIMA

LUCAS NUNES DE ANGELO

RODRIGO BEZERRA DE AMARAL

EZEQUIEL SILVA DOS SANTOS

PEDRO HENRIQUE MARTIM SANTOS

GERADOR DE FASE TRIFÁSICO

São Paulo

2023

RAPHAEL DE SOUSA E SILVA CABRAL
ANTÔNIO MARCOS DE SOUZA LIMA
LUCCAS NUNES DE ANGELO
RODRIGO BEZERRA DE AMARAL
EZEQUIEL SILVA DOS SANTOS
PEDRO HENRIQUE MARTIM SANTOS

Gerador de fase trifásico

Versão final de Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao curso de Ensino Técnico qualificação em Eletrotécnica do Centro Paula Souza no estado de São Paulo, para apresentação à banca avaliadora, como exigência para obtenção de certificação de Técnico em Eletrotécnica, sob a orientação do Professor Félix Silva de Carvalho.

São Paulo

2023

SÃO PAULO

2023

FOLHA DE APROVAÇÃO

SOBRENOME DOS AUTORES. TÍTULO DO TRABALHO; f. (Nº DE FOLHAS)

Trabalho de Conclusão de Curso Ensino Técnico com qualificação em Eletrotécnica do Centro Paula Souza no estado de São Paulo no ano de 2023

BANCA EXAMINADORA

Professores Orientadores (Presidentes da banca)

Professor convidado (Titular 1)

Professor Convidado (Titular 2)

DEDICATÓRIA

Dedicamos esse trabalho aos nossos amigos do curso, Ao Centro Paula Souza, às nossas famílias que nos apoiaram nesta jornada e a direção da instituição.

AGRADECIMENTOS

Nós agradecemos a Deus pela oportunidade de juntos fazermos parte desse grande projeto e aos nossos professores que nos ajudaram.

RESUMO

Um gerador de fase trifásico é um dispositivo que converte energia mecânica em energia elétrica trifásica. Ele consiste em um eixo rotativo que é conectado a um rotor, que é um conjunto de bobinas. O rotor é girado por um motor, que pode ser movido por uma variedade de fontes de energia, como combustão interna, energia solar ou energia eólica. A corrente elétrica trifásica é criada quando as bobinas do rotor giram em um campo magnético. As três fases da corrente trifásica estão desfasadas entre si em 120 graus elétricos. Isso significa que as amplitudes das três fases são iguais, mas elas atingem seus picos em momentos diferentes.

Palavras-chave: Gerador de fase trifásico; Motor; Três fases.

ABSTRACT

A three-phase generator is a device that converts mechanical energy into three-phase electrical energy. It consists of a rotating shaft that is connected to a rotor, which is a set of coils. The rotor is turned by a motor, which can be powered by a variety of energy sources such as internal combustion, solar energy or wind energy. Three-phase electrical current is created when rotor coils rotate in a magnetic field. The three phases of the three-phase current are out of phase with each other by 120 electrical degrees. This means that the amplitudes of the three phases are equal, but they reach their peaks at different times.

Keywords: Three-phase generator; Motor; Three phases.

SUMÁRIO

1.0 INTRODUÇÃO	9
1.1 JUSTIFICATIVA	9
1.2 PROBLEMA PESQUISA	9
1.3 OBJETIVO PRINCIPAL	10
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
1.5 METODOLOGIA DE TRABALHO	10
1.6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
2.0 REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.0 CÁLCULOS DO PROJETO	Erro! Indicador não definido.
4.0 DIAGRAMA ELÉTRICO	13
5.0 DESENVOLVIMENTO	15
6.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
REFERÊNCIAS	29

1.0 INTRODUÇÃO

Os geradores trifásicos são usados principalmente para operações comerciais, mas também podem ser usados para aplicações residenciais, como fontes de alimentação de backup ou sistemas de iluminação de emergência.

A ideia é um representante ir até o local e com as informações passadas pelo cliente construir um equipamento que supra a necessidade daquele cliente específico, pois dessa forma não há a necessidade desse cliente de pequeno porte ter que comprar um equipamento caro e com potência muito superior ao que de fato ele necessita.

1.1 JUSTIFICATIVA

Nossa intenção ao fazer o Gerador de Fase Trifásico é atender as pequenas empresas, principalmente aos meios que não tem rede trifásica, por exemplo o meio rural, onde as fazendas, sítios, chácaras e outros que não possuem este sistema. Porém esse equipamento pode ser usado em aplicações industriais, comerciais e residenciais. Outro benefício de usar esse equipamento é sua capacidade de partir qualquer motor trifásico numa rede monofásica.

1.2 PROBLEMA PESQUISA

A eficiência de um gerador trifásico de fase é definida como a razão entre a potência elétrica gerada e a potência mecânica fornecida. A eficiência de um gerador trifásico de fase é limitada por vários fatores, incluindo as perdas no rotor, nas bobinas do estator e no núcleo do estator.

