

Desenvolvimento de Roteiro de Manutenção Preventiva de um Retificador Trifásico para Carregamento de Baterias

Development of a Preventive Maintenance Roadmap for a Three-Phase Rectifier for Charging Batteries

Leandro Barbosa da Silva¹, Marcus Valério Rocha Garcia²

Resumo: Este trabalho foi elaborado com o embasamento de metodologias rápidas e confiáveis, com o intuito de elaborar um procedimento adequado, rápido e prático de manutenção preventiva em um retificador/carregador de baterias de chumbo ácido, com a finalidade de eliminar falhas e defeitos no equipamento. O objetivo é observar como um circuito retificador trifásico funciona, e o melhor conceito a ser usado no equipamento em questão. Com a elaboração deste roteiro, foi possível, identificar o quanto é necessário, ter um bom conhecimento sobre as ferramentas de engenharia adequadas para a melhoria contínua do processo, pois com metodologias errôneas, pode afetar toda a criação de um projeto.

Palavras-chave: Retificador Trifásico. Corrente Contínua (CC). Bateria.

Abstract: *This paper was developed based on fast and reliable methodologies, in order to elaborate an adequate quick and practical preventive maintenance procedure in a rectifier/charger of lead acid batteries, with the purpose of avoiding equipment failures and defects. The objective is to observe how a three-phase rectifier circuit works and what would be the best concept to be used in this equipment. With the elaboration of this script, it was possible to identify how much it is necessary to have a good knowledge about the appropriate engineering tools, in order to have a continuous improvement of the process because with poor choices of methodology, the entire creation of a project can be affected.*

Keywords: *Three-phase rectifier. Direct Current*

(DC). Battery.

I. INTRODUÇÃO

Com a evolução científica nos últimos anos, aconteceram significativas mudanças, dentre estas mudanças, se destacam no setor de geração de energia, telecomunicações, controle, microeletrônica, em várias áreas da engenharia elétrica.

A eletrônica de potência vem se destacando nos centros de pesquisas industriais, contribuindo para o progresso tecnológico mundial. Dentre estas contribuições, o processamento de energia através dos conversores contínuos CC-CC, inversores de frequência CA-CA, e retificadores CA-CC, pois possuem aplicações, que muitas das vezes passam a ser utilizadas pela população, e não são percebidas.

Com o decorrer das aplicações destes equipamentos, foram necessários adequar métodos de manutenção, um destes podemos citar, a Manutenção Preventiva: Este tipo de manutenção visa obstinadamente evitar a ocorrência de falhas, ou seja, procura prevenir, este modelo representa o menor custo por indisponibilidade, porém se não estiver um bom dimensionamento, um bom cronograma, pode acarretar o maior custo de peças e serviços.

Segundo Kurzweil (2010), Planté construiu, em meados de 1859 a 1879, as primeiras ideias de baterias de chumbo-ácido formadas por eletrodos de chumbo e dióxido de chumbo submersas em solução eletrolítica de ácido sulfúrico. As Baterias de 12V

¹ Bacharel do curso de Engenharia Mecatrônica, Pós-graduado do curso Formação Docente, Centro Universitário ENIAC. e-mail: leandro.barbosa.silva.eng@gmail.com

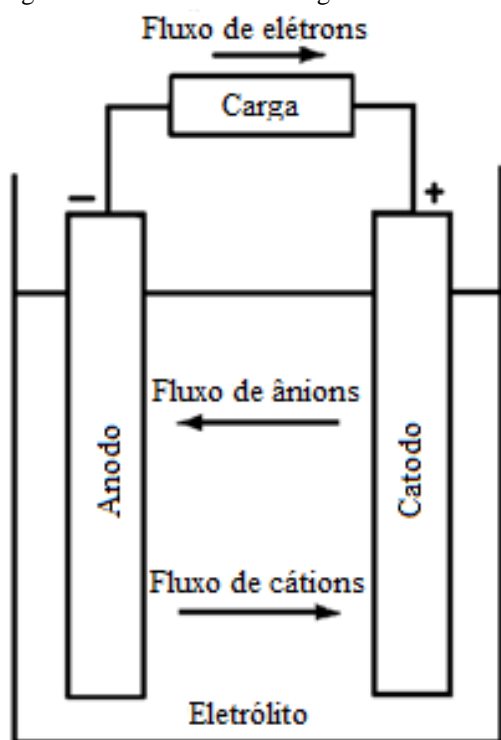
² Professor Mestre nos Cursos de Engenharia e Pesquisador do Núcleo de Pesquisa do ENIAC (NUPE), Centro Universitário ENIAC. e-mail: marcus.valerio@eniac.edu.br

como são conhecidas na atualidade são formadas por uma associação de seis células em série, com a tensão de cada célula de 2V.

