

Motores e Geradores CC

Barcelos C. O.¹, Alves, W. F. O.², Batista, H.O.B.³.

Matriculas: 93736¹, 96708², 96704³

Departamento de Engenharia Elétrica,

Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

e-mails: celso.barcelos@ufv.br¹, werikson.alves@ufv.br², hiago.batista@ufv.br³

Resumo—Este relatório tem como objetivo fazer o levantamento das características de saturação em vazio no modo de excitação independente, analisando o comportamento do Gerador CC com carga e os efeitos do uso de inter polos, além de analisar o comportamento do Gerador CC *Shunt* e fazer uma comparação com o modo de excitação independente, e por fim executar e analisar técnicas de controle de velocidade do motor de corrente contínua com ligação do campo independente. Ao final, uma comparação gráfica entre os resultados práticos e simulados será levantada para validação experimental.

I. OBJETIVOS

Os objetivos deste relatório consistem em:

- Determinar a curva de magnetização em vazio do gerador de corrente contínua entendendo o processo de geração de tensão do gerador;
- Analisar o comportamento do Gerador CC (GCC) com carga e os efeitos do uso de inter polos;
- Verificar e analisar o comportamento do Gerador CC *Shunt* e comparar com o modo de excitação independente;
- Executar e analisar técnicas de controle de velocidade do Motor CC (MCC) com ligação do campo independente.

II. METODOLOGIA

A. Determinação da Característica de Saturação em Vazio de um Gerador CC com Excitação Independente

O circuito equivalente do gerador com excitação independente é o mostrado na Figura 1 e o levantamento da curva de magnetização do gerador pode ser obtida ao operá-lo em vazio. Quando o gerador está neste modo, a corrente $I_L = 0$ A, e, conseqüentemente a tensão nos terminais da armadura (V_T) é igual à tensão gerada (E_A), ou seja, $V_{T\text{Vazio}} = E_A$. Dessa forma, a tensão gerada é obtida a partir da equação $E_A = K\phi\omega$, onde se observa que E_A é proporcional ao fluxo e a velocidade de acionamento [1].

1) *Principais componentes*: Para esta primeira parte foram utilizados uma máquina de corrente contínua, que irá operar como gerador, uma fonte CC para alimentação do campo e controle da corrente de campo do gerador e um motor síncrono para acionar o eixo do gerador de corrente contínua.

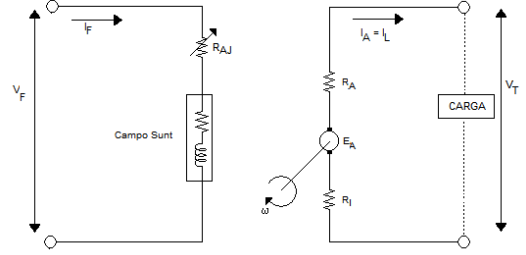


Figura 1: Gerador de corrente contínua com excitação independente (Fonte: extraída de [1]).

2) *Desenvolvimento*: Inicialmente foi realizada a ligação destes componentes na configuração de um gerador de excitação independente em vazio o qual é apresentado na Figura 1. Depois, o circuito do motor síncrono foi energizado, fazendo com que o seu eixo girasse. Com isto, o eixo do gerador, que está conectado ao eixo do motor também gira simultaneamente gerando uma tensão de armadura (E_A) mínima.

Dessa forma, a fonte CC foi ligada, fazendo com que haja uma corrente de campo presente que influencia na tensão de armadura. Em seguida, foi variada a fonte CC de forma que a tensão de armadura variasse em intervalos de 10 V até que a corrente de campo chegasse em um nível próximo do limite suportado (0,55 A).

B. Gerador de CC com Excitação Independente em Situações de Carga

1) *Principais componentes*: Para esta prática foi utilizado o mesmo GCC do item anterior, contudo foi conectado uma carga na saída, ou seja, foram conectadas uns conjuntos de lâmpadas com tensão nominal de 220 V, Figura 2.

2) *Desenvolvimento*: Inicialmente, a tensão de campo foi ajustada uma única vez, de modo que a tensão terminal da máquina em vazio seja 220 V.

Em seguida, foi simulado o circuito com o uso de interpolos, e em seguida foram acionadas as lâmpadas gradualmente e medidos os valores de tensão na armadura e a corrente de campo, dessa forma preenchendo a Tabela II. Depois, foi simulado o circuito sem o uso de interpolos, repetindo o procedimento e completando a Tabela II.

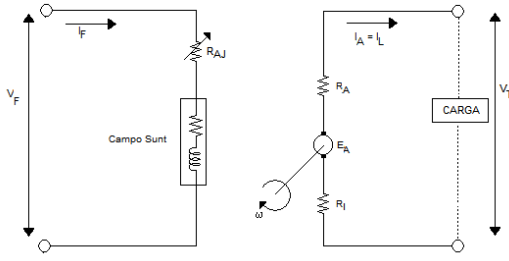


Figura 2: Gerador de corrente contínua com excitação independente sem Interpolos (Fonte: extraída de [1]).

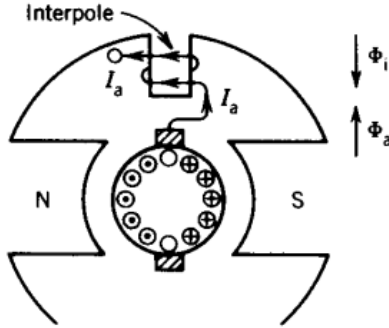


Figura 3: Ligação do Interpola em série com a armadura (Fonte: extraída de [2]).

C. Comportamento do Gerador CC Shunt com Carga

Para análise do gerador CC *shunt* com efeito de carga, inicialmente:

- 1) Ajustou se o valor da resistência do campo para a máquina operar em 220 V;
- 2) Com a Máquina CC ligada com campo shunt e com os interpolos, ligou se as lâmpadas na armadura da Máquina CC, em seguida verificou se a queda de tensão causada na tensão terminal da máquina. Durante essa parte do experimento a tensão de campo e a resistência R_{aj} foram ajustadas uma única vez para que a tensão terminal da máquina fosse igual à 220V a vazio.

A Figura 4 apresenta o esquemático do gerador *shunt* para visualização mais detalhada do circuito usado nesta etapa do experimento.

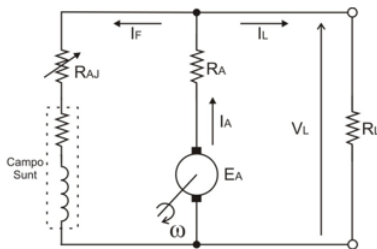


Figura 4: Gerador de corrente contínