

**CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ
Tecnologia em Eletrônica Automotiva**

**LENILSON SANTANA DE LIMA
FILIPE ASSIS LIMA**

**REGULAÇÃO E CONTROLE DA TENSÃO E
FREQUÊNCIA EM SISTEMAS DE GRUPO
MOTOR GERADOR**

Santo André – São Paulo
2014

**CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
FATEC SANTO ANDRÉ
Tecnologia em Eletrônica Automotiva**

**LENILSON SANTANA DE LIMA
FILIPE ASSIS LIMA**

**REGULAÇÃO E CONTROLE DA TENSÃO E
FREQUÊNCIA EM SISTEMAS DE GRUPO
MOTOR GERADOR**

Monografia apresentada ao Curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva da FATEC Santo André, como requisito parcial para conclusão do curso em Tecnologia em Eletrônica Automotiva.

Orientador: Prof. Fernando Garup Dalbo

Lima, Lenilson Santana de
Regulação e controle da tensão e frequência em sistemas de grupo
motor gerador / Lenilson Santana de Lima, Filipe de Assis Lima. -
Santo André, 2014. – 49 f.: il.

Trabalho de conclusão de curso – FATEC Santo André.
Curso Tecnologia em Eletrônica Automotiva, 2014.
Orientador: Fernando Garup Dalbo

1. Controle de rotação motor 2. Unidade de Supervisão de Corrente
Alternada (USCA) 3. Gerador 4. Alternador 5. PICK-UP Magnético
I. Lima, Filipe de Assis II. Título

LISTA DE PRESENÇA

SANTO ANDRÉ, 11 DE JUNHO DE 2014.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA "REGULAÇÃO E CONTROLE DA TENSÃO E FREQUÊNCIA EM SISTEMAS DE GRUPO MOTOR GERADOR", DOS ALUNOS DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.

BANCAPRESIDENTE:
PROF. FERNANDO GARUP DALBO _____MEMBROS:
PROF. LUIS ROBERTO KANASHIRO _____

PROF. EGMAR ACCETTO _____

ALUNO:

LENILSON SANT'ANA LIMA _____

FILIPE ASSIS LIMA _____

Dedicamos este trabalho as nossas famílias
e aos nossos amigos que sempre estiveram
próximos durante esta jornada.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer, primeiramente a Deus por mais esta conquista. Agradecer ao nosso amigo, Professor Fernando Garup Dalbo, que nos orientou e incentivou. Agradecer a todos os professores pela transmissão de seus conhecimentos e experiências. Agradecer aos colaboradores e funcionários da Fatec Santo André que sempre estiveram prontos a nos ajudar. Agradecer a todos aqueles que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho. E, por fim, agradecer aos nossos familiares que nos apoiaram desde o início desta jornada.

“Não sei como posso parecer aos olhos do mundo, mas, quanto a mim, vejo-me apenas como um menino brincando na praia e me divertindo em encontrar de quando em quando um seixo mais liso ou uma concha mais bonita, enquanto o grande oceano da verdade jaz incógnito à minha frente.”

Isaac Newton

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo apresentar o controle da rotação (frequência) do motor, que utiliza o sensor de relutância magnética variável como o responsável por gerar a informação da rotação do motor, e esta informação, submetida a um governador, irá corrigir a rotação do gerador. Apresentar também o controle da tensão gerada, que mantém a tensão estável, mesmo com a variação da carga aplicada ao gerador. Pretende apresentar o princípio de funcionamento do alternador, a Chave de Transferência Automática, que comuta as fontes de corrente alternada (Gerador e Energia da Concessionária Local), e o Controlador (USCA), que opera esta transferência.

Palavras chaves: Magnetismo, Gerador, Alternador, Sensor de Relutância Magnética, Pick-up magnético, Governador, Controlador e Unidade de Supervisão de Corrente Alternada (USCA).

ABSTRACT

This work aims to present the engine speed control (frequency), which uses variable reluctance sensor as responsible for generating the information of engine speed, and this information, subject to a governor, will correct the generator rotation. It also aims to present the voltage control generated that maintains stable voltage even with variation of the load applied to the generator. It intends to present the operating principle of the alternator, the automatic transfer switch, which switches the source of AC power (generator and Energy Local dealership) and the Controller (USCA), which operates this transfer.

Key words: Magnetism, Generator, Alternator, Reluctance Magnetic Sensor, Magnetic Pickup, Governor, Comptroller and Supervision Unit Alternating Current (USCA).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Grupo Motor Gerador (GMG) (Foto do acervo técnico do Prof. Dalbo).	16
Figura 2. Regulação submetida a um controle para correção. (extraído de www.joseclaudio.eng.br)	17
Figura 3. Regulação submetida ao controle do Governador para correção da quantidade de combustível injetado no motor. (extraído de site www.joseclaudio.eng.br).....	17
Figura 4. Governador Eletrônico CUMMINS modelo EFC. (extraído de http://www.made-in-china.com).....	18
Figura 5. Sensor de Relutância Magnética Bosch (extraído de www.bosch.com.br).	19
Figura 6. Sensor de relutância magnética para controle de rotação. Adaptado de (Monografia Motor Diesel para Geradores Elétricos, Lima, M.R. de Souza e Silva, R. Aragão, 2012).	19
Figura 7. Ilustração da lei de Faraday. Extraído de (Boylestad, 2004).....	20
Figura 8. Sensor de Relutância Magnética para controle de Rotação. (extraído de Monografia Motor Diesel para Geradores Elétricos – Lima, Márcio Roberto de Souza e Silva, Rodrigo Aragão).....	21
Figura 9. Sinal gerado pelo Pick-up Magnético (extraído e adaptado de www.woodward.com)	21
Figura 10. A amplitude da tensão e a frequência variam com a velocidade. (extraído e adaptado de www.lpm.fee.unicamp.br)	22
Figura 11. Atuador instalado na bomba de combustível. (Extraído de http://www.weiku.com).	23
Figura 12. Atuador e Pick-Up Magnético ligado a Unidade de Controle da Velocidade. (Extraído Manual de Regulador de Velocidade Elétrico Cummins “EFC”)	23
Figura 13. Governador Eletrônico WOODWARD modelo EPG-12 ou 24 Volts (extraído www.woodward.com)	24
Figura 14. Unidade Eletrônica de Controle. (Extraído de Manual de Regulador de Velocidade Elétrico Cummins “EFC”).....	24
Figura 15. Governador eletrônico digital woodward 2301D Load Sharing and Speed Control. Extraído de (www.joseclaudio.eng.br) na data de 28/11/2013	25
Figura 16. Alternador WEG Linha Gi-Plus (Extraído de www.weg.net).....	26
Figura 17. Gerando uma tensão induzida a partir do movimento de um condutor em um campo magnético. Extraído de (Boylestad, 2004).....	26
Figura 18. Gerador Elementar. Adaptado de notas de aula do (Prof. Kitani, 2011).	27
Figura 19. Curva de tensão durante uma volta de um enrolamento que gira no campo magnético. A posição do rotor corresponde a posição três. Extraído de notas de aula do (Prof. Kitani, 2011).....	27
Figura 20. Rotor com Três Enrolamentos (extraído de notas de aulas do Prof. Edson Kitani).	28
Figura 21. Gerador Trifásico Gera Três Tensões CA a cada Volta Completa. Notas de aula do (Prof. Kitani, 2011).....	28
Figura 22. Ímã artificial, formado por bobina alimentada por fonte externa. Extraído de (www.joseclaudio.eng.br) na data de 29/11/2013	29
Figura 23. Eletroímã. Adaptado de notas de aula do (Prof. Kitani, 2011).....	29
Figura 24. Estrutura Mecânica e Elétrica de um alternador. Adaptado de notas de aula do (Prof. Kitani, 2011).	30
Figura 25. (AVR) Regulador Automático de Tensão WEG GRT7-TH (Extraído de www.weg.net)	31
Figura 26. Sistema de Excitação Estática. Adaptado de (www.joseclaudio.eng.br) na data de 29/11/2013	31
Figura 27. Sistema de Excitação Dinâmica. Extraído de (www.joseclaudio.eng.br) na data de 20/11/2013).....	32
Figura 28. Estator e tampa com bobinas de campo da excitatriz – Alternador Negrini. Extraído de (www.joseclaudio.eng.br) na data de 01/12/2013	33
Figura 29. Rotor com ventilador, induzido da excitatriz e retificadora na extremidade do eixo. Extraído de (www.joseclaudio.eng.br) na data de 01/12/2013	33
Figura 30. Sistema de excitação por ímã permanente (PMG). Extraído de (www.joseclaudio.eng.br)	34
Figura 31. Controladores RGAM-LOVATO, Woodward e STEMAC (extraído do site do Fabricante)	35

Figura 32. Controlador easygen-1000 comandando o contator da rede (MCB) e o contator do gerador (GCB). (adaptado de www.woodward.com)	35
Figura 33. Vista frontal e traseira do controlador Woodward easygen-1000 (Foto produzida pelo autor)	37
Figura 34. No detalhe, (QTA) Quadro de Transferência Automática (Foto do acervo técnico do Prof. Dalbo)...	38
Figura 35. Par de contadores montado lado a lado. Extraído de (www.joseclaudio.eng.br) na data de 06/12/2013	38
Figura 36. Chave de Transferência com Contadores. Extraído de (www.joseclaudio.eng.br) na data de 06/12/2013.....	39
Figura 37. Chave de Transferência Automática (Extraído de www.joseclaudio.eng.br) na data de 06/12/2013 ..	40
Figura 38. Quadro Contendo (Contadores) Chaves de Transferência Automática (Foto do acervo técnico do Prof. Dalbo).....	40
Figura 39. No detalhe o mecanismo de intertravamento mecânico dos contadores (chaves) (Foto do acervo técni- co do Prof. Dalbo).	41
Figura 40. Quadros dos controladores (USCA) (Foto do acervo técnico do Prof. Dalbo).	41
Figura 41. Vista interna do Quadro do controlador (USCA) (Foto do acervo técnico do Prof. Dalbo)..	42
Figura 42. Detalhe interno do Quadro do controlador (USCA) (Foto do acervo técnico do Prof. Dalbo)..	42
Figura 43. Vista Interna do Quadro do Controlador, Destaque (AVR) (Foto Acervo Técnico do Prof. Dalbo)..	43
Figura 44. Esquema de ligação parcial do controlador easygen-1000. Adaptado de (www.woodward.com).	43
Figura 45. Pontos de entrada do controlador easygen-1000 para a leitura da frequência do gerador (adaptado de www.woodward.com).	44
Figura 46. Circuito Integrado LM 1815 (Notas de Aula Prof. Kitani-2011)	44
Figura 47. As Entradas do Controlador (USCA) para o Sinal Proveniente do Pick-Up Magnético (Foto produzida pelo autor)	45
Figura 48. Pontos de entrada do controlador easygen-1000 para a leitura da tensão do gerador, conforme tensão e fase descrita na Tabela 4. Extraído de (www.woodward.com)	46
Figura 49. As Entradas do Controlador (USCA) para as Tensões Provenientes do Gerador (Foto produzida pelo autor)	46

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1 – Os números são utilizados para identificar as funções dos dispositivos num diagrama esquemático, segundo n° ANSI.....	39
Quadro 2 – Atribuição do borne de entrada do controlador easygen-1000 para leitura da tensão do gerador, conforme a fase e a tensão gerada.	46

LISTA DE ABREVIACÕES E SIGLAS

USCA – Unidade de Supervisão de Corrente Alternada

MCB – Main Circuit Breaker. (Contator do circuito da rede Comercial)

GCB – Generator Circuit Breaker. (Contator do circuito do Gerador)

PMG – Permanent Magnet Generator. (Gerador de Imã Permanente)

AVR – Automatic Voltage Regulator. (Regulador Automático de Tensão)

ANSI - American National Standards Institute.

CA ou AC – Corrente Alternada

VCA – Tensão de Corrente Alternada

SUMÁRIO

1 Introdução.....	15
1.1 Objetivo e Motivação	15
1.2 Conteúdo e Metodologia	16
2 Grupo Motor Gerador	16
2.1 Princípio de Funcionamento do Controle da Frequência do Gerador.....	17
2.1.1 Característica de Regulação.....	17
2.2 Pick-Up Magnético (Sensor de Rotação)	18
2.2.1 Princípio de Funcionamento do Sensor de Rotação	19
2.2.2 Sinal Gerado pelo Sensor de Rotação (Relutância Magnética)	21
2.3 Atuador.....	22
2.4 Unidade Eletrônica de Controle.....	24
3 Alternador.....	25
3.1 Princípio de Funcionamento do Gerador Elementar.....	26
3.2 Controle da Tensão do Alternador	28
3.3 Estrutura Mecânica e Elétrica de um Alternador	29
3.4 Excitação do Alternador	30
3.4.1 Excitação Estática.....	31
3.4.2 Excitação Dinâmica (Brushless).....	32
3.4.3 Excitação por Ímã Permanente	33
4 USCA-Unidade de Supervisão de Corrente Alternada	35
4.1 Supervisão do Gerador e da Rede Comercial	35
4.1.1 Supervisão do Grupo Motor Gerador	36
4.2 Operação do Controlador (USCA)	36
5 Quando de Transferência Automática(QTA)	38
5.1 Contatores.....	40
5.2 Mecanismo de Intertravamento Mecânico.....	41
6 Quadros dos Controladores (USCA)	41
6.1 As Entradas do Controlador (USCA) para o Sinal Proveniente do Pick-Up Magnético	44
6.1.1 Monitorando o Desvio da Frequência do Gerador.....	45
6.2 As Entradas do Controlador (USCA) para as Tensões Proveniente do Gerador	45
6.2.1 Monitorando o Desvio da Tensão do Gerador.....	47
7 Conclusões.....	47
8 Propostas para Futuros Trabalhos Relacionados ao Tema	47
9 Referência Bibliográfica	48

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de telecomunicações no Brasil são compostos por malhas de centrais telefônicas e de estações de rádio, formando redes que interligam todos os pontos do país.

A eficiência desse sistema requer fontes confiáveis de energia que forneçam energia elétrica de forma ininterrupta aos diversos equipamentos de telecomunicações.

Nas telecomunicações, entre outros ramos de atividades, tais como hospitais, aeroportos, *shopping*, centro de processamento de dados e etc., a interrupção do fornecimento de energia elétrica representa um alto risco de prejuízo, não apenas financeiros, mas principalmente, para os usuários dos seus serviços, cujas consequências são incalculáveis.

Dentro dos sistemas de energia, atualmente em uso nas instalações de telecomunicações, o controlador ou USCA (Unidade de Supervisão de Corrente Alternada) como também é conhecido pelos usuários de grupo gerador, supervisiona tanto as fontes de CA (Corrente Alternada), formadas por grupos geradores, como também a energia fornecida pelas concessionárias de energia elétrica.

Os eventos básicos supervisionados pela USCA, em relação aos consumidores, são a tensão, a corrente e a frequência elétrica. Além dessas variáveis, outros, de importância para a supervisão e controle das próprias fontes de corrente elétrica alternada, são monitorados pela USCA, de modo a permitir a troca automática das fontes e garantir o fornecimento de energia aos consumidores [1] dentro dos limites especificados, que serão analisados. Sendo assim, este trabalho analisará o sistema de controle da tensão e da frequência do Grupo Motor Gerador.

1.1. Objetivos e Motivação

A motivação para este trabalho veio da possibilidade de conhecer o conceito de um sistema de controle para Grupo Motor Gerador (USCA), o sistema de estabilização da tensão de saída para o consumidor e também o sistema de controle da rotação do motor que garante a estabilização da frequência em valores aceitáveis.

1.2. Conteúdo e Metodologia

Este trabalho foi dividido em nove capítulos, sendo que o 1º capítulo faz uma breve introdução ao tema, com objetivos e motivação. O 2º capítulo apresenta o Grupo Motor gerador, o princípio de funcionamento do controle da frequência e os elementos da regulação da velocidade. O 3º capítulo apresenta o princípio de funcionamento do Alternador e da regulação da tensão de saída. O 4º capítulo apresenta a USCA, Unidade de Supervisão de Corrente Alternada, que supervisiona o funcionamento das fontes de CA (Gerador e Rede Comercial). O 5º capítulo apresenta o QTA, Quadro de Transferência Automática, que comuta as fontes de CA (Gerador e Rede Comercial). O 6º capítulo mostra os quadros onde estão instaladas as USCA's e as tensões e frequências monitoradas. O 7º capítulo apresenta as conclusões do trabalho. O 8º capítulo apresenta propostas para futuros trabalhos relacionados ao tema. O 9º capítulo apresenta as referências bibliográficas do estudo.

2. GRUPO MOTOR GERADOR (GMG)

O Grupo Motor Gerador (GMG) é um equipamento que possui um motor (Diesel, Gasolina ou Gás), acoplado a um gerador, acionado de forma manual ou automático, podendo ser usado de forma singela ou em paralelo com outros grupos geradores, formando usinas de energia. [16]

A Figura 1 ilustra uma instalação de Grupo Motor Gerador.



Fig. 1 – Grupo Motor Gerador (GMG) (Foto do Acervo Técnico do Prof. Fernando Garup Dalbo).

2.1. Princípio de Funcionamento do Controle da Frequência do Gerador.

2.1.1. Característica de Regulação

O problema de manter constante a velocidade do motor é o mesmo de qualquer sistema submetido a um controle para correção.

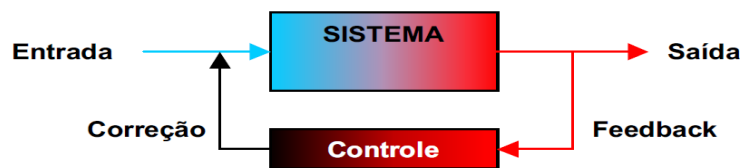


Fig. 2 – Regulação Submetida a um Controle para Correção. (Extraído de www.joseclaudio.eng.br)

No grupo gerador, temos:

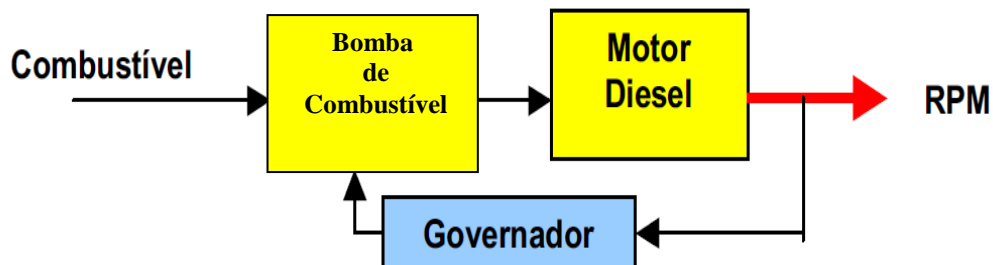


Fig. 3 – Regulação Submetida ao Controle do Governador para Correção da Quantidade de Combustível Injetado no motor. (Adaptado de www.joseclaudio.eng.br)

A rotação de trabalho do motor Diesel depende da quantidade de combustível injetada e da carga aplicada à árvore de manivelas (potência fornecida à máquina acionada). A quantidade de combustível injetado é dosada pela bomba injetora, controlado pelo mecanismo de aceleração. O mecanismo de aceleração, por si só, não é capaz de controlar a rotação do motor quando ela tende a cair ou subir com a elevação ou diminuição da carga. É necessário então outro dispositivo que assegure o controle da dosagem de combustível em função das solicitações da carga. Conhecidos como reguladores ou governadores de rotações, são utilizados em motores Diesel e, dependendo da aplicação, têm características bem definidas. No

caso específico dos motores para grupo geradores, a regulação da velocidade é um item particularmente crítico, uma vez que a frequência da tensão gerada no alternador necessita ser mantida em valores determinados, ou seja, o motor Diesel deve operar em rotação constante, independente das solicitações da carga. Isto significa que a cada aparelho elétrico que se liga ou desliga, o governador deve corrigir a quantidade injetada de combustível, sem permitir variações da RPM, o que é quase impossível, dado o tempo necessário para que as correções se efetivem. Para solucionar o problema, existem governadores eletrônicos de velocidades que oferecem a melhor precisão que se pode conseguir e são constituídos por três elementos básicos: [6].

- 1) Sensor de Relutância Magnética (pick-up magnético), que exerce a função de sensor de RPM;
- 2) Regulador eletrônico, propriamente dito (ou unidade de controle) e;
- 3) Atuador (instalado na bomba de combustível).

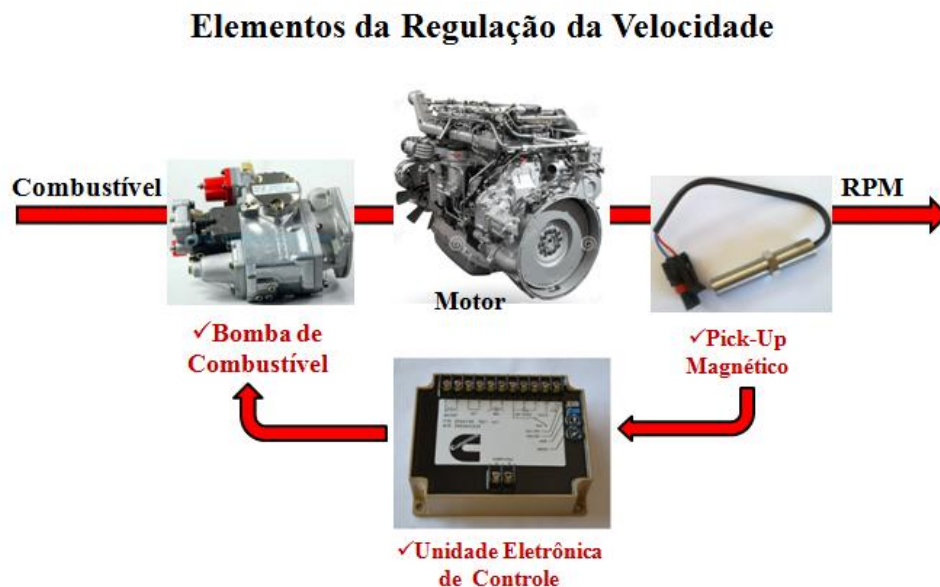


Fig. 4 – Governador Eletrônico CUMMINS modelo EFC. (Adaptado de <http://www.made-in-china.com>).

2.2. Pick-Up Magnético (Sensor de Rotação)

Sensor de Rotação, também conhecido como Pick-Up magnético ou Sensor de Relutância Magnética, não necessitam de alimentação elétrica e seu sinal é gerado por indução eletromagnética devido à interação entre sensor e a roda dentada (fônica).



Fig. 5 – Sensor de Relutância Magnética Bosch (Extraído de www.bosch.com.br)

2.2.1. Princípio de Funcionamento do Sensor de Rotação

Para entendermos o funcionamento do sensor de relutância, vamos recorrer a fig. 6, onde observamos que o sensor é basicamente composto de um ímã permanente, um núcleo de ferro mole e em torno deste uma bobina.

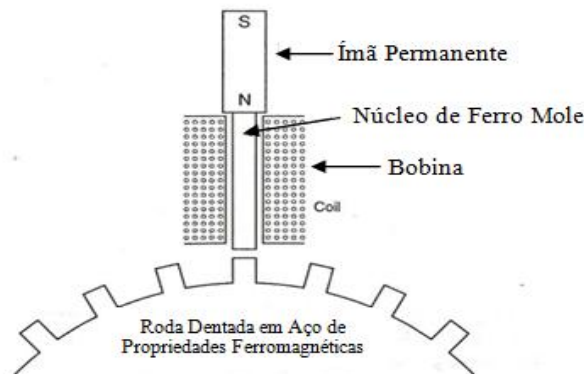


Fig. 6 – Sensor de Relutância Magnética (Extraído e Adaptado de cursos.unisanta.br)

Os ímãs permanentes são feitos de materiais, como o aço e o ferro, e permanecem magnetizados por longos períodos de tempo sem a necessidade de uma fonte externa. [2].

O campo magnético existente no ímã permanente relaciona tanto o indutor (enrolamento), como os dentes da roda dentada, feito em aço carbono de propriedades magnéticas.

Quando um material magnético, como o núcleo de ferro doce é colocado nas proximidades do ímã, as linhas de campo passarão pelo núcleo de ferro, em vez do ar, porque as linhas de campo passam com maior facilidade através de materiais ferromagnéticos do que através do ar. [2]

Quando o dente da roda dentada estiver diante do sensor, o fluxo magnético é máximo, graças à propriedade do aço da roda dentada. Por outro lado, quando em frente ao sensor se apresenta uma cavidade, o fluxo magnético é mínimo. [14].

Esta variação de fluxo devido à passagem dos dentes e os “gap” (vazios) são suficientes para gerar uma força eletromotriz ou tensão elétrica no enrolamento do sensor. [14].

Se uma bobina de N espiras é colocada em uma região onde o fluxo é variável, como na fig. 7, a tensão induzida na bobina pode ser calculada com o auxílio da **Lei de Faraday**:

$$e = N \frac{d\phi}{dt} \quad (\text{volts, V})$$

Onde:

e = Tensão induzida

N = número de espiras da bobina

$d\phi/dt$ = taxa de variação instantânea do fluxo (em Webers)

Se o fluxo pela bobina não variar, isto é, se a bobina estiver imóvel em um campo magnético de intensidade constante, a tensão induzida é igual à zero.

Ou seja: $d\phi/dt = 0$, a tensão induzida $e = N (d\phi/dt) = N (0) = 0$.

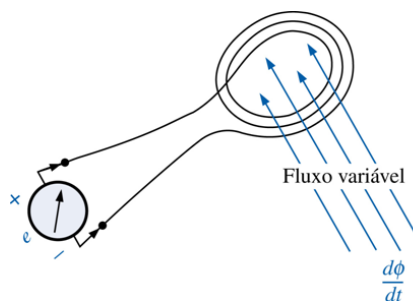


Fig. 7 – Ilustração da lei de Faraday (Boylestad-2004)



Fig. 8 – Sensor de Relutância Magnética para Controle de Rotação. (Extraído e Adaptado de Monografia Motor Diesel para Geradores Elétricos – Lima, Márcio Roberto de Souza e Silva, Rodrigo Aragão).

2.2.2. Sinal Gerado pelo Sensor de Rotação (Relutância Magnética)

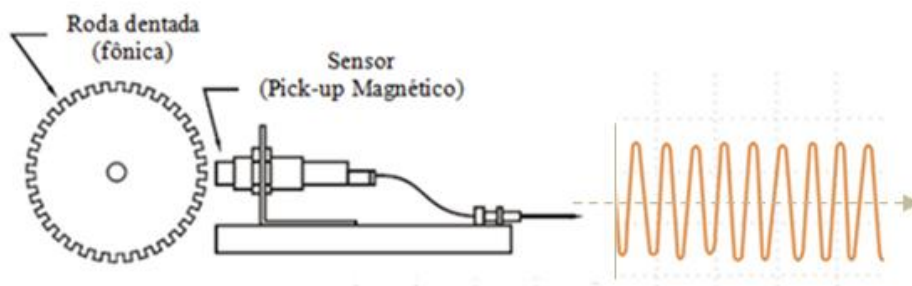


Fig. 9 – Sinal Gerado pelo Pick-Up Magnético (Extraído e Adaptado de www.woodward.com)

A variação do fluxo magnético gerado pela passagem dos dentes e “gap” (vazios) da roda dentada (fônica) gera um sinal de tensão alternada pelo sensor indutivo.

A tensão de pico (ponto máximo) produzida por esse sensor varia de poucos volts a um baixo número de rotações a pouco mais de uma dezena de volts quando a rotação aumenta como na fig.10. [14].

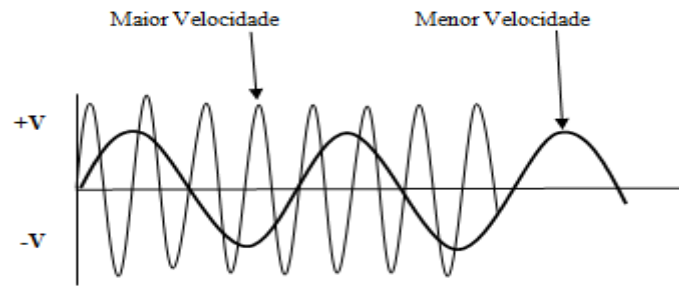


Fig. 10– A Amplitude da Tensão e a Frequência variam com a Velocidade. (Adaptado www.lpm.fee.unicamp.br)

Este sensor é indutivo porque forma um sinal de tensão tendo como base a variação da intensidade de um fluxo magnético. Este sensor é conhecido como sensor de relutância magnética ou pick-up magnético. [11].

A construção pode variar, conforme o fabricante, mas todos funcionam segundo os mesmos princípios. O pick-up magnético é uma bobina enrolada sobre um núcleo ferromagnético e instalada na carcaça do volante, com a proximidade adequada dos dentes da cremalheira (roda dentada). [6].

Com o motor em funcionamento, cada dente da cremalheira, ao passar próximo ao pick-up magnético, induz um pulso de corrente elétrica que é captado pela unidade de controle (regulador). A quantidade de pulsos por segundo (frequência) é comparada, pelo regulador, com um valor padrão ajustado (referência). Se houver diferença, o regulador altera o fluxo de corrente enviada para o atuador, que efetua as correções do débito de combustível, para mais ou para menos, conforme a necessidade.

2.3. Atuador

O Atuador é um dispositivo eletromagnético que opera como uma válvula solenoide rotativa. O atuador fica instalado na cavidade própria na carcaça principal da bomba de combustível. O atuador controla a rotação e a potência do motor, regulando a quantidade de combustível enviada aos injetores. [14]

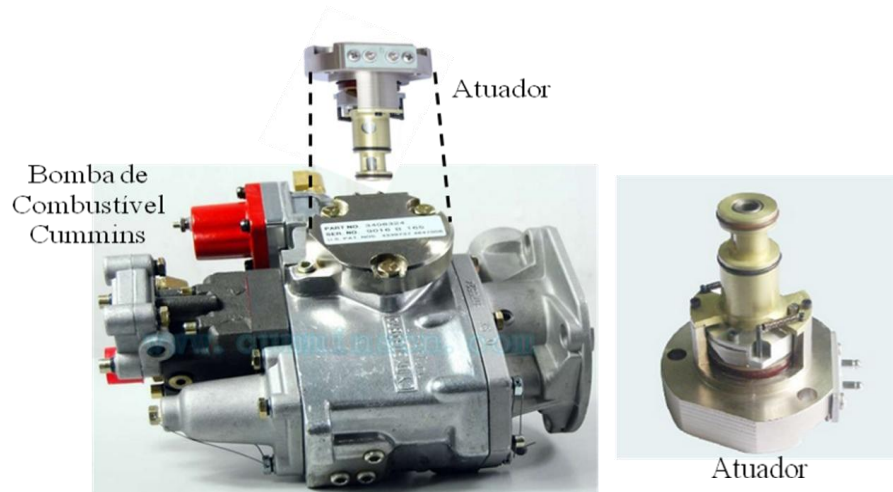


Fig. 11 – Atuador instalado na bomba de combustível. (Extraído de <http://www.weiku.com>).

O eixo do atuador girará sobre si mesmo, em uma direção ou outra, cada vez que houver uma mudança de corrente enviada pela unidade de controle. [14]

A corrente fornecida pela unidade de controle ao atuador mudará cada vez que o sinal enviado pelo sensor magnético mudar, devido a uma alteração na velocidade de rotação do motor. [14]

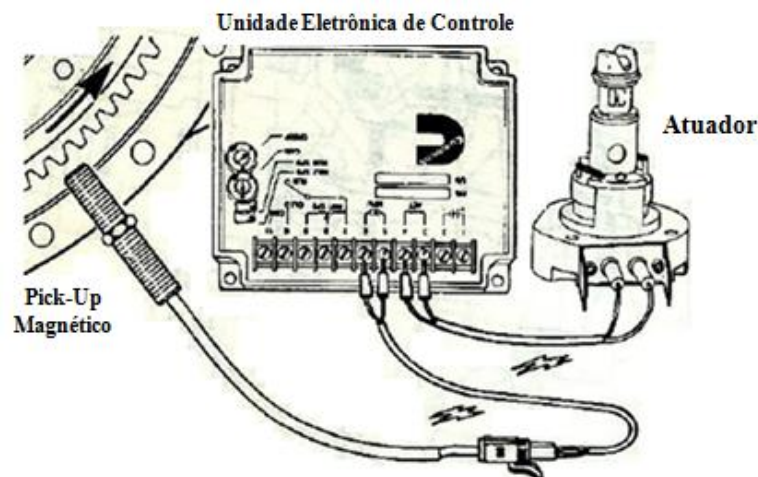


Fig. 12 – Atuador e Pick-Up Magnético ligado a Unidade de Controle da Velocidade. (Extraído Manual de Regulador de Velocidade Elétrico Cummins “EFC”).

Há atuadores que são instalados no interior da bomba de combustível e atuam diretamente sobre o fluxo de combustível e o mais conhecido são os utilizados nos motores

Cummins (governador EFC) e há os atuadores externos que são fabricados pela Woodward, (governadores modelo EPG). [6].



Fig. 13 – Governador Eletrônico WOODWARD modelo EPG-12 ou 24 Volts (Extraído www.woodward.com)

2.4. Unidade Eletrônica de Controle

A unidade eletrônica de controle compara a frequência do sinal enviado pelo sensor magnético com a frequência de referência previamente ajustada na mesma. Cada vez que houver uma diferença entre os sinais, haverá uma alteração da corrente enviada ao atuador. [14]

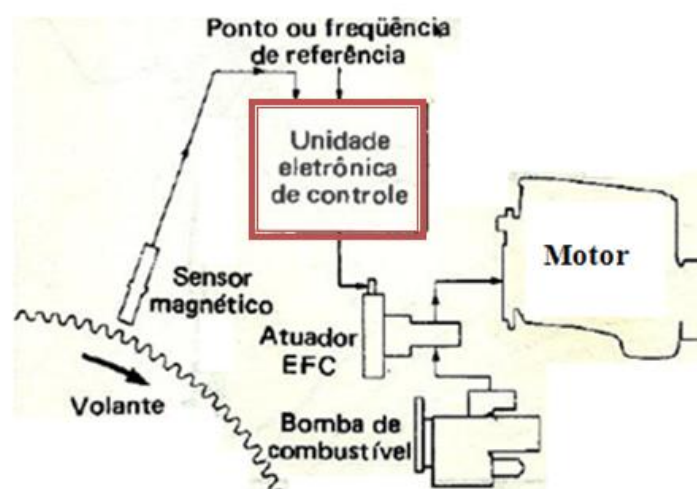


Fig. 14 – Unidade Eletrônica de Controle. (Extraído de Manual de Regulador de Velocidade Elétrico Cummins “EFC”)

Nos grupos geradores, assim como em outras aplicações, a variação de RPM é função da variação da carga e o tempo de correção também é proporcional à intensidade da mesma variação. Nos casos dos veículos que sobem uma ladeira, o motorista aciona o pedal do acelerador para manter a rotação e vencer a subida. Nos grupos geradores, quem faz o papel do “acelerador” é o governador. [6]

Os governadores são ditos isócronos quando asseguram rotação constante entre vazia e plena carga, corrigindo no menor tempo possível as variações de RPM. Por mais isócronos que possam ser não podem corrigir instantaneamente as variações de rotação do motor, devido à inércia natural do sistema. É necessário constatar que houve uma variação de RPM para, em seguida, efetuar a correção. [6].

Os governadores digitais utilizados atualmente, embora possam oferecer recurso de comunicação via porta serial e funções de controle PID (Proporcional Integral Derivativo), dependem de um atuador analógico para comandar as correções de RPM do motor, o que os tornam iguais, em termos de resultados, aos governadores eletrônicos analógicos. [6].

