

CONVERSÃO ELETROMECCÂNICA DE ENERGIA

TRABALHO PRÁTICO Nº 2 ALTERNADOR PARALELO COM UMA REDE DE CAPACIDADE INFINITA TRÂNSITO DE POTÊNCIA

CLASSIFICAÇÃO	
---------------	--

Trabalho realizado pelos estudantes:

Rodrigo Miguel Nunes	64100
Cordeiro	
Guilherme José Carreira	60077
Mendes	
Tiago Capelo Monteiro	63368
Turno Prático	P2

LICENCIATURA EM ENGENHARIA ELETROTÉCNICA E DE COMPUTADORES
ANO LETIVO 2024/2025

Tabela de conteúdos

Objetivo do trabalho.....	3
Paralelo do alternador com a rede de capacidade infinita	4
Apresentar os valores medidos após o paralelo e comentar	5
Pesquisar e descrever como é feito o paralelo entre um alternador e a rede numa central real	5
Trânsito de potência ativa e de reativa entre alternador e rede	7
Caso para 53 Hz	7
Caso para 55 Hz	8
Caso de Potencia reativa nula	8
Caso de aumento de 25% da Corrente rotatória.....	9
Conclusão.....	9

Objetivo do trabalho

Este trabalho tem como objetivo o estudo do estabelecimento do paralelo entre um alternador e uma rede de capacidade infinita. Além disso, pretende-se estudar como as grandezas elétricas do alternador mudam com perturbações de frequência, corrente rotórica e anulação da potência reativa.

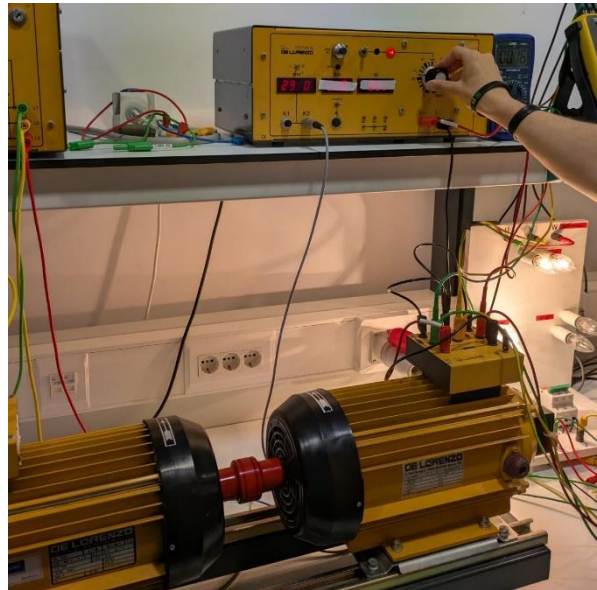


Figura 1 – Montagem do alternador

Paralelo do alternador com a rede de capacidade infinita

No laboratório, para realizar o paralelo do alternador com a rede, foi utilizado o método dos fogos girantes. Este método baseia-se na ligação de três lâmpadas entre as fases do alternador e as fases da rede. O objetivo é verificar se o alternador está em condições de sincronismo com a rede, cumprindo os três requisitos principais: mesma frequência, mesma tensão e mesma sequência de fases.

As lâmpadas foram dispostas de forma a ligar cada fase do alternador a uma fase correspondente da rede. No entanto, apenas a primeira lâmpada estava corretamente ligada entre a fase 1 do alternador e a fase 1 da rede, enquanto as outras duas estavam trocadas, ligando a fase 2 do alternador à fase 3 da rede e vice-versa.

No método dos fogos girantes, quando o alternador está fora de sincronismo, as diferenças de frequência e de fase entre o alternador e a rede provocam o acender e apagar cíclico das lâmpadas. Quando a frequência do alternador é ligeiramente diferente da frequência da rede, os vetores de tensão giram com velocidades diferentes, e o brilho das lâmpadas varia de forma contínua. Se as fases estiverem corretamente ligadas (mesma sequência de fases), o acendimento das lâmpadas ocorre em sequência circular, dando a impressão de que a luz está a “girar”. É daí onde o nome do método. Quando a frequência se aproxima da frequência da rede, a velocidade de rotação desse efeito luminoso diminui. Quando a lâmpada 1 está apagada e as outras duas ligadas com a mesma intensidade, é sinal de que as tensões estão praticamente em fase, e é o instante ideal para trocar as fases 2 e 3 para fechar o disjuntor e conectar o alternador à rede, realizando o sincronismo com o mínimo de corrente de circulação.