Outro problema de pesquisa importante em geradores trifásicos de fase é reduzir o custo. O custo de um gerador trifásico de fase é determinado por vários fatores, incluindo o custo dos materiais, o custo da fabricação e o custo da instalação.

1.3 OBJETIVO PRINCIPAL

Nosso projeto visa o melhor atendimento ao cliente final, no mercado atual temos equipamentos que já são vendidos com potências preestabelecidas pelo próprio fabricante, porém nosso projeto visa atender o cliente com uma solução que se adeque a sua necessidade.

O Conversor Estático é usado para para auxiliar na partida do motor em 220V/380V/440V.

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O primeiro objetivo é a pesquisa a respeito do funcionamento do gerador de terceira fase, sua eficiência e onde é viável ter esse produto. Em seguida, será pesquisado a respeito dos cálculos dos componentes que serão utilizados no projeto. O próximo objetivo será a compra dos componentes, e o último objetivo é a montagem do projeto, revisando e realizando os ajustes necessários.

1.5 METODOLOGIA DE TRABALHO

A metodologia utilizada para a elaboração deste trabalho foi a pesquisa bibliográfica, com a consulta de artigos científicos, livros e sites especializados.

Também foram realizadas entrevistas com especialistas da área de geração de energia.

1.6 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para o presente estudo nós realizamos uma revisão do produto “Gerador Trifásico de Fase” do fabricante “Etna Transformadores”, em que nosso produto se diferencia pelo custo benefício, devido aos componentes mais baratos, e ele atenderá as necessidades de cada cliente de acordo com sua necessidade.

2.0 REFERENCIAL TEÓRICO

A história do gerador de fase trifásico começou no século XIX, com as contribuições de vários engenheiros e cientistas. Em 1834, Michael Faraday demonstrou que uma corrente elétrica alternada podia ser gerada girando uma bobina em um campo magnético. Em 1882, Nikola Tesla patenteou um gerador trifásico que era mais eficiente do que os geradores monofásicos existentes.

O primeiro gerador trifásico comercialmente bem-sucedido foi construído pela Siemens & Halske em 1887. Este gerador foi usado para fornecer energia para a Exposição Internacional de Paris de 1889.

Nos anos seguintes, os geradores trifásicos tornaram-se cada vez mais populares. Eles foram usados para fornecer energia para fábricas, ferrovias e outras aplicações comerciais. No início do século XX, os geradores trifásicos eram a forma dominante de geração de eletricidade.

Nos anos seguintes, foram desenvolvidos outros métodos para gerar uma terceira fase usando um motor trifásico ligado na rede monofásica. Esses métodos foram mais eficientes e permitiram que os motores trifásicos fossem usados em uma ampla gama de aplicações.

Hoje, os geradores de terceira fase usando motores trifásicos ligados na rede monofásica são uma tecnologia comum. Eles são usados em uma variedade de aplicações, incluindo máquinas industriais, equipamentos agrícolas e sistemas de energia solar.

Portanto, é provável que a ideia de fazer um gerador de terceira fase usando um motor trifásico ligado na rede monofásica tenha surgido de várias pessoas ao longo do tempo.

Os geradores trifásicos modernos são baseados no design de Tesla. Eles são mais eficientes e confiáveis do que os geradores trifásicos originais.

O produto é composto por três partes principais: O Estator, que abriga os ímãs permanentes; O Rotor, que carrega enrolamentos de cobre; E um Regulador, que controla a saída de energia.

O fabricante utilizado como referência para o estudo dos geradores trifásicos, é a empresa Etna Transformadores.

Eles explicam a respeito desses geradores que os mesmos são usados principalmente para operações comerciais, mas também podem ser usados para aplicações residenciais, como fontes de alimentação de backup ou sistemas de iluminação de emergência.

A característica distintiva de um gerador trifásico de fase é sua capacidade de produzir correntes múltiplas em ciclos variados. Isso é feito fornecendo cada fase seu próprio conjunto de arranjos de enrolamentos e bobinas que interagem com os ímãs permanentes no estator.

À medida que o rotor gira dentro dessas bobinas, uma corrente CA alternada é gerada em cada ciclo dentro de cada fase do sistema, permitindo uma produção mais eficiente do que os geradores monofásicos.

Esse equipamento pode ser usado em aplicações industriais, comerciais, áreas rurais e residenciais.

A utilização de um gerador trifásico oferece diversas vantagens em relação a outros tipos de geradores, tornando-se uma opção atraente para as mais diversas aplicações.

Um benefício de usar um gerador trifásico é sua capacidade de fornecer geração de energia eficiente.