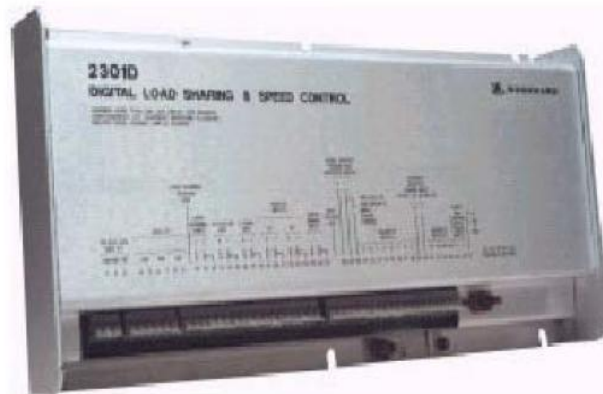


Fig. 15 – Governador Eletrônico Digital Woodward 2301D Load Sharing and Speed Control. (Extraído de www.woodward.com)

3. ALTERNADOR

O Alternador é um gerador de corrente alternada. Os geradores são máquinas destinadas a converter energia mecânica em energia elétrica. Assim, um alternador quando tem seu eixo acionado por um motor, produz energia elétrica nos seus terminais. [6]

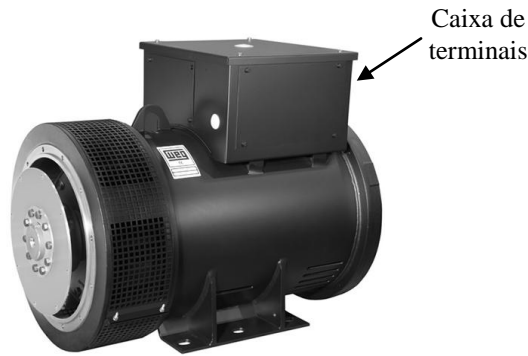


Fig. 16 – Alternador WEG Linha Gi-Plus (Extraído de www.weg.net).

3.1. Princípio de Funcionamento do Gerador Elementar

Os geradores empregam efeitos magnéticos para gerar energia elétrica. A indução magnética ocorre sempre que há movimento relativo entre um condutor e um campo magnético. Se um condutor retilíneo se deslocar em um campo magnético de forma a cruzar linhas de campo, uma tensão é induzida através do condutor, como na fig.17. Quanto maior o número de linhas de campo cruzadas por unidade de tempo (aumentando a velocidade com que o condutor cruza as linhas de campo), maior é a tensão induzida através do condutor. Se o condutor for mantido em uma posição fixa, e o campo magnético se mover de forma que as linhas de campo cruzem o condutor, o mesmo efeito é produzido. [2].

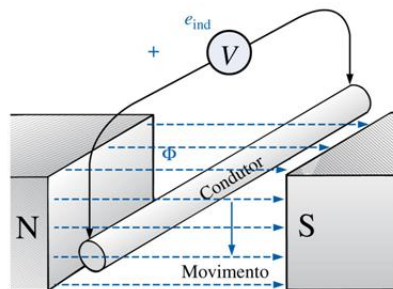


Fig. 17 – Gerando uma Tensão Induzida a partir do Movimento de um Condutor em um Campo Magnético. (Boylestad - 2004)

Uma espira de fio girando em um campo magnético forma um gerador elementar, que é ligado ao circuito externo por meio de anéis coletores.

O gerador elementar, concebido por Michael Faraday em 1831, na Inglaterra e mais ou menos na mesma época por Joseph Henry, nos Estados Unidos, era constituído por uma espira que girava entre os polos de um imã, semelhante à fig.18. [6].

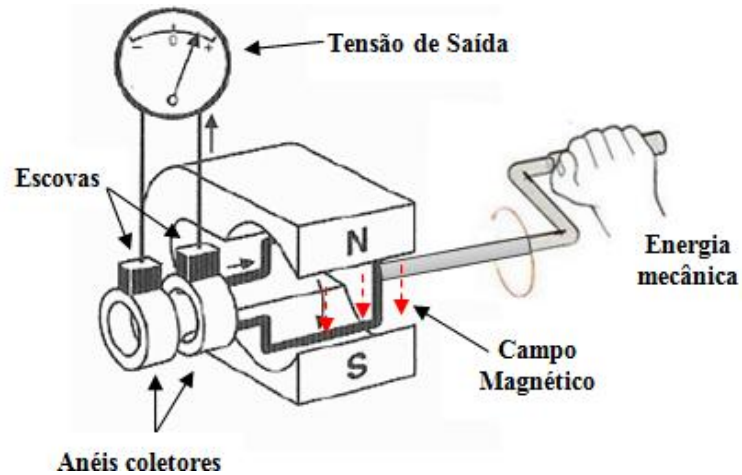


Fig. 18 – Gerador Elementar. (Adaptado de Notas de Aulas do Prof. Kitani)

A força eletromotriz e a corrente de um gerador elementar mudam de direção cada vez que a espira gira 180° . A tensão de saída deste gerador é alternada. É um alternador. [6].

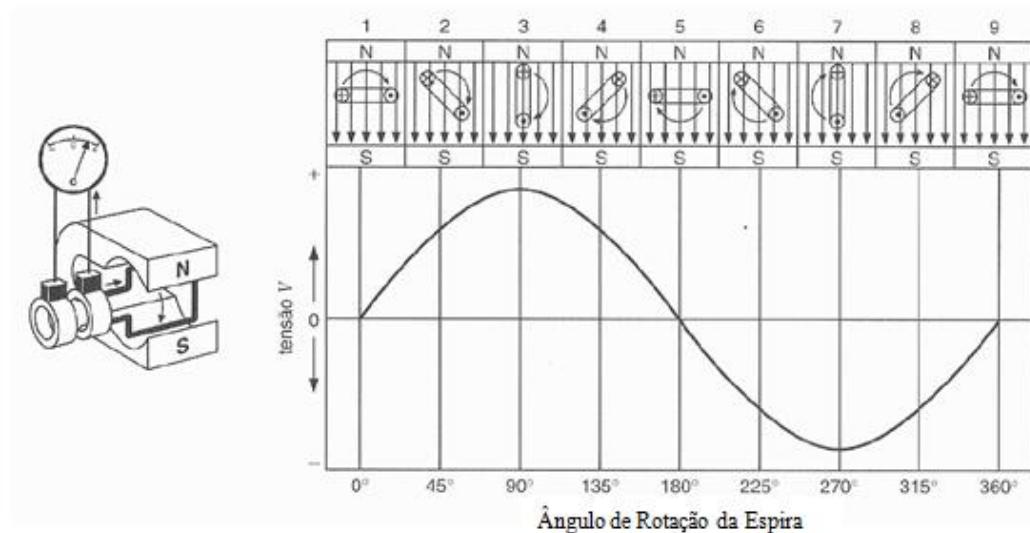


Fig. 19 – Curva de Tensão Durante uma Volta de um Enrolamento que Gira no Campo Magnético. A Posição do Rotor Corresponde a Posição 3. (Extraído de Nota de Aula do Prof. Kitani)

Um gerador CA projetado para desenvolver uma única tensão senoidal para cada rotação do eixo (rotor) é denominado gerador monofásico. Se for mais de um enrolamento no

rotor, posicionados de uma determinada maneira, o resultado será um gerador polifásico, que gera mais de uma tensão CA para cada volta completa do rotor.

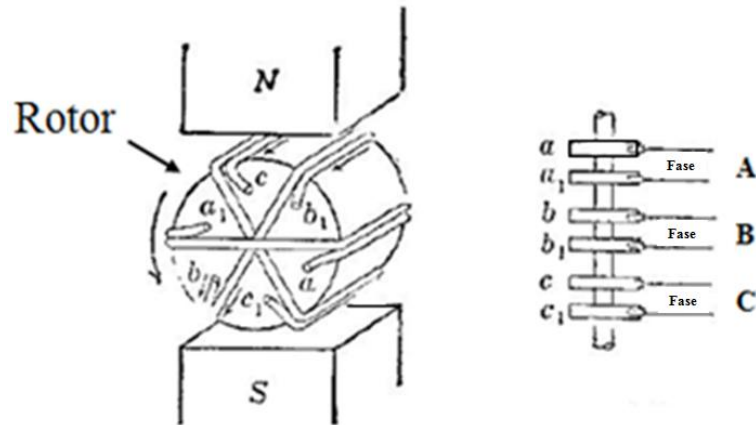


Fig. 20 – Rotor com Três Enrolamentos (Extraído de Notas de Aulas do Prof. Kitani)

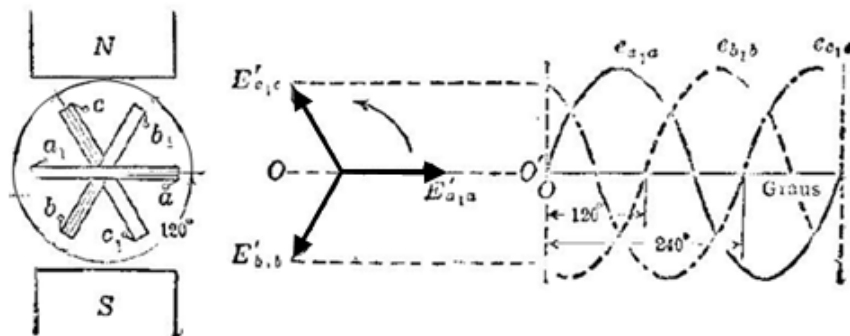


Fig. 21 – Gerador Trifásico Gera Três Tensões CA a cada Volta Completa. (Extraído de Notas de Aulas do Prof. Kitani)

3.2. Controle da Tensão do Alternador

O campo magnético do gerador elementar era constituído por ímãs naturais. Para que seja possível controlar tensão e corrente em um alternador, o campo magnético é produzido por ímãs artificiais, formados por bobinas alimentadas com corrente contínua suprida por uma fonte externa e controlada por um regulador de tensão. A esta fonte de corrente contínua, denominamos *Excitatriz*. [6].

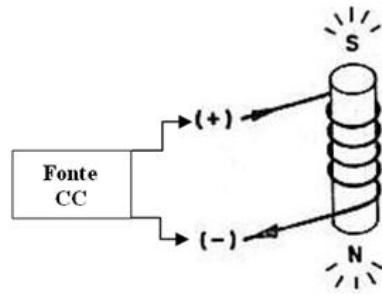


Fig. 22 – Ímã Artificial, formado por Bobina Alimentada por Fonte Externa (Adaptada www.joseclaudio.eng.br)

A distribuição das linhas de campo de uma bobina é bastante similar à de um ímã permanente. A principal diferença é que as linhas de campo são mais concentradas no caso do ímã permanente do que da bobina. Como a intensidade do campo magnético é determinada pela densidade das linhas de campo, a bobina apresenta um campo mais fraco. A intensidade do campo gerado pela bobina pode ser efetivamente aumentada inserindo no núcleo determinados materiais como ferro, aço ou cobalto para aumentar a densidade de fluxo no interior da bobina. Aumentando a intensidade do campo magnético com a introdução de um núcleo, estamos criando um eletroímã (veja a Fig.23) que, além de apresentar todas as propriedades de um ímã permanente, produz um campo magnético cuja intensidade pode ser modificada alterando-se um dos seus parâmetros (corrente, números de espiras, etc.). [2].

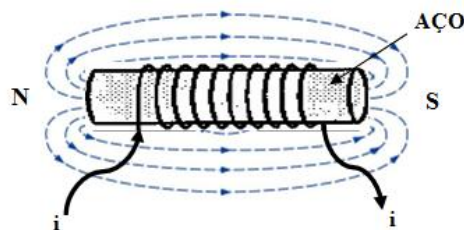


Fig. 23 – Eletroímã (Adaptado de Notas de Aula do Prof. Kitani -2011).

3.3. Estrutura Mecânica e Elétrica de um Alternador

Mecanicamente, o alternador é constituído por duas partes principais: uma fixa, que é a carcaça, onde se encontra os pés de fixação, e o outro móvel (girante). A parte fixa, chamamos de **estator** e a parte móvel, chamamos de **rotor**. [6].