As baterias de chumbo-acidos reguladas por válvulas ou ventiladas, são usadas em sistemas UPS, sistemas de ventilação para hospitais, luzes de emergências, com capacidade de cargas entre 0,2 Ah a 3000 Ah.

As baterias de chumbo-ácido, ou acumuladores elétricos, são dispositivos formados pela associação de elementos interligados em série ou paralelos. Um elemento é um conjunto de placas de polaridades diferentes, isoladas entre si e mergulhadas em solução de chumbo-ácido.

Figura 1 – Processo de descarga em uma célula.



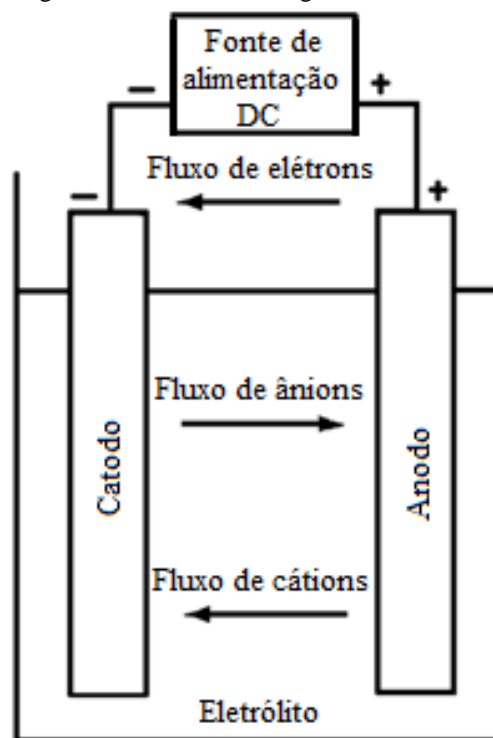
Fonte: LINDEN e REDDY (2002).

O processo de descarga da célula (conversão de energia química em elétrica) ocorre quando uma carga é conectada externamente ao cátodo e ao ânodo, elétrons fluem do ânodo (oxidado) para o cátodo (reduzido) através da carga. Nesse processo ocorre a formação dos íons negativos (ânions) e íons positivos (cátions). A Figura 1 apresenta um circuito elétrico completo incluindo o fluxo de íons entre os

eletrodos através de um meio externo representado pela carga fluindo do ânodo para o cátodo.

A Figura 2 apresenta o circuito completo para o processo de carga de uma célula, onde o carregamento é definido a partir de uma fonte de alimentação externa que injeta cargas na bateria a partir de uma tensão definida.

Figura 2 – Processo de carga em uma célula.



Fonte: LINDEN e REDDY (2002).

II. MATERIAIS E MÉTODOS

As metodologias e fontes tiveram grande importância na elaboração deste projeto, seja ele, instrumentos de pesquisas científicas, artigos científicos e técnicos, relacionados à manutenção preventiva e suas aplicações.

a. Manutenção Preventiva

O investimento crescente em manutenção preventiva reduz os custos decorrentes das falhas, consequentemente o custo total da manutenção. No entanto existe uma medida ideal para se investir em preventiva, portanto, se passar o ponto indicado (ponto ótimo de disponibilidade) os investimentos podem trazer poucos benefícios para a redução de

custos, sendo assim elevando o custo total de manutenção (FERREIRA FILHO, 2007).

Os seguintes fatores devem ser levados em consideração para a adoção de uma política de manutenção preventiva:

I. Aspectos relacionados com a segurança pessoal ou da instalação que tomam necessária a intervenção, normalmente para substituição de componentes.

2. Por oportunidade em equipamentos críticos de difícil liberação operacional.

3. Riscos de agressão ao meio ambiente.

4. Em sistemas complexos e/ou de operação contínua. Ex. petroquímica, siderúrgica, indústria automobilística etc.

A manutenção preventiva será mais conveniente quando houver estas definições:

A. Quanto maior for a simplicidade na reposição;

B. Quanto mais altos forem os custos de falhas;

C. Quanto mais falhas prejudicarem a produção;

D. Quanto maiores forem as implicações das falhas na segurança pessoal e operacional.

E. A manutenção preventiva proporciona uma boa condição de gerenciamento das atividades e nivelamento de recursos, além da boa perspectiva de consumo de materiais e sobressalentes, por outro lado, promove a retirada do equipamento ou sistema de operação para a execução dos serviços programados.