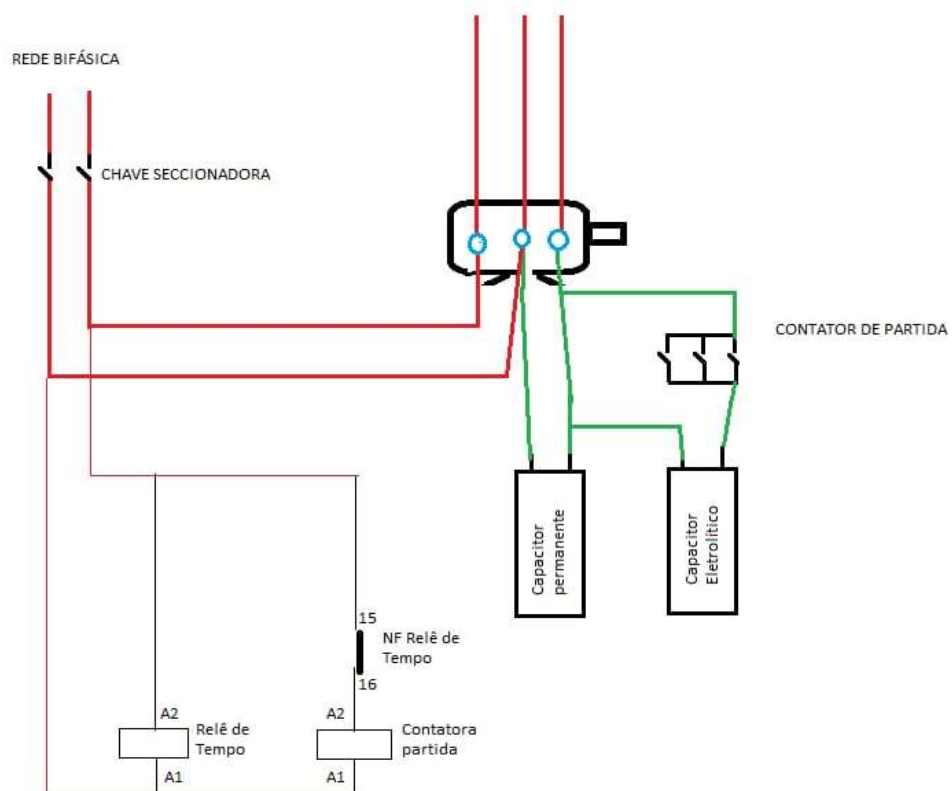
Um gerador trifásico cria eletricidade usando força rotacional que permite maior eficiência do que geradores monofásicos que dependem de motores de corrente alternada. Esse tipo de sistema também reduz a quantidade de perda de energia no processo de transmissão, resultando em menores custos de energia para os usuários.

Fonte: As informações a respeito da história do gerador de fase trifásico foram retiradas do site: <https://museuweg.net/blog/a-historia-do-motor-eletrico/> (Acesso em 27/11/2023).

3.0 DIAGRAMA ELÉTRICO

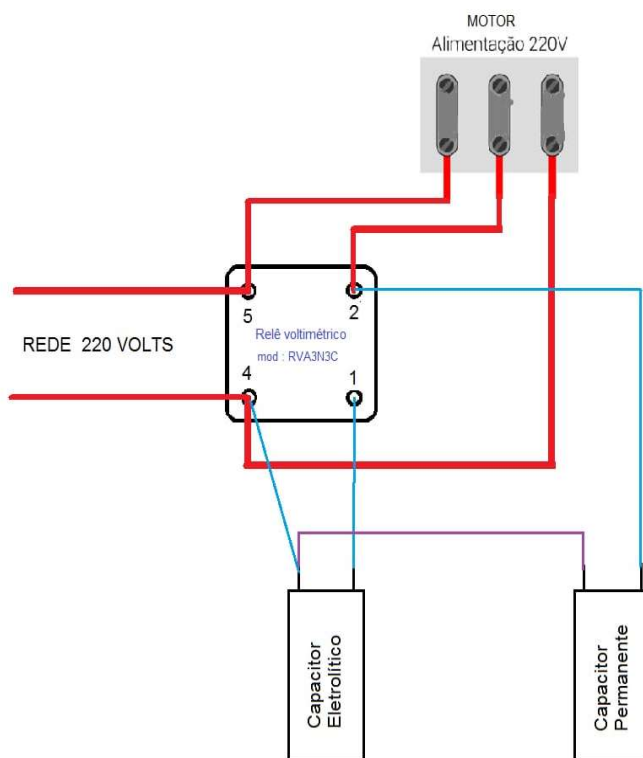
Através do Diagrama abaixo conseguimos fazer a ligação para geradores de diversas potências, usando uma ou mais contadoras para desligar o capacitor eletrolítico.

Figura 01: Através do Diagrama abaixo conseguimos fazer a ligação para geradores de até 5 CV de potência. A função do relé voltimétrico é desligar o capacitor eletrolítico.



Fonte: Autoral.

Figura 02: A imagem abaixo representa um diagrama elétrico de como ligar um motor trifásico de até cinco cavalos (CV) com um relé voltimétrico. O mesmo é ligado em uma tensão de 220 Volts (V) numa rede bifásica.