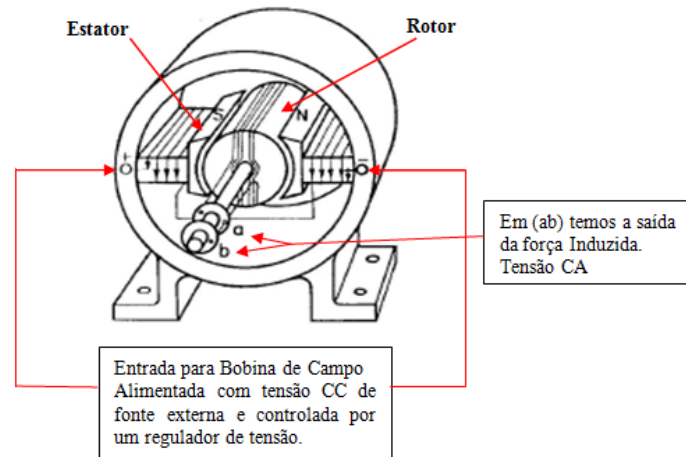


Fig. 24 – Estrutura Mecânica e Elétrica de um Alternador. (Adaptado de Notas de Aulas do Prof. Kitani)

Eletricamente, também, são duas partes principais. Uma delas é responsável pelo campo magnético, onde estão localizados os polos do alternador, que chamamos de **campo** (ou indutor). A outra parte é onde aparece a força eletromotriz, a qual chamamos de **induzido**. [6].

Com muitas espiras, um campo magnético controlado por meio de um dispositivo de excitação com corrente contínua, montados em arranjo conveniente, fabrica-se os alternadores comerciais utilizados nos grupos geradores. [6].

O posicionamento do *campo* e do *induzido* dá origem a dois tipos de máquinas diferentes. Quando o campo está localizado no estator, temos o que chamamos de **máquina de polos fixos** (ou de polos externos) e, ao contrário, quando o *campo* se encontra no *rotor*, temos o que chamamos de **máquina de polos girantes** (ou de polos internos). As máquinas de polos fixos são pouco utilizadas devido ao inconveniente da necessidade de escovas para retirar a energia gerada. As máquinas de polos girantes são as mais utilizadas por permitirem a retirada da energia diretamente dos terminais das bobinas. [6].

3.4. Excitação do Alternador

Para manter constante a tensão de saída do alternador, é necessário regular o sistema de excitação, pois é a intensidade do campo magnético quem determina este valor. Portanto, necessitamos de um regulador de tensão, que é o elemento responsável por monitorar as variações de tensão de saída do alternador e atuar diretamente na excitatriz para

que esta aumente ou diminua o fluxo de corrente no campo magnético, mantendo constante a tensão para qualquer solicitação de carga. [6]. Os reguladores automáticos de tensão (AVR) são circuitos eletrônicos desenvolvidos para a regulação da tensão de saída nos geradores.

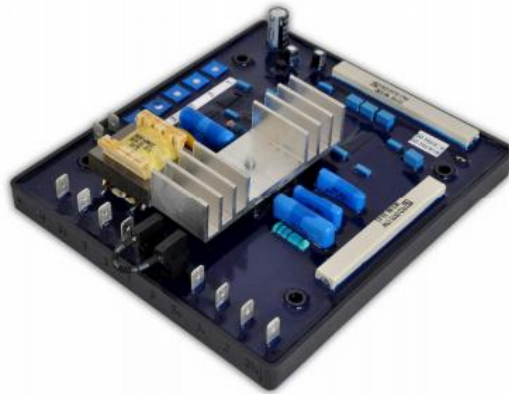


Fig. 25 – (AVR) Regulador Automático de Tensão WEG GRT7-TH (Extraído de www.weg.net)

Quanto à forma construtiva, destacamos as duas configurações básicas para o sistema de excitação do alternador; EXCITAÇÃO ESTÁTICA e EXCITAÇÃO DINÂMICA.

3.4.1. Excitação Estática

No sistema de excitação estática, a corrente que alimenta o campo do alternador é retificada e controlada por uma excitatriz eletrônica. A condução da corrente se faz por meio de um par de anéis com escovas montado no eixo do alternador. Como utiliza a tensão gerada pelo alternador, necessita de um mínimo de tensão inicial, gerada pelo magnetismo remanescente do alternador durante a partida, para iniciar o processo de retificação e alimentação do campo. Este processo de início de geração é denominado escorva do alternador. [6].

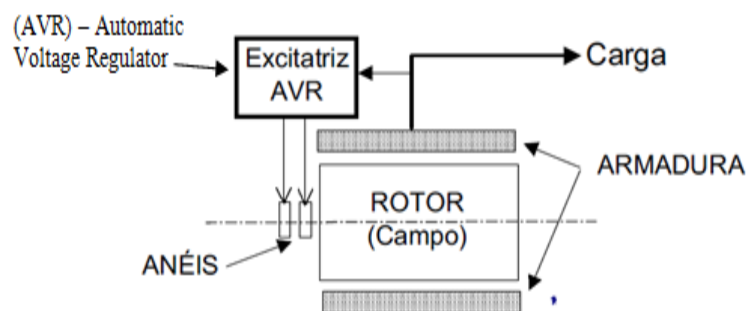


Fig. 26 – Sistema de Excitação Estática. (Adaptado de www.joseclaudio.eng.br)

O sistema de excitação estática tem resposta de regulação mais rápida do que o sistema de excitação dinâmica, uma vez que o regulador atua diretamente no campo do alternador, o que lhe proporciona maior capacidade de partir motores elétricos de indução. Entretanto, como o fluxo de corrente é controlado por pulsos dos tiristores, induz deformações na forma de onda da tensão gerada, o que o torna contra indicado para alternadores que alimentam equipamentos sensíveis [6] como, por exemplo, os equipamentos de telecomunicações.

3.4.2. Excitação Dinâmica (Brushless)

No Sistema de excitação dinâmica utiliza-se um gerador de corrente contínua, montado no próprio eixo do alternador. O campo deste gerador é alimentado por um regulador externo eletrônico semelhante ao empregado na excitação estática. Nos alternadores antigos este gerador de corrente contínua era um dínamo, com escovas e coletores de lâminas de cobre. Atualmente utiliza-se um pequeno alternador de polos fixos, cuja corrente alternada gerada no induzido rotativo é retificada por uma ponte retificadora de onda completa, também girante, que transfere a corrente retificada diretamente ao campo do alternador, sem a necessidade de escovas. Este sistema é denominado “Brushless” e é muito utilizado hoje em dia. [6]

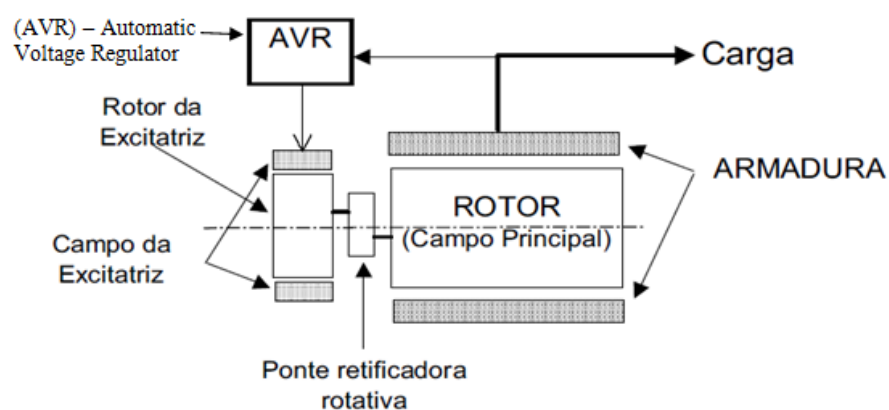


Fig. 27 – Sistema de Excitação Dinâmica. (Extraído de www.joseclaudio.eng.br)

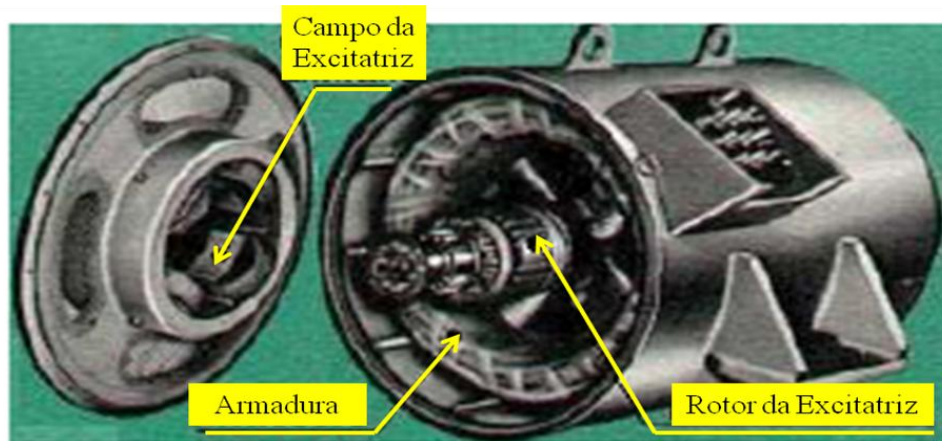


Fig. 28 – Estator e Tampa com Bobinas de Campo da Excitatriz. – Alternador NEGRINI (Extraído de www.joseclaudio.eng.br).

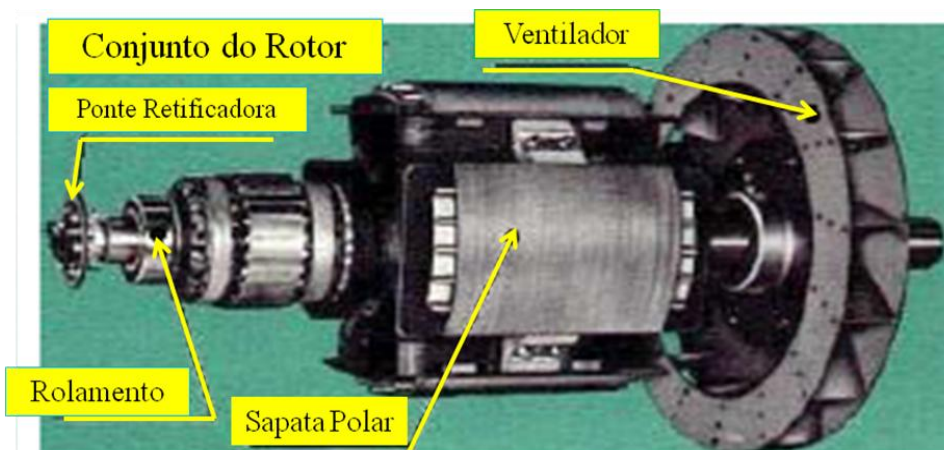


Fig. 29 – Rotor com Ventilador, Induzido da Excitatriz e Retificadora na Extremidade do Eixo. (Extraído de www.joseclaudio.eng.br).

3.4.3. Excitação por Imã Permanente

Sistema de excitação por magneto (ou imã) permanente, também conhecido por excitação PMG, abreviatura da denominação em inglês de Permanent Magnet Generator.

Trata-se de um sistema de excitação onde uma excitatriz auxiliar, constituída por um campo magnético constante produzido por uma peça magnetizada antes da montagem, a qual

funciona como indutor girando no interior de um enrolamento fixo, este trabalhando como induzido. Podemos representar esquematicamente o sistema da seguinte forma: [6].

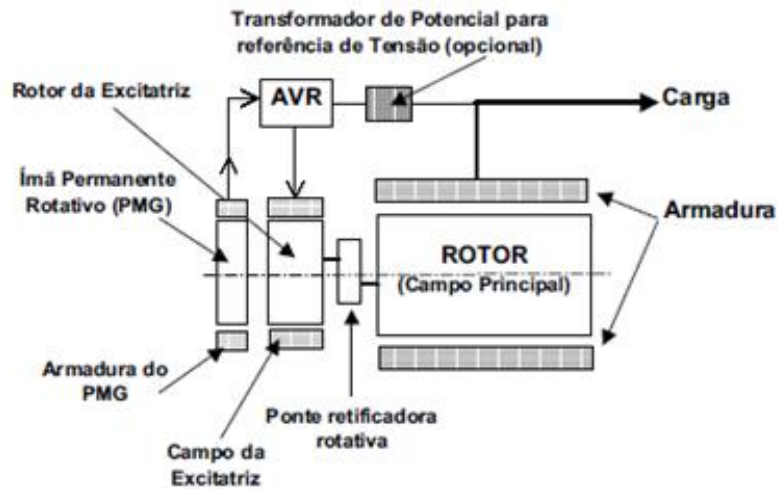


Fig. 30 – Sistema de Excitação por Ímã Permanente (PMG) (Extraído de www.joseclaudio.eng.br)

Neste tipo de alternador, a energia fornecida ao campo da excitatriz (campo fixo) é proveniente do PMG e independe da energia fornecida à carga. [6] e também por não utilizarem escovas, consegue-se com isso:

- ✓ Manutenção reduzida, solicitando cuidados apenas na lubrificação dos mancais;
- ✓ Não introduz rádio-interferências ocasionado pelo mau contato de escovas;
- ✓ As deformações na forma de onda, provocada pelas cargas, não interferem na regulação, pois o regulador é alimentado por bobina auxiliar, independente da tensão de saída do gerador.