Assim possíveis questionamentos, sistemas ou plantas onde o conjunto de fatores não seja suficientemente forte ou claro em favor dessa política.

De acordo com Kardec e Nascif (2010), outro ponto negativo em relação à manutenção preventiva é a introdução de defeitos não existentes nos equipamentos devido a:

I. Falha humana.

II. Falha de sobressalentes.

III. Contaminações introduzidas no sistema de óleo.

IV. Danos durante partidas e paradas.

V. Falhas no Procedimentos de Manutenção.

b. Circuitos Retificadores

O circuito retificador, é um circuito que faz a ligação da fonte de corrente alternada (AC), para uma carga (CC), conversor de corrente alternada para corrente contínua.

Há vários tipos de retificadores, que requerem uma certa tensão contínua (CC), distinguem-se pela ondulação na saída, eficiência, ao nível médio de tensão, entre outros aspectos de utilização, se diversificando para cada tipo de necessidade.

Os circuitos retificadores se dividem em duas categorias: circuitos de meia e circuitos de onda completa. Os circuitos de meia onda são conhecidos como circuitos de um caminho, já o circuito de onda completa é conhecido como circuito de dois caminhos ou mais, conforme o número de fases, mas, o mais comum é o circuito de onda completa em ponte.

Os retificadores, também podem ser diferenciados pelo número de fases, e ainda, pela sua característica de controle, os circuitos mais comuns são circuitos retificadores monofásicos e circuitos retificadores trifásicos.

Nas características de controle, são classificados em três categorias: sem controle, semicontrolado e totalmente controlado.

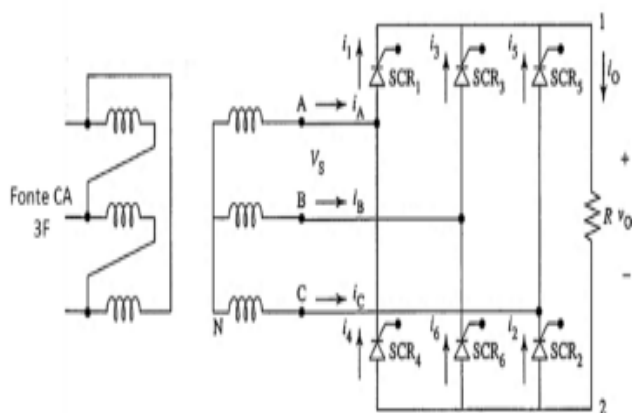
Com a grande quantidade de combinações que podem ser feitas para a construção de retificadores, por esta, circunstância, existe um grande campo de aplicação desses equipamentos. De acordo com Gairola, Chandra, Singh e Al-Haddad (2008), suas aplicações compreendem desde as linhas de transmissão de alta tensão em corrente contínua (HVDC), carregadores de bateria, fontes de alimentação para telecomunicações, e na atualidade, nos conversores utilizados em sistemas de energia renovável.

Com o aumento da utilização da energia elétrica, em corrente contínua, devido à grande demanda de equipamentos e processos industriais, foi sendo

promovido uma grande utilização de retificadores trifásicos, nos mais variados setores industriais, como: maquinários industriais, naval, mineração, aeroespacial, químico petrolífero, entre outros.

Com o crescente desenvolvimento de circuitos retificadores trifásicos com elevado fator de potência, está sendo muito pesquisados nas áreas de eletrônica de potência, buscando a melhoria dos seus desempenhos nas suas características como: rendimento, densidade de potência, fator de potência, regulação da tensão de saída, esforços de tensão e corrente nos semicondutores, entre outros.

Figura 3 – Circuito retificador trifásico totalmente controlado



Fonte: Ahmed, 2000.