Fonte: Autoral.

4.0 DESENVOLVIMENTO

4.1 CÁLCULOS DO PROJETO

Para partir um motor trifásico em rede monofásica e usar como gerador de terceira fase, é necessário seguir os seguintes passos:

Certifique-se de que o motor trifásico está em boas condições de funcionamento e que tem potência suficiente para suprir as necessidades da carga que será alimentada.

Escolha um capacitor de partida apropriado para o motor. O capacitor deve ter uma capacidade de pelo menos 10 vezes a corrente nominal do motor.

Conecte o capacitor em série com o motor, conforme o diagrama abaixo: Ligue o motor em uma tomada monofásica. O motor deve começar a girar. Assim que o motor começar a girar, o capacitor irá gerar uma terceira fase.

É importante observar que o motor trifásico funcionará como um gerador de terceira fase apenas enquanto estiver girando. Se o motor parar de girar, a terceira fase desaparecerá.

Para aumentar a eficiência do motor trifásico funcionando como gerador de terceira fase, é possível instalar um regulador de tensão. O regulador de tensão irá manter a tensão da terceira fase constante, mesmo que a carga varie.

Aqui estão algumas dicas para garantir a segurança ao partir um motor trifásico em rede monofásica:

Use equipamentos de proteção individual (EPI), como óculos de proteção, luvas e calçado de segurança. Não ligue o motor se houver pessoas ou objetos próximos. Fique atento ao comportamento do motor durante a partida. Se o

motor não começar a girar ou apresentar algum problema, desligue-o imediatamente.

Aqui estão algumas limitações ao usar um motor trifásico como gerador de terceira fase: A potência da terceira fase será limitada pela potência do motor.

A tensão da terceira fase será menor do que a tensão das duas fases existentes. O motor trifásico funcionará como um gerador de terceira fase apenas enquanto estiver girando.

Para calcular a capacitância do capacitor de partida de um motor trifásico em rede monofásica, podemos usar a seguinte fórmula:

- Potência = 750w
- Tensão = 220v
- Fator de potência = 0,82
- Corrente = 4,15A

$$I = \frac{P}{V \times \cos\Phi} = 4,15 A$$

$$P = V \times I \times \cos\Phi = 220 \times 4,15 \times 0,82 = 750 W$$

$$XL = \frac{V}{I} = \frac{220}{4,15} = 53,01\Omega$$

$$C = \frac{1}{2\pi \times F \times XL} = C = \frac{1}{2\pi \times 60 \times 53,01} = 0,0000500393$$

$$C = 1.000.000 \times 0,0000500393 = 50\mu F$$

Capacitor Permanente, para calcular o capacitor de partida multiplica-se 2 vezes o valor do permanente, como no exemplo abaixo:

$$C = 50 \times 2 = C = 100\mu F$$

O capacitor de partida deve ser conectado em série com uma bobina de arranque do motor. A bobina de arranque é um enrolamento de baixa resistência que é energizado durante a partida do motor. A bobina de arranque cria um campo magnético que ajuda o motor a girar.

Após o motor atingir a velocidade nominal, a bobina de arranque é desenergizada. Isso é feito por meio de um relé de partida. O relé de partida é um dispositivo que desliga a bobina de partida quando a corrente que flui por ela atinge um determinado valor.

O capacitor de partida deve ser desenergizado para evitar o superaquecimento do motor. O superaquecimento do motor pode causar danos ao motor.

Fonte: *Fábrica De Transformadores - Etna Transformadores*. 29 de agosto de 2021, <https://etnatransformadores.com.br/> (Acesso em 27/11/2023).

4.2 COMPRA DE COMPONENTES

O grupo adquiriu a carcaça para montagem do projeto através de uma doação da empresa de um dos colaboradores do grupo, assim como o motor. Os componentes restantes foram divididos e comprados separadamente por todos os integrantes do grupo.

Nos reunimos para discutirmos e executarmos a montagem dos componentes. Também compramos spray para fazermos a pintura tanto do motor quanto da parte externa da carcaça, onde o mesmo ficará.

No mesmo dia realizamos os testes físicos de cada componente e notamos a falta de um medidor, para medir a tensão e a corrente do projeto. Logo em seguida pesquisamos um medidor adequado para o projeto e realizamos a compra.

Figura 3: Voltímetro ilustrativo.



Fonte: <https://produto.mercadolivre.com.br/> (Acesso: 27/11/2023)

O voltmeter utilizado é semelhante a esse, onde tem a função de medir a tensão e a corrente do equipamento.

Enquanto estávamos na montagem do projeto, verificamos que a tensão não estava de acordo com o que projetamos. Testes foram feitos e a tensão estava entre 260 e 280 volts, e notamos que seria necessário a troca do capacitor que estávamos usando, para um capacitor com menor capacitância.