4. UNIDADE DE SUPERVISÃO DE CORRENTE ALTERNADA (USCA)

A USCA é um equipamento microprocessado, responsável por supervisionar as informações da rede comercial e do grupo motor gerador (tensão, corrente e frequência) podendo partir o motor em caso de falha na rede comercial e transferir a carga para o gerador, e após o retorno da rede, devolver a carga para a rede comercial e desligar o motor. A USCA monitora também o funcionamento do motor.



Fig. 31 – Controladores RGAM-LOVATO, Woodward e STEMAC (extraído do site do Fabricante).

4.1. Supervisão do Gerador e da Rede Comercial

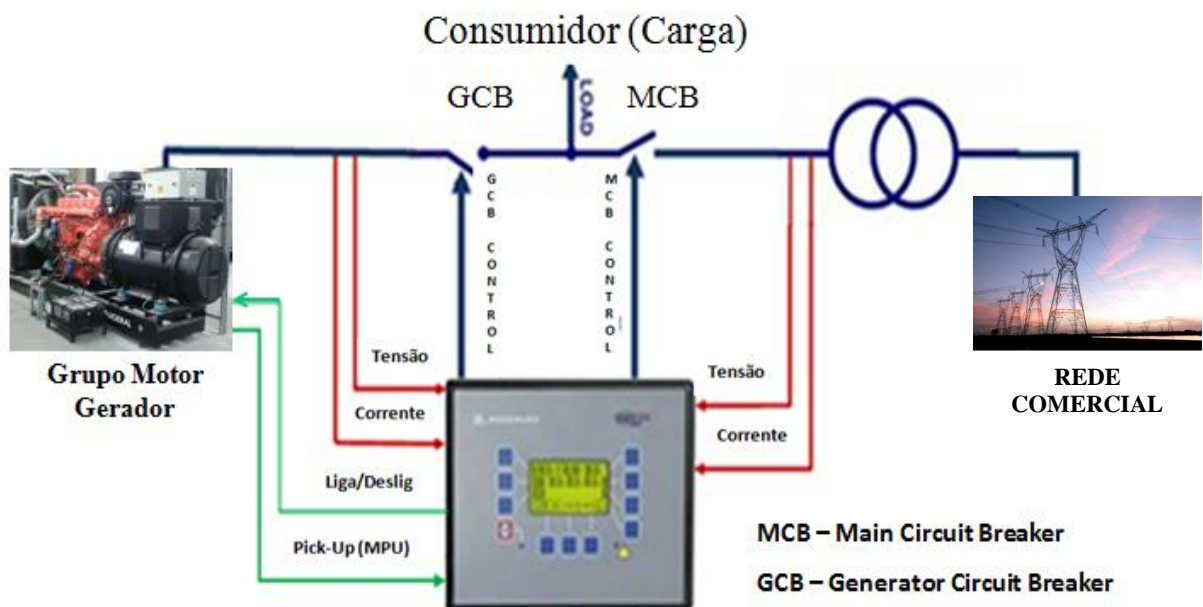


Fig. 32 - Controlador easygen-1000 comandando o Contator da Rede (MCB) e o Contator do Gerador (GCB).

(Adaptado de www.woodward.com).

4.1.1. Supervisão do Grupo Motor Gerador

Os grupos geradores trabalham em regime automático, sem que haja a necessidade de supervisão constante dos operadores e os eventos básicos supervisionados pela USCA (como dito anteriormente) em relação aos consumidores são: a tensão, a corrente e a frequência. A USCA também monitora outros eventos importantes no motor diesel como:

- Falha na partida;
- Nível anormal de combustível;
- Ruptura da correia do ventilador de arrefecimento do motor;
- Pressão anormal do óleo lubrificante do motor;
- Temperatura anormal no cabeçote do motor;
- Grupo em funcionamento.

Para que o controlador (USCA) troque automaticamente às fontes para garantir a continuidade do fornecimento da energia aos consumidores [1] dentro dos limites especificados.

A USCA supervisiona também:

- Sobrecarga nos consumidores;
- Barramento de saída alimentado;
- Manutenção.
- Além da tensão e frequência anormais do alternador e da rede comercial.

4.2. Operação do Controlador (USCA)

A fig.33 ilustra o painel frontal que inclui botões, LEDs e display de cristal líquido, abaixo uma breve descrição do painel frontal.

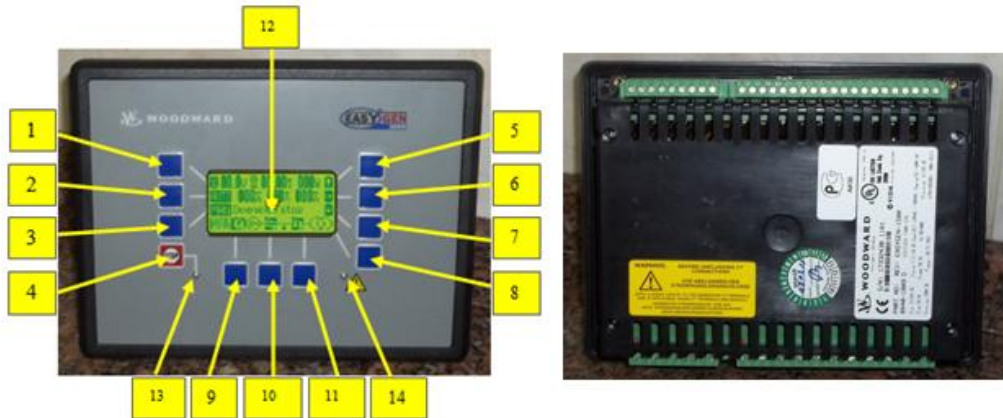


Fig. 33 – Vista Frontal e Traseira do Controlador Woodward easygen-1000 (Foto Produzida pelo Autor).

- 1- Tecla que alterna o modo de leitura da tensão entre fase-fase e fase-neutro (gerador/rede).
- 2- Tecla de operação em modo automático.
- 3- Tecla de operação em modo manual.
- 4- Tecla sempre ativa e pára o motor quando acionado.
- 5- Tecla para ler lista de alarmes ou (“Escape” / “ESC”).
- 6- Tecla para a navegação entre as principais telas e ativar o modo de configuração.
- 7- Tecla para navegar de tela em tela.
- 8- Tecla para confirmar a seleção (“Enter”).
- 9- Tecla de partida e parada do motor (Ao pressionar esta tecla o motor é ligado e ao pressionar novamente o motor e parado).
- 10- Tecla para operação manual do contator GCB do gerador (abrir/fechar).
- 11- Tecla para operação manual do contator MCB da rede comercial (abrir/fechar).
- 12- Tela LCD (Display de Cristal Liquido) exibe os valores das medições, modo de operação, alarmes e descrição da navegação.
- 13- LED – indica que o aparelho esta em modo STOP (Desligado).
- 14- LED – indica que tem mensagens de alarme presente na unidade de controle.

5. QUADRO DE TRANSFERÊNCIA AUTOMÁTICA (QTA)

Toda instalação onde se utiliza o Grupo Motor Gerador como fonte alternativa de energia, necessita obrigatoriamente de uma chave comutadora de fonte. [6] normalmente montado num Quadro de Transferência Automática (QTA), como na figura 34.



Fig. 34 – No detalhe, (QTA) Quadro de Transferência Automática (Foto Acervo Técnico do Prof. Dalbo).

Usualmente, adota-se como base do sistema de transferência a solução do par de contatores montados lado a lado:

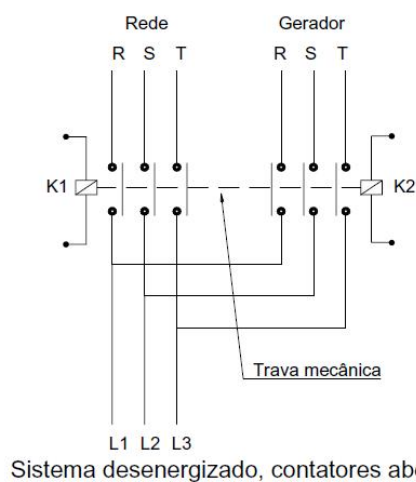


Fig. 35 – Par de Contatores Montados Lado a Lado. (Extraído de www.joseclaudio.eng.br).

Na fig.36 a trava mecânica impede que os dois contatores possam ser fechados simultaneamente. Além disso, as bobinas dos contatores K1 e K2 são intertravadas eletricamente por meio de contatos ou relés auxiliares, de forma que impossibilite a alimentação de uma se a outra estiver energizada. Adicionalmente, podemos acrescentar lâmpadas de sinalização para indicar o estado da chave de transferência. [6].

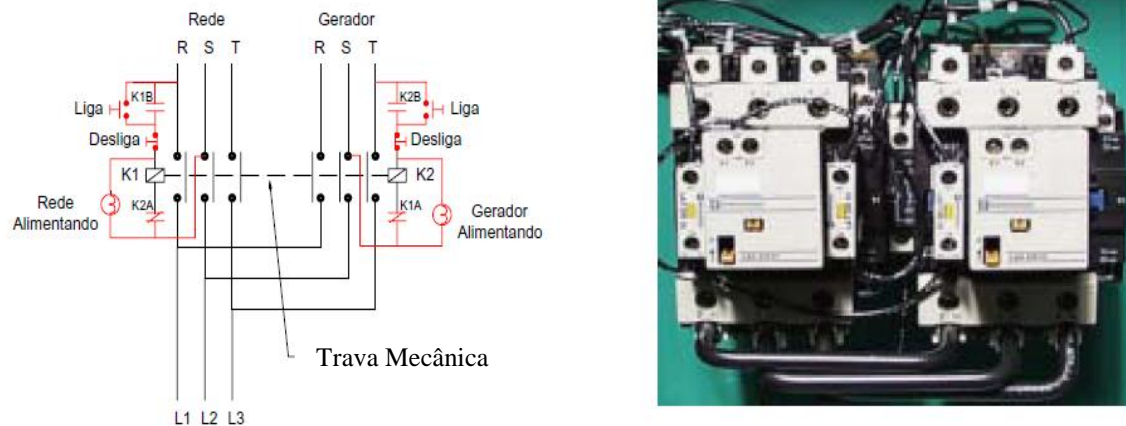


Fig. 36 – Chave de Transferência com Contatores (Extraído de www.joseclaudio.eng.br).

Nos Sistemas automáticos, a função liga e desliga rede e gerador é executado por contatos de relés comandados pelo sistema de controle. [6].

Para tornar o sistema automático, quando não incluído no sistema de controle, devemos acrescentar um dispositivo sensor de rede, capaz de perceber as falhas de tensão ou frequência e fechar um contato para comando da partida do grupo gerador. E quando não incluído no sistema de controle, sensores de tensão e frequência para o grupo gerador também devem se previstos. [6].

Por definição, sensores de tensão e frequência executam as seguintes funções de relés ANSI (American National Standards Institute). [6].

Nº ANSI	Função
27	Subtensão. Relé que atua quando a sua tensão de entrada é inferior a um valor predeterminado.
59	Sobretensão. Relé que atua quando a sua tensão de entrada for maior que um valor predeterminado.
81	Relé de frequência. Dispositivo que opera quando a frequência (ou sua taxa de variação) está fora de limites determinados.