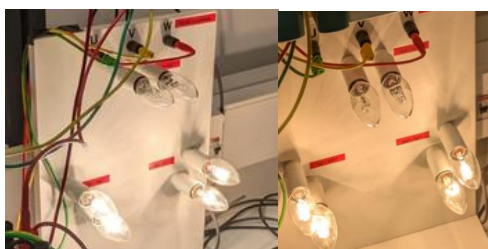


Figura 2 – Uso de método dos fogos girantes

Apresentar os valores medidos após o paralelo e comentar

$U_1(V)$	$U_2(V)$	$U_3(V)$	$I_1(A)$	$I_2(A)$	$I_3(A)$	$P_t(W)$	$Q_t(var)$	$S_t(VA)$	$I_r(A)$
236,2	237,7	237,2	2,0	1,6	1,4	703	478	1198	0,17

Analisando os valores das tensões podemos verificar que estes são valores semelhantes como seria esperado, pois quando ligamos um alternador à rede temos que garantir que as tensões das fases estejam equilibradas entre si. Já nas correntes verificamos um pequeno desequilíbrio, principalmente na fase 1. Este desequilíbrio pode ter sido provocado por uma maior impedância das ligações da fase 1.

As potências têm valores expectáveis. O valor da potência reativa vem comprovar o carácter indutivo do sistema. A corrente de excitação é baixa como esperado. É a corrente do rotor e é responsável por gerar a força eletromotriz.

Pesquisar e descrever como é feito o paralelo entre um alternador e a rede numa central real

A sincronização de um alternador com a rede elétrica pode ser realizada por diferentes métodos, dependendo do tipo de central, do equipamento disponível e do grau de automatização. Abaixo são descritos três métodos comuns usados para atingir as condições necessárias para que o alternador entre em paralelo com a rede.

O primeiro método, baseia-se no ajuste da frequência. A frequência da tensão gerada por um alternador depende diretamente da sua velocidade de rotação. Para isso, ajusta-se a admissão da máquina, o que permite controlar a rotação e, consequentemente, a frequência da tensão gerada. Inicialmente, a frequência do alternador é mantida inferior à da rede, e vai-se aumentando gradualmente até que ambas coincidam. O analisador de energia indica o momento em que a fase está próxima de coincidir, permitindo então o fecho do disjuntor com segurança.

O segundo método envolve a utilização de um motor auxiliar, sendo comum em grandes alternadores síncronos, como os de centrais hidroelétricas ou termoelétricas antigas, onde é necessário controlar com grande precisão a velocidade antes de se aplicar a excitação. Neste caso, um motor de corrente contínua ou um motor de indução é mecanicamente

acoplado ao eixo do alternador. Este motor começa por girar o rotor do alternador com uma rotação inferior à síncrona, e esta vai sendo ajustada até que a velocidade se aproxime do valor necessário para a sincronização. Quando a rotação correta é atingida, aplica-se a excitação ao rotor e usa-se o analisador de energia para verificar o instante adequado para fechar o disjuntor.

O terceiro método é aplicado em alternadores síncronos especialmente concebidos com gaiolas de partida, semelhantes às dos motores de indução. Esta configuração permite que a máquina seja ligada diretamente à rede, funcionando inicialmente como motor assíncrono. Assim que se liga à rede, a máquina começa a acelerar, e quando a sua velocidade se aproxima da velocidade síncrona, aplica-se a excitação ao rotor. Nesse momento, o campo magnético do rotor iguala o campo girante da rede, e a máquina passa a operar como alternador síncrono, podendo então fornecer potência ativa e reativa ao sistema.

Trânsito de potência ativa e de reativa entre alternador e rede

Caso para 53 Hz



Figura 3 – Gerador de frequência a 53 Hz

$U_1(V)$	$U_2(V)$	$U_3(V)$	$I_1(A)$	$I_2(A)$	$I_3(A)$	$P_t(W)$	$Q_t(var)$	$S_t(VA)$	$I_r(A)$
236.4	237.2	237.3	5.0	3.1	4.4	2482	1121	2840	0.17

Um maior aumento da frequência aumentou as correntes trifásicas e consequentemente, as potências ativa, reativa e aparente. Todavia, as tensões trifásicas mantiveram-se inalteradas. Isto acontece, porque ao aumentarmos a frequência o alternador tem tendência ao aumentar a velocidade de rotação mas devido ao facto de estar ligada em paralelo com a rede de capacidade infinita, não é possível aumentar a velocidade de rotação. Assim o que acontece é que existe um aumento do fluxo por polo o que se transmite também num aumento das correntes trifásicas.