Figura 4: Capacitor permanente de 40 μ F.



Fonte: <https://www.fanlux.com.br/capacitor-permanente-terminal-20uf-lukma-440-v> (Acesso 27/11/2023)

Os capacitores permanentes são usados em motores elétricos monofásicos para melhorar a eficiência e o desempenho. Eles são conectados em paralelo com o enrolamento do motor e fornecem um campo magnético rotativo que ajuda a iniciar o motor e a mantê-lo funcionando em velocidade constante.

Figura 5: Super capacitor de partida.



Fonte: <https://climacontroles.com.br/> (Acesso 27/11/2023)

Os capacitores de partida são usados em motores elétricos monofásicos para auxiliar na partida. Eles são conectados em série com o enrolamento de partida do motor e fornecem um impulso de energia que ajuda o motor a começar a girar.

Super capacitores de partida são usados em aplicações onde é necessário fornecer uma grande quantidade de corrente por um curto período de tempo, como na partida de motores elétricos. Eles são capazes de fornecer uma corrente inicial muito maior do que baterias convencionais, o que pode ajudar a melhorar o desempenho do motor e reduzir o desgaste da bateria.

Em motores de combustão interna, os super capacitores de partida podem ser usados para fornecer energia para o motor de arranque, eliminando a necessidade de uma bateria. Isso pode reduzir o peso e o custo do veículo, além de melhorar a eficiência energética.

Outras aplicações para super capacitores de partida incluem: Partida de motores elétricos de alta potência, como motores de elevadores e empilhadeiras; Partida de motores de veículos elétricos; Alimentação de dispositivos eletrônicos que precisam de uma grande quantidade de energia por um curto período de tempo, como câmeras e drones.

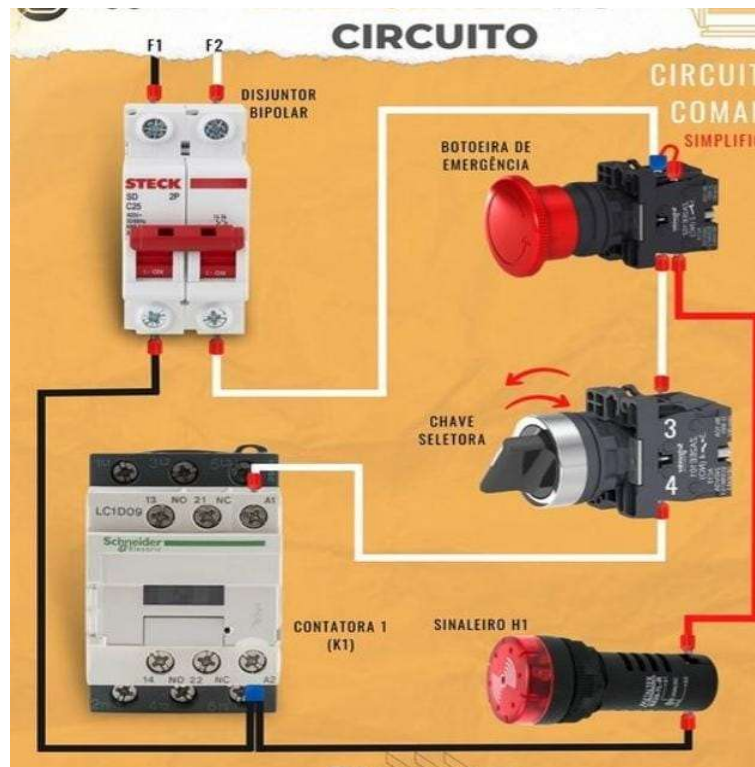
Os super capacitores de partida ainda estão em desenvolvimento, mas eles têm o potencial de revolucionar o mercado de energia. Eles são uma alternativa mais eficiente e durável às baterias convencionais, e podem ser usados em uma ampla gama de aplicações.

Aqui estão alguns benefícios dos super capacitores de partida: Capacidade de fornecer uma grande quantidade de corrente por um curto período de tempo; Vida útil mais longa do que baterias convencionais; Menor peso e custo do que baterias convencionais; Maior eficiência energética. Os principais desafios dos super capacitores de partida são: Menor capacidade de armazenamento de energia do que baterias convencionais; Menor densidade de energia do que baterias convencionais.

Na segunda vez que o grupo se reuniu para fazer um comando de partida direta, o gerador não funcionou adequadamente por conta de que o botão de emergência não funcionou no projeto. O projeto precisa de um botão de contato normal fechado, e o botão veio normal aberto.

O esquema em que o grupo utilizou como base e fracassou utilizava uma chave seletora, como ilustrado na imagem abaixo:

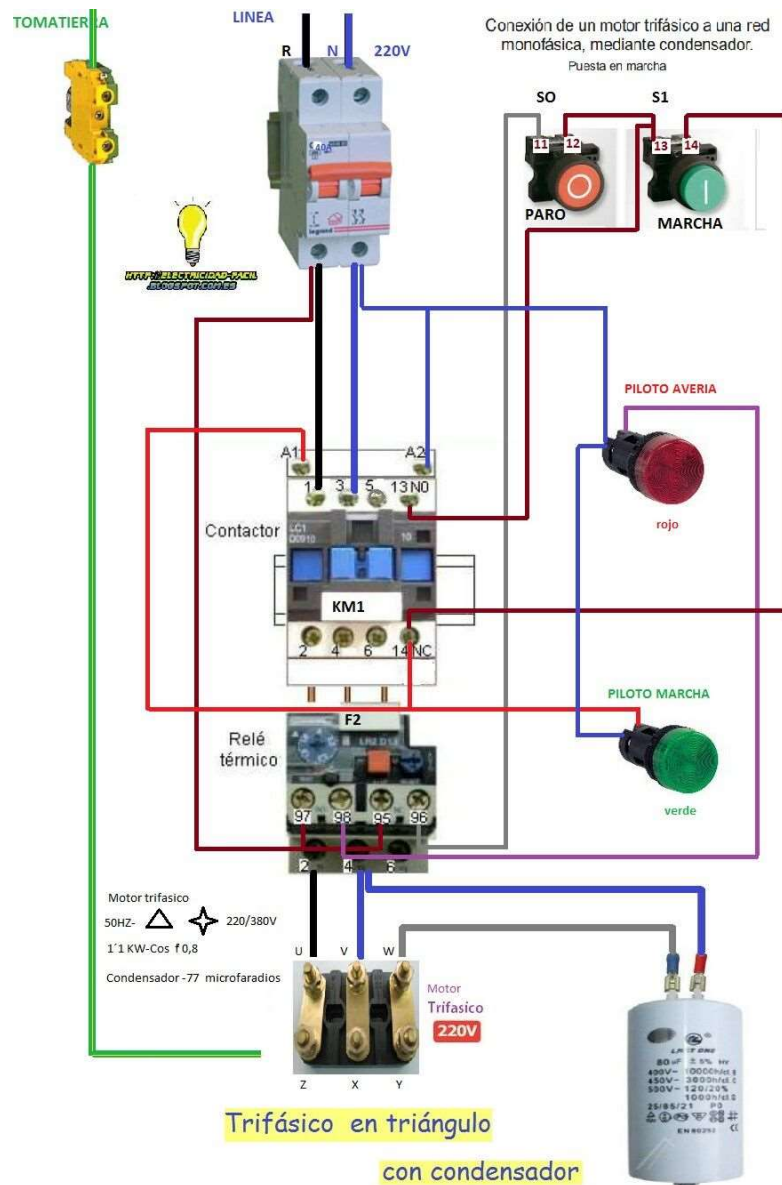
Figura 6: Esquema de comandos elétricos que falhou.



Fonte: Autoral.

Após o grupo analisar que os botões de emergência e a chave seletora não ligaram o comando elétrico, nós passamos a utilizar um botão de pulso, conforme ilustrado na imagem abaixo, em que obtivemos sucesso.

Figura 7: Diagrama elétrico que funcionou, que utiliza um botão de pulso.

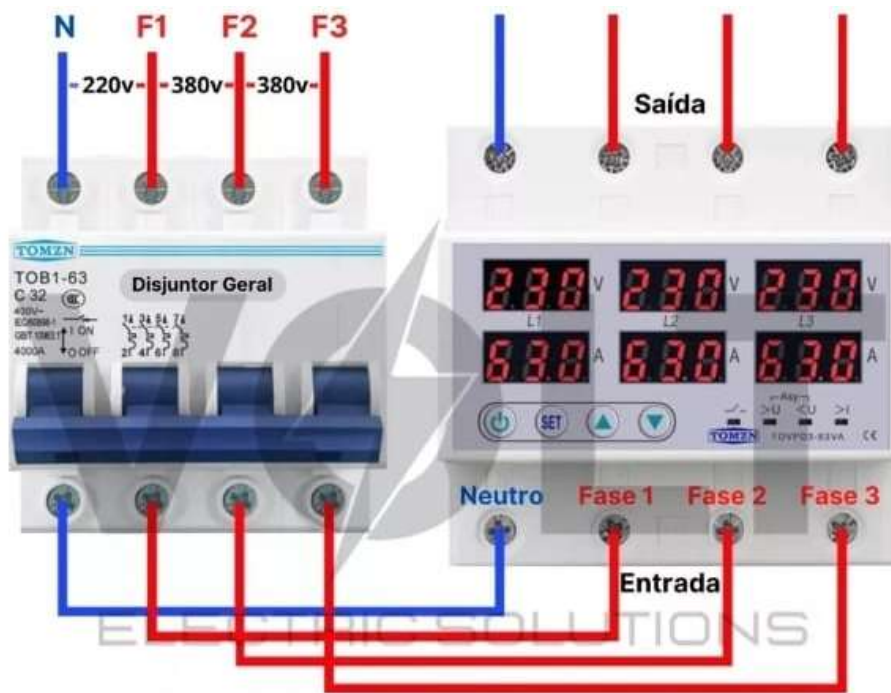


Fonte: Autoral.