Quadro 1 – Os Números são Utilizados para Identificar as Funções dos Dispositivos num Diagrama Esquemático, Segundo nº ANSI. (Extraído de www.joseclaudio.eng.br).

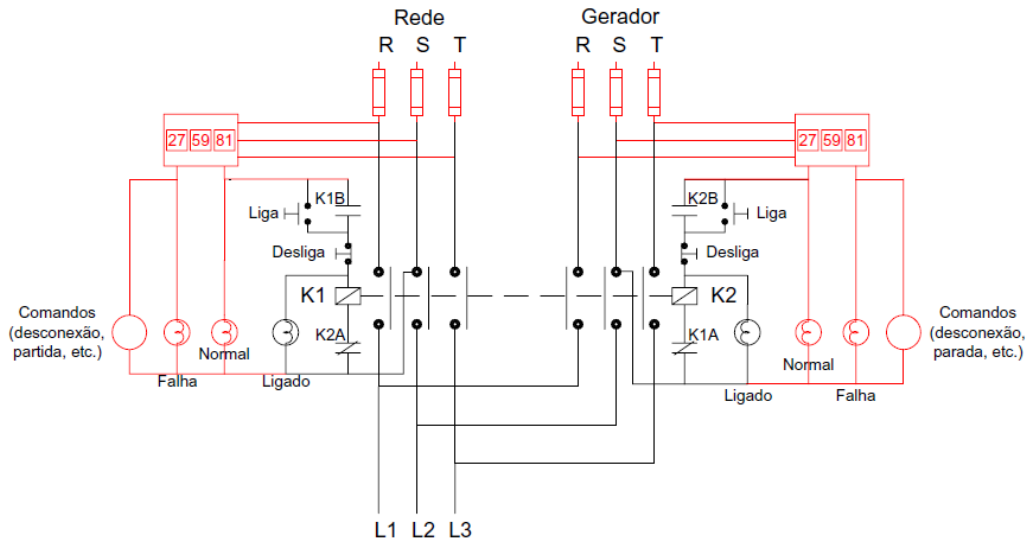


Fig. 37 – Chave de Transferência Automática (Extraído de www.joseclaudio.eng.br).

5.1. Contatores



Fig. 38 – Quadro contendo (Contatores) Chaves de Transferência Automática (Foto do Acervo Técnico do Prof. Dalbo).

5.2. Mecanismo de Intertravamento Mecânico

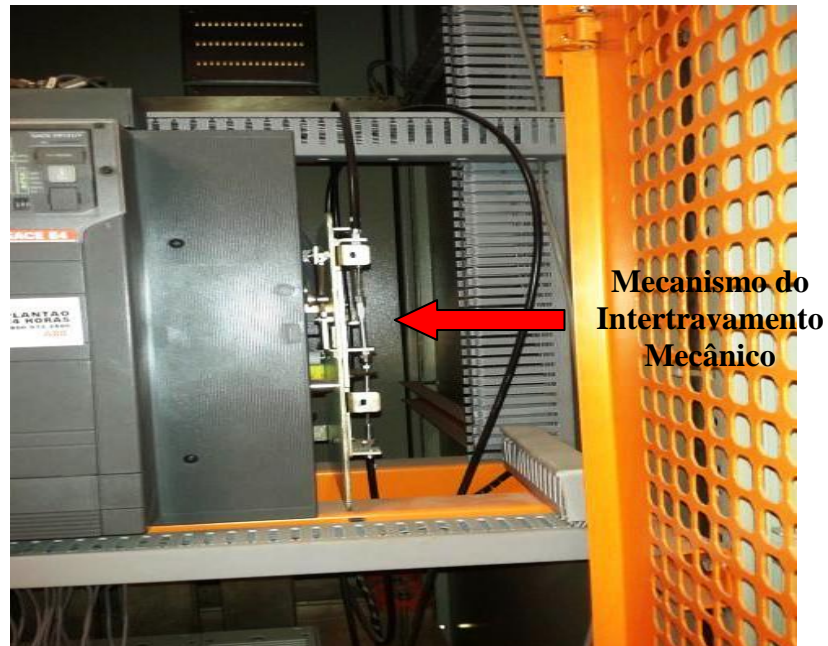


Fig. 39 – No detalhe o Mecanismo de Intertravamento Mecânico dos Contatores (chaves) (Foto do Acervo Técnico do Prof. Dalbo).

6. QUADRO DOS CONTROLADORES (USCA)



Fig. 40 – Quadros dos Controladores (USCA) (Foto do Acervo Técnico do Prof. Dalbo).



Fig. 41 – Vista Interna do Quadro do Controlador (USCA) (Foto do Acervo Técnico do Prof. Dalbo).



Fig. 42 – Detalhe Interno do Quadro do Controlador (USCA) (Foto do Acervo Técnico do Prof. Dalbo).



Fig. 43 – Vista Interna do Quadro do Controlador, no Destaque (AVR) (Foto do Acervo Técnico do Prof. Dalbo)

Na fig.44 o destaque mostra os contatores (MCB) e (GCB) comandados pelo controlador Woodward easygen-1000.

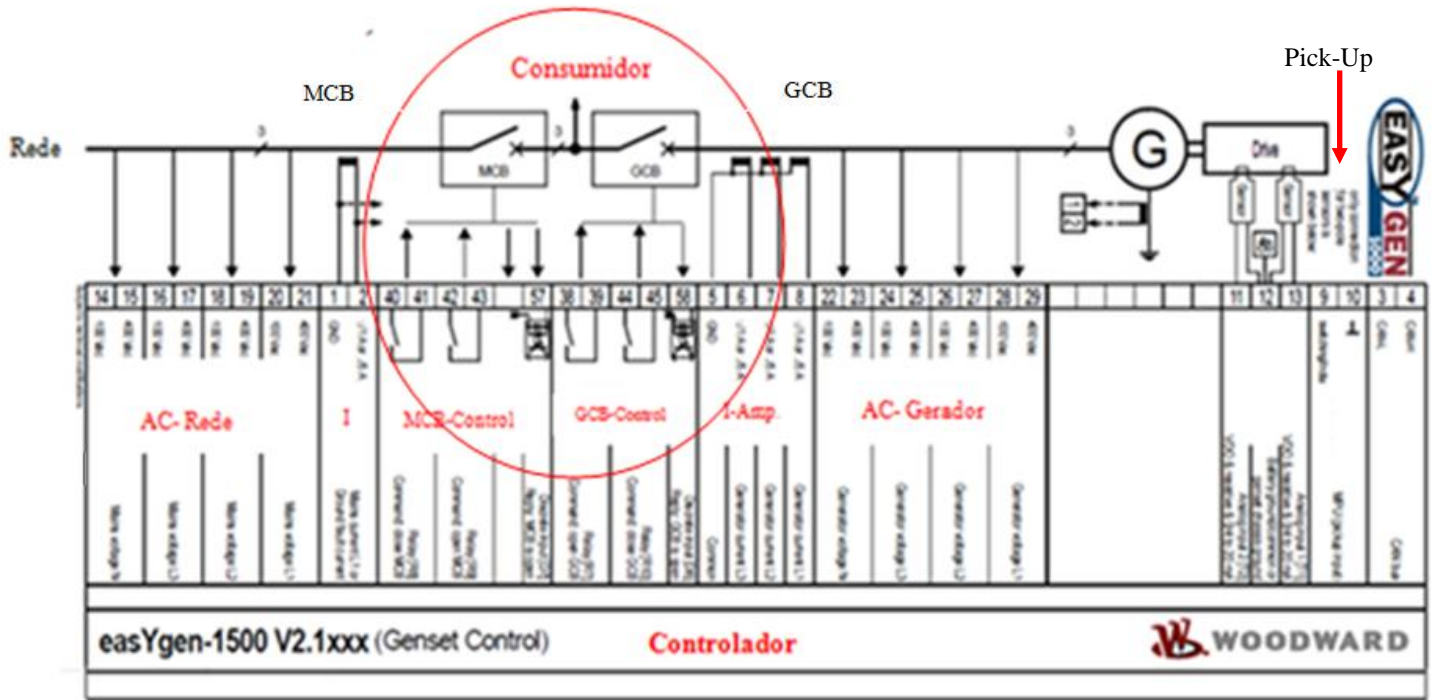


Fig. 44 – Esquema de Ligação Parcial do Controlador easygen-1000 (Adaptado de www.woodward.com).

6.1. As Entradas do Controlador (USCA) para o Sinal Proveniente do Pick-Up Magnético

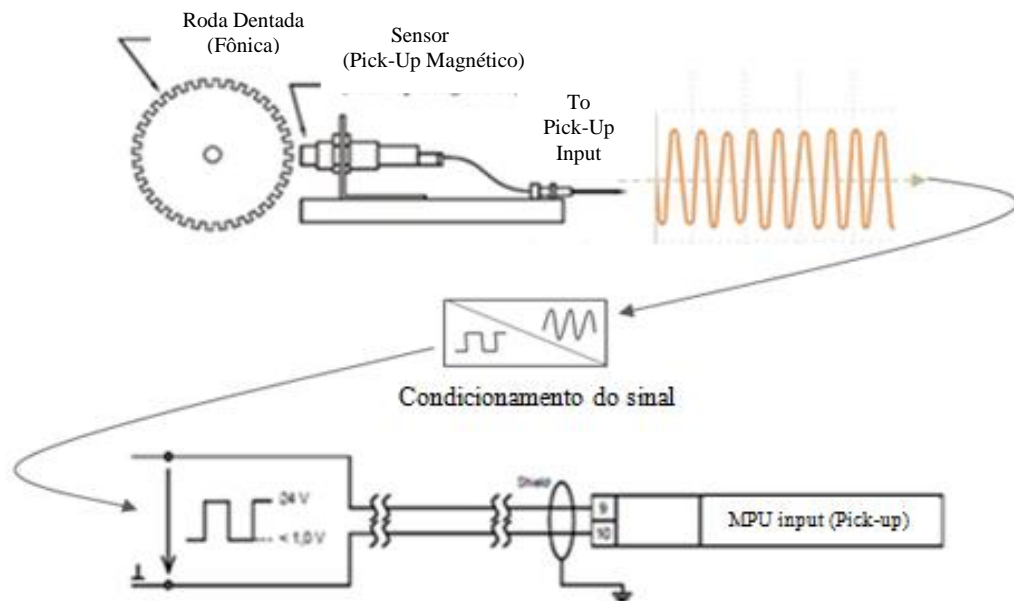


Fig. 45 - Pontos de Entrada do Controlador easygen-1000 para a Leitura da Frequência do Gerador (Adaptado de www.woodward.com).

O LM1815 é um Circuito Integrado (C.I) que pode adaptar o sinal senoidal gerado pelo sensor (Pick-Up Magnético), sendo desta forma, um elemento condicionador para o controlador (USCA).

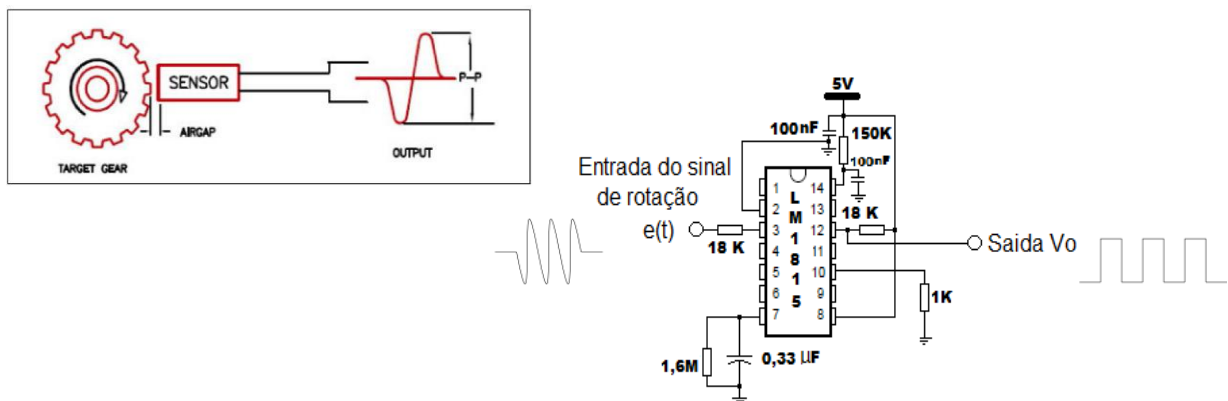


Fig.46 – Circuito Integrado LM 1815 (Notas de Aula Prof. Kitani-2011).