Por consequência destas características, surgem inúmeras distorções nas tensões de alimentação, aumentando a perda nas redes de distribuição e interferências eletromagnéticas, prejudicando o funcionamento de outros equipamentos. (URBANETZ JUNIOR; MAIA, 2005)

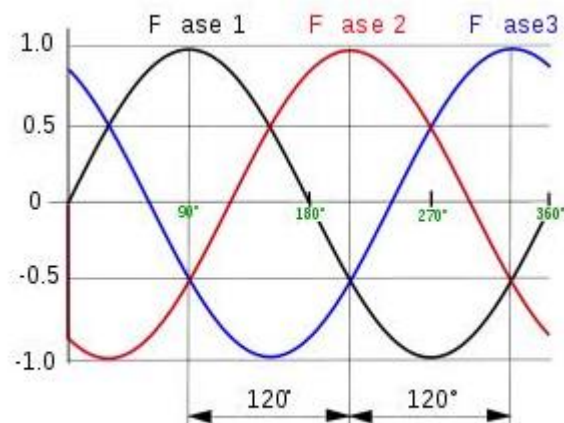
c. Desequilíbrio de tensões e corrente entre as fases

Em um sistema trifásico equilibrado é formado por tensões nas três fases, defasadas entre si 120° elétricos. Sendo assim em um sistema equilibrado, com a sequência de fases direta (ABC), a tensão na fase B estará atrasada de 120° da tensão na fase A e a tensão em C estará atrasada 240° da tensão em A.

Apesar destas condições reais, isto raramente ocorrem, e devido estas circunstâncias, o

desequilíbrio entre as fases no sistema trifásico se faz presente. As tensões ou as correntes são desbalanceadas, com defasagem angular diferente de 120° . Pois neste caso ocasionam problemas como: desbalanceamento nas impedâncias dos enrolamentos de transformadores, banco de capacitores defeituosos.

Figura 4 – Gráfico de defasagem entre fases



Fonte: Braga, 2011.

De fato, que, estes desequilíbrios podem provocar sobreaquecimentos, perdas ativas acentuadas, maiores falhas de isolamento de equipamentos, diminuição da vida útil de máquinas rotativas e transformadores, assim como, sistemas de proteção atuam indevidamente como: abertura de condutores e / ou a abertura de fusíveis em uma fase de um banco de capacitores.

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foi efetuado a verificação, do painel elétrico do circuito retificadores trifásicos do carregador de baterias, e detectado que, ocasionava os desarmes constantes do disjuntor de entrada, a queima dos fusíveis de saída e dos semicondutores, os tiristores (SCR).

Devido a este fato, foi necessário implantar um plano de ação para evitar a troca constante de peças e atrasos no processo de formação das baterias.

Ao ser implantado o procedimento de inspeção de manutenção preventiva, foi efetuado os seguintes procedimentos do check list de inspeção:

1. Reapertos em todos os componentes eletroeletrônicos, placas eletrônicas, circuitos de potência, disjuntor de entrada, circuitos de comando, relés.

2. Efetuado a medição de impedância elétrica (Ohms), e detectado que havia alguns semicondutores (Tiristor) queimado, e efetuado a troca.

Implantada pasta térmica nos tiristores, para melhorar sua aderência e transferência de calor, entre o separador de calor e o componente.

3. Efetuado a medição do fusível de saída e detectado que estava queimado, efetuado a troca.

Após efetuar a troca dos componentes, foi colocado o retificador/carregador, em modo de carga, e efetuado a medição de corrente na entrada do transformador trifásico, foi detectado nas fases (R, S, T), estavam desbalanceadas, ocasionando sobrecargas em todo o circuito do retificador.

Também foi efetuado a verificação de tensão de saída nas baterias e detectado que a tensão de saída era diferente da corrente aplicada pelo circuito retificador.

Com o decorrer dos procedimentos, foi efetuado ajuste na placa principal (PC1), para regular a corrente de entrada, (potenciômetro), mas não obteve sucesso, com este ajuste, a corrente da fase S não obteve ajuste se manteve acima da corrente de nominal do disjuntor de entrada.

Com os testes, foi detectado que a placa (PC1) que faz o controle de corrente no circuito, estava com avarias, com componentes danificados, também efetuado a troca da placa.

Verificado, o banco de capacitores do setor em análise, e detectado que havia, alguns capacitores em curto-circuito, efetuado a troca do componente danificado, e testes neste painel.

Por esta circunstância, também ocorrem, avarias (rúídos), em componentes eletrônicos, placas.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com muitos testes, tensão e correntes e troca de alguns componentes chegou aos devidos resultados abaixo.

Foi efetuado a energização e testes de carga no retificador/carregador, efetuado a medição de corrente na entrada (R, S, T), e detectado que as correntes em si estavam balanceadas.