Após o diagrama funcionar, nós tivemos que colocar os capacitores permanentes em série para equilibrar a tensão na terceira fase excitada.

Logo em seguida, para finalizar o projeto, o grupo tentou colocar um voltímetro, mas não funcionou, pois o equipamento só mede tensão fase neutro 220v – 380v, e o nosso gerador não tem neutro. A ilustração abaixo representa o voltímetro que estávamos utilizando:

Figura 8: Voltímetro que não funcionou.



Fonte: <http://www.elettricsolutions.it/> (Acesso 27/11/2023)

Após o novo voltímetro chegar, que somente precisa de 3 fases para funcionar, o mesmo funcionou e o trabalho foi um sucesso.

Figura 9: Voltímetro real utilizado no protótipo.



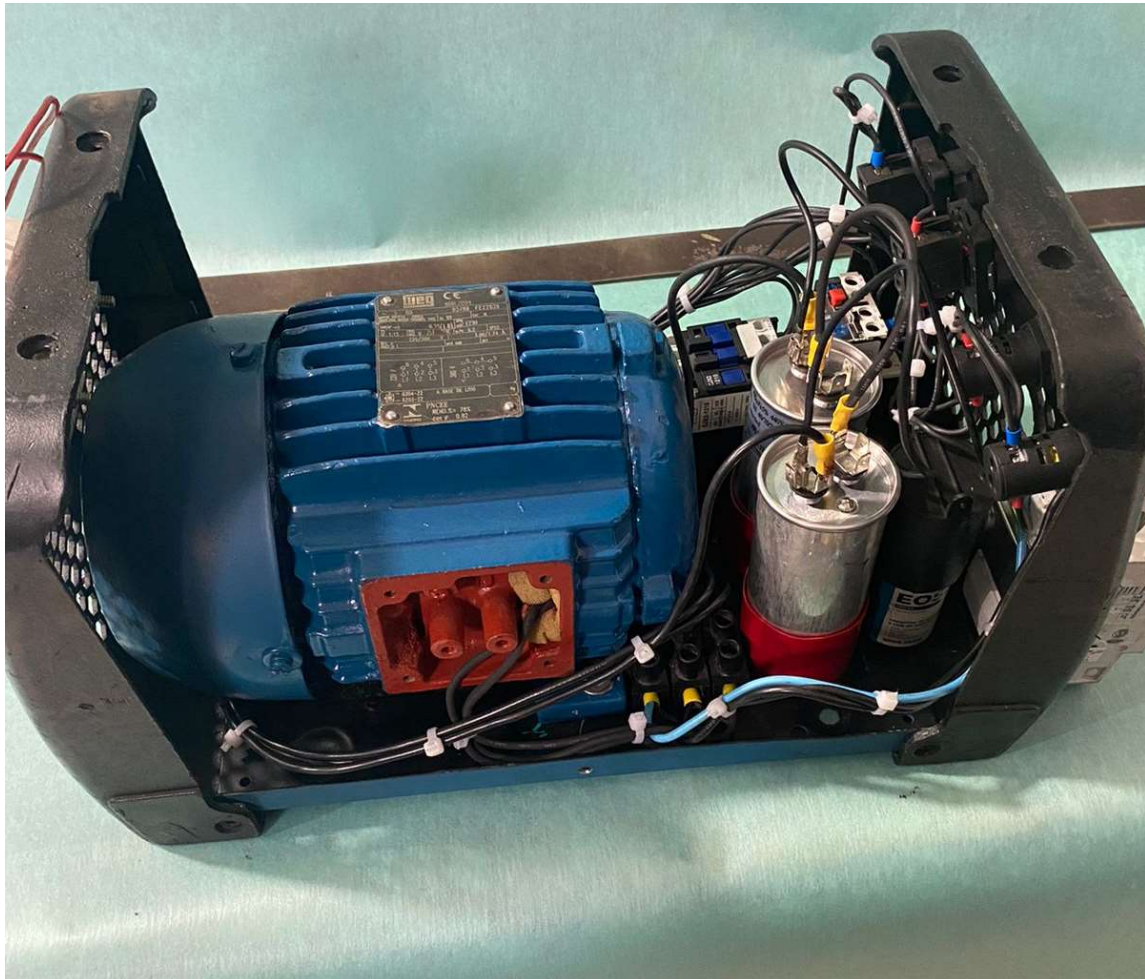
Fonte: <https://produto.mercadolivre.com.br/> (Acesso: 27/11/2023)

Será realizado a medição entre as 3 fases, de uma fase para a outra.