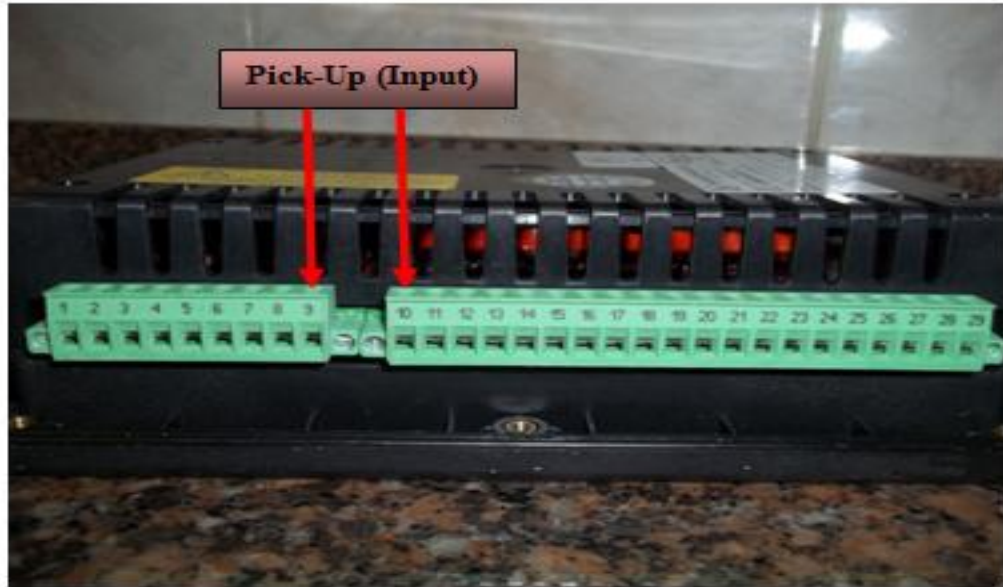


Fig. 47 – As Entradas do Controlador (USCA) para o Sinal Proveniente do Pick-Up Magnético (Foto Produzida pelo Autor).

6.1.1. Monitorando o Desvio da Frequência do Gerador

Numa eventual falha do sistema de regulação da frequência do Gerador (Pick-Up Magnético, o Regulador Eletrônico e o Atuador) e para evitar danos aos consumidores, a US-CA transfere a carga para outra fonte de AC e comanda o desligamento do motor. Nos sistemas de energia, como por exemplo, para telecomunicações adota-se a faixa de tolerância de $\pm 5\%$ do valor nominal da frequência.

Sabendo-se que no Brasil o padrão adotado para a frequência é de 60 Hz, concluímos que o sensor do controlador (USCA) deve atuar nos valores de 63 Hz (limite superior) e 57 Hz (limite inferior). [1].

6.2. As Entradas do Controlador (USCA) para as Tensões Provenientes do Gerador

Para a configuração de instalação do tipo (3ph 4w) (3 fases e 4 fios).

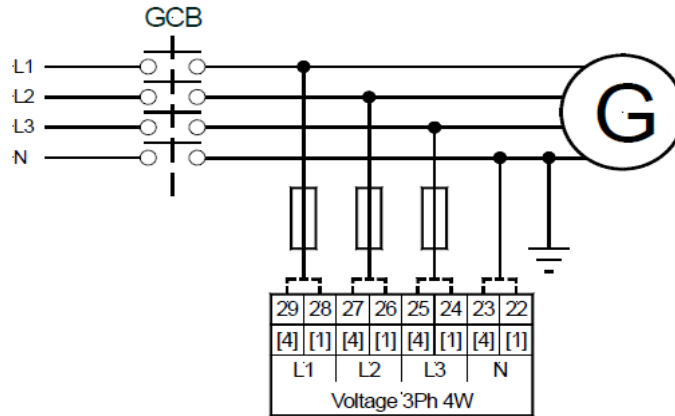


Fig. 48 – Pontos de Entrada do Controlador easygen-1000 para a Leitura da Tensão do Gerador, conforme Tensão e Fase Descrita na Tabela 4. (Extraído de www.woodward.com).

3ph 4w	Wiring terminals							
Rated voltage (range)	[1] 100 V (50 to 130 V _{eff})				[4] 400 V (131 to 480 V _{eff})			
Measuring range (max.)	[1] 0 to 150 Vac				[4] 0 to 600 Vac			
easYgen terminal	28	26	24	22	29	27	25	23
Phase	L1	L2	L3	N	L1	L2	L3	N

Quadro 2 – Atribuição do Borne de Entrada do Controlador para a Leitura da Tensão do Gerador, conforme a Fase e a Tensão Gerada. (Adaptado de www.woodward.com).

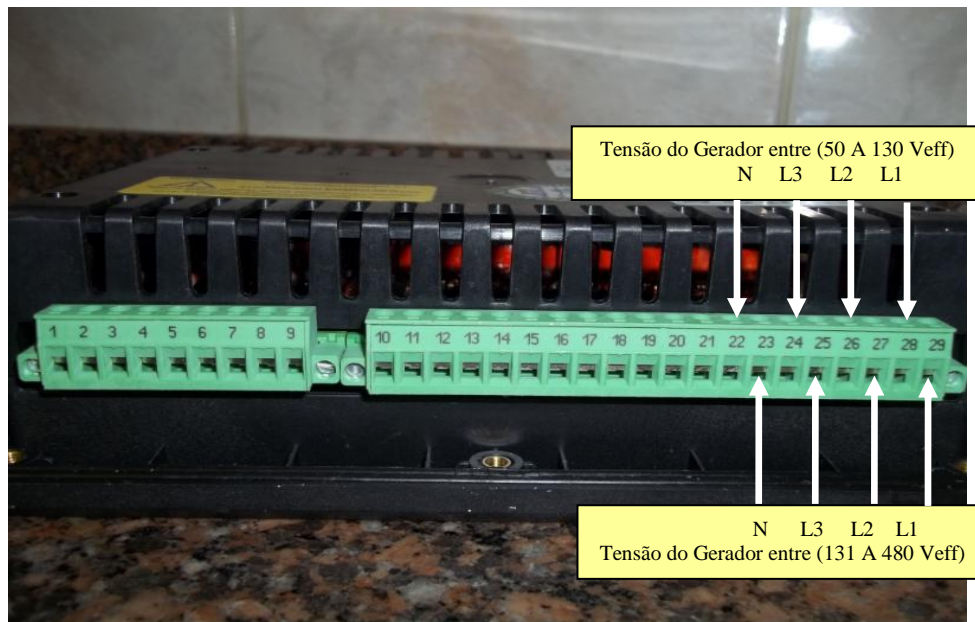


Fig. 49 - As Entradas do Controlador (USCA) para as Tensões Provenientes do Gerador (Foto Produzida pelo Autor).

6.2.1. Monitorando o Desvio da Tensão do Gerador

Numa eventual falha do sistema de regulação da tensão de saída do Gerador (AVR-Regulador Automático de Tensão) a USCA transfere a carga para outra fonte de AC e comanda o desligamento do motor, no intuito de evitar danos aos consumidores. Nos sistemas de energia, como por exemplo, para telecomunicações, adota-se normalmente a faixa de tolerância de $\pm 15\%$ do valor nominal da tensão. Assim, para um sistema de alimentação de 220 VCA, haverá atuação do sensor do controlador (USCA) nos valores de 253 VCA (limite superior) e 187 VCA (limite inferior).

7. CONCLUSÕES

Este material não tem a pretensão de esgotar, tampouco inovar no tratamento do assunto abordado.

Com este trabalho, podemos mostrar as etapas do controle da tensão e frequência do Grupo Motor Gerador, e destacar a importância do controlador (USCA) na operação do sistema. Mostrar que o magnetismo é parte integrante em sistemas de controle do Grupo Motor Gerador.

Nos últimos anos temos presenciado uma evolução tecnológica nos controladores (USCA) com o uso de microprocessadores, tornando o equipamento mais preciso e confiável, melhorando assim o seu desempenho.

Para compreendermos esses sistemas de geração de energia, necessitamos aprimorar os conhecimentos de seus controles, para que possamos atuar de maneira mais precisa, buscando a excelência do seu funcionamento.

8. PROPOSTAS PARA FUTUROS TRABALHOS RELACIONADOS AO TEMA.

Analisar os Sistemas de Supervisão e Alarmes da USCA:

- ✓ Sensor de Sobrevelocidade do Motor;

- ✓ Relé Taquimétrico (Impede Acionar o Motor de Partida com Motor Funcionando);
- ✓ Falha na Partida;
- ✓ Nível Anormal de Combustível;
- ✓ Ruptura da Correia do Ventilador de Arrefecimento;
- ✓ Pressostato do Óleo Lubrificante;
- ✓ Termostato para a Água de Refrigeração do Motor;
- ✓ Sensor de Nível do Líquido de Refrigeração;
- ✓ Sobrecarga nos Consumidores;
- ✓ Barramento de Saída Alimentado;
- ✓ Manutenção;

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] SILVA, Aluizio Ferreira da e BARRADAS, Ovídio Cesar Machado – Livros Técnico e Científico Editora – 1980.
- [2] BOYLESTAD, Robert L. – Introdução à Análise de Circuitos – Editora Pearson – 10ª edição – 2004.
- [3] FILHO, João Mamede – Instalações Elétricas Industriais-7ª Ed. LTC - 2007.
- [4] CREDER, Hélio – Instalações Elétricas – 14ª Ed. ABDR - 2002.
- [5] KITANI, Edson C. – Notas de aula da Disciplina de Carga e Partida da Fatec Santo André – 2011.
- [6] PEREIRA, José Claudio – Motores e Geradores (capturado em Nov/2013) (www.mecanica.ufrgs.br/mmotor/apostila.pdf).
- [7] WOODWARD – easygen-1000-Gernset Control – (capturado em Nov/2013) (www.woodward.com/power).
- [8] MUSSOI, Fernando Luiz Rosa- Fundamentos de Eletromagnetismo-(Capturado em Nov/2013)

- http://diacca.ifrn.edu.br/wiki/lib/exe/fetch.php?media=corpodocente:giancarlos.barbosa:fundamentos_de_eletromagnetismo_-_cefet-sc.pdf.
- [9] WEG DT-5 Características e Especificações de Geradores-(capturado: Nov/2013)
(<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-curso-dt-5-caracteristicas-e-especificacoes-de-geradores-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>)
 - [10] REIS, Carlos – Sensores – (capturado: Nov/2013)
(http://www.lpm.fee.unicamp.br/~carlos_reis/sensores.pdf)
 - [11] HENRIQUE, Hélio – Geradores CA – (capturado: Nov/2013).
(docente.ifrn.edu.br/heliopinheiro/Disciplinas/.../aula-de-geradores-de-ca)
 - [12] DEMARCHI – 1088 – Instrumentação Industrial - Transdutores de Posição (capturado em Nov/2013) –
(cursos.unisanta.br/mecânica/ciclo10/1088_Capitulo_4_transdutores.pdf)
 - [13] ALBUQUERQUE, André Olivieri de – Sensor de Rotação. ppt – (capturado em Nov/2013) (ava.mecatronica.erg.br/claroline/claroline/.../download.php?url...)
 - [14] PUBLICAÇÃO CUMMINS – Regulador de Velocidade Elétrico Cummins “EFC”. (www.weg.net)
 - [15] MANUAL TÉCNICO WEG – Alternador e Regulador Automático de Tensão (www.weg.net)
 - [16] GALDINO, Jean Carlos da Silva – Manutenção de ferrovia – Eletrotécnica II - Grupo Motor Gerador (capturado: Jun/2014).
(http://www3.ifrn.edu.br/~jeangaldino/dokuwiki/lib/exe/fetch.php?media=apostila_grupo_motor_gerador1.pdf)