Caso para 55 Hz

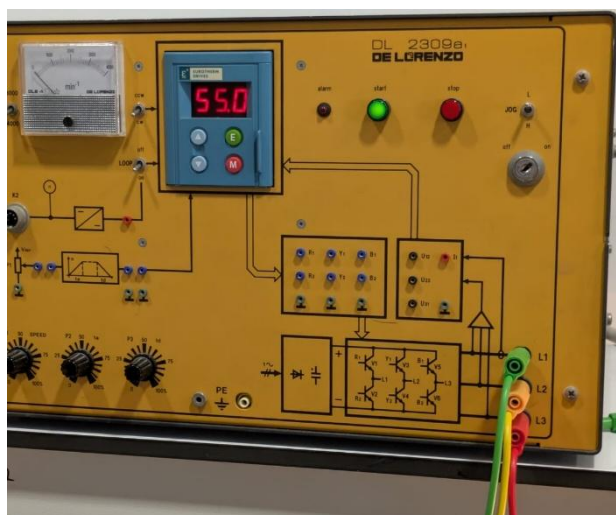


Figura 4 – Gerador de frequência a 55 Hz

$U_1(V)$	$U_2(V)$	$U_3(V)$	$I_1(A)$	$I_2(A)$	$I_3(A)$	$P_t(W)$	$Q_t(var)$	$S_t(VA)$	$I_r(A)$
235.8	237.2	237.1	8.1	6.4	8.2	4260	2926	5279	0.17

Tal como para o cenário dos 53 Hz, a um maior aumento da frequência aumentou as correntes trifásicas e consequentemente, as potências ativa, reativa e aparente. Todavia, as tensões trifásicas mantiveram-se inalteradas. Assim, Podemos concluir que ao mudarmos a frequência do alternador implica um aumento da Corrente e consequentemente das potências associadas ao alternador.

Caso de Potencia reativa nula

$U_1(V)$	$U_2(V)$	$U_3(V)$	$I_1(A)$	$I_2(A)$	$I_3(A)$	$P_t(W)$	$Q_t(var)$	$S_t(VA)$	$I_r(A)$
237.6	237.9	237.1	7	5.8	6	4342	0.028	4469	0.23

Neste caso, baixou-se a potência reativa ao ponto onde quase se pode considerar nula. Comparado com o cenário da frequência a 50 Hz, houve um aumento de correntes trifásicas e consequentemente da potência ativa que teoricamente fica equivalente á potência aparente. Este aumento de Corrente devido à anulação da potência reativa deve-se ao facto de aumentarmos o modulo da força eletromotriz por consequência da anulação

da potência reativa. Com o facto de aumentarmos a força eletromotriz, aumentamos também a corrente rotórica.

Caso de aumento de 25% da Corrente rotatória

$U_1(V)$	$U_2(V)$	$U_3(V)$	$I_1(A)$	$I_2(A)$	$I_3(A)$	$P_t(W)$	$Q_t(var)$	$S_t(VA)$	$I_r(A)$
236.2	237.7	237.2	7.9	6.1	5.9	4188	1769	4722	0.3

Ao aumentarmos a corrente rotórica , podemos concluir que, além de algumas flutuações das correntes trifásicas, concluímos que todas as potências aumentam. Em particular, a potência ativa aumenta muito mais que a reativa. Isto acontece, pois aumentando a corrente rotórica aumentamos, consequentemente, a força eletromotriz.

Conclusão

A partir da realização deste trabalho laboratorial, podemos concluir que para se realizar o paralelo entre o alternador e uma rede de capacidade infinita, é necessário frequências equivalentes, fases e sequência de fases iguais. Para se garantir tal, houve uma evolução tecnologia onde se passou do método dos fogos girantes para métodos mais recentes como o uso do sincronizador. Ao se aumentar a frequência, a potência reativa e o anulamento da potência reativa, nestes casos existiu um aumento da corrente, o que implicou um aumento na potência aparente.

Assim, podemos apurar que qualquer distúrbio num alternador, quer variação de frequência, corrente rotórica ou diminuição bruto de potência reativa, em aplicação numa subestação, causada por um acidente ou mudança súbita na rede, leva a um aumento da potência aparente. O que pode causar as proteções da máquina a serem ativadas, tal como no apagão de 28 de abril de 2025 e assim causarem um efeito bola de neve onde todos acabam por apagar e a rede tem que reiniciar aos poucos e poucos.

Concluindo, deste trabalho laboratorial aprendeu-se que qualquer variação de corrente, rotórica, frequência e potência reativa leva a um alternador sair do seu ponto de equilíbrio, aproximar-se da instabilidade e daí, poder levar a desligar-se tal como aconteceu no apagão de Portugal de 2025.