5.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto funcionou de acordo com o que esperávamos e o gerador conseguiu gerar a terceira fase sem mais problemas. Os cálculos saíram de acordo e a terceira fase está gerando em torno de 230 volts.

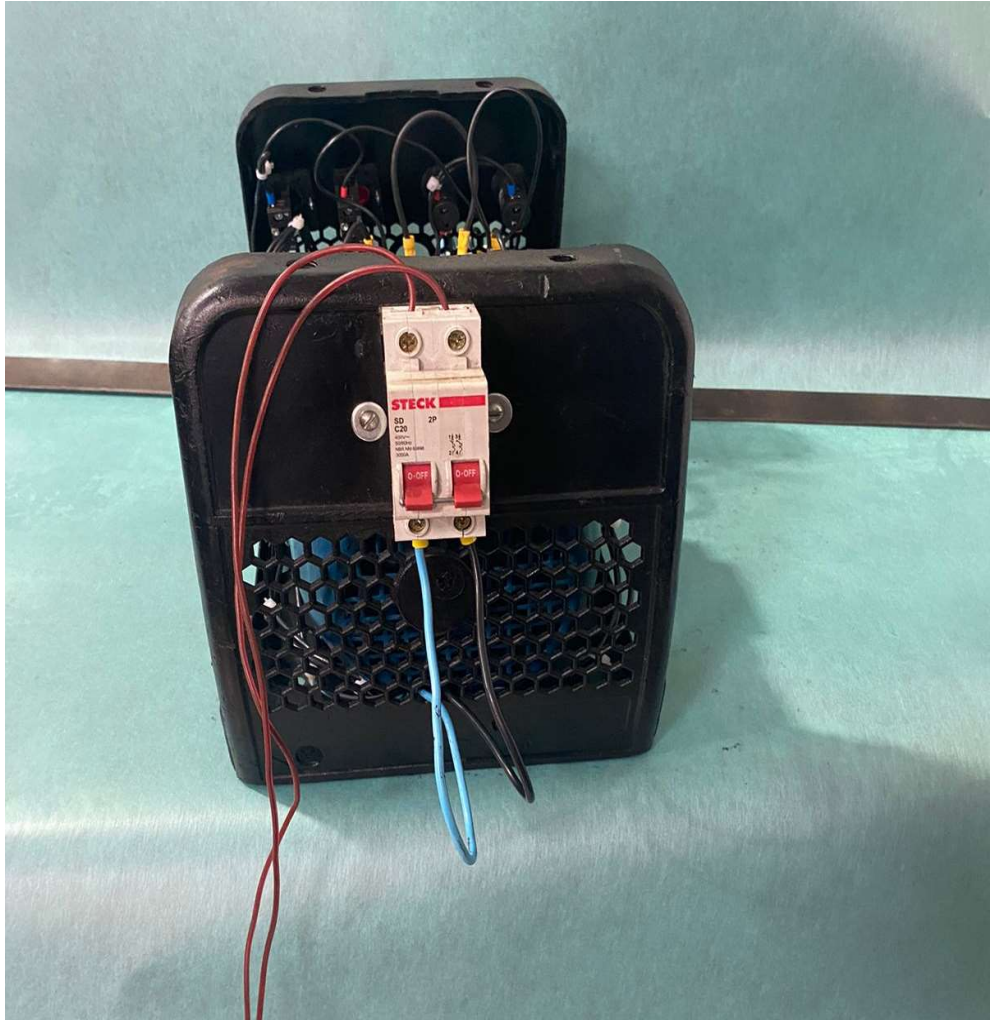
Figura 10: Protótipo finalizado.



Fonte: Autoral.

A imagem acima mostra o protótipo sendo testado em uma oficina onde o grupo se reuniu e obteve sucesso.

Figura 11: Protótipo finalizado.



Fonte: Autorial.

Figura 12: Protótipo funcionando e gerando a terceira fase.



Fonte: Autoral.

A luz verde significa que o projeto está funcionando conforme deveria, em que a terceira fase está sendo gerada no disjuntor mostrado na fotografia.

REFERÊNCIAS

ETNA.2023 **Conversor Estático**. Disponível em: <https://etnatransformadores.com.br/>. Acesso em: 05 de Maio de 2023.

“O que é um gerador trifásico | Glossario”.*Goldenergy*, <https://goldenergy.pt/glossario/gerador-trifasico/>. Acesso em: 10 de Setembro de 2023.

Guilherme. “Supercapacitores: O que são e quais suas aplicações?” *MakerHero*, 23 de fevereiro de 2022, <https://www.makerhero.com/blog/apresentando-supercapacitores/>. Acesso em: 20 de Setembro de 2023.

Capacitor, o que é? Como calcular? – Mundo da Elétrica. <https://www.mundodaeletrica.com.br/capacitor-o-que-e-como-calcular/>. Acesso em: 15 de Setembro de 2023.