Figura 5 – Medição efetuada destacando o passo a passo.

Conexão	Resistência	Condição
	ALTA	BOM
	BAIXA	CURTO
	BAIXA	BOM
	ALTA	ABERTO
	BAIXA	BOM
	ALTA	DUVIDOSO
	ALTA	BOM
	BAIXA	CURTO
	ALTA	BOM
	BAIXA	CURTO

Fonte: Corradi Junior, 2005.

V. REFERÊNCIAS

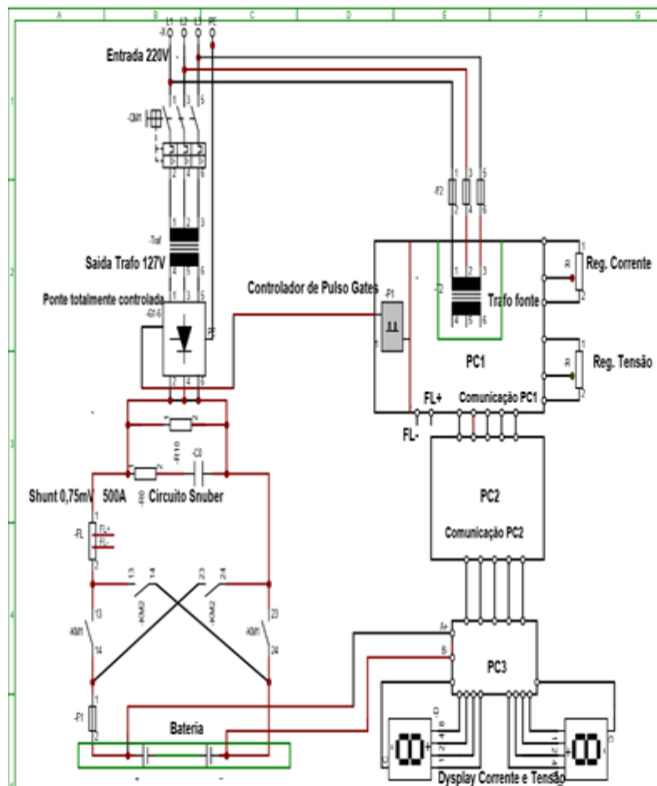
Efetuada a medição de corrente e tensão na carga (bateria) e estavam de acordo, conforme ajuste no retificador/carregador.

Os devidos testes, procedimentos de manutenção preventiva, se manteve e aplicado mensalmente no retificador/carregador.

O seu funcionamento se manteve normalmente funcionando, sem apresentar falhas e defeitos. Através deste trabalho, obtive um bom conhecimento sobre procedimentos de manutenção, e como é importante manter o sistema de distribuição de energia em perfeito balanceamento para evitar possíveis danos.

Com a implantação dos procedimentos de manutenção preventiva neste equipamento, foram alcançados bons resultados, diminuição de quebras de componentes e paradas repentinas nos equipamentos, pois estavam se tornando corriqueiros no dia a dia da empresa.

Figura 6 – Circuito eletrônico baseado na análise dos testes elétricos.



Fonte: Autor, 2021.

AHMED, A. **Eletrônica de potência**. Pearson Prentice Hall, 2000.

BRAGA, N. C. **Corrente Alternada**. Curso Eletrônica 7ª.ed., Instituto Newton Braga, 2011.

CORRADI JUNIOR, R. **Eletrônica Industrial**. Campinas, 2005.

FERREIRA FILHO, A. L. **Análise do Comportamento do Fator de Desequilíbrio Frente a Variação da Amplitude e do Ângulo de Tensão**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica), Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

SINGH, B.; GAIROLA, S.; CHANDRA, A.; SINGH, B. N.; AL-HADDAD, K. Multipulse AC-DC Converters for Improving Power Quality: A Review. *IEEE Transactions on power electronics*, 2008.

KARDEC, A.; NASCIF, J. A. **Manutenção – função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010.

KURZWEIL, P. Gaston Planté and his invention of the lead–acid battery—The genesis of the first practical rechargeable battery. *Journal of Power Sources*, v. 195, n. 14, p. 4424-4434, 2010. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2009.12.126.

LINDEN, D.; REDDY, T. B. **Handbook of Batteries**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2002.

URBANETZ JUNIOR, J.; MAIA, J. S. **Curso Sistemas de CC e CA**. Departamento de Eletrotécnica, CEFET. Paraná: PETROBRAS, 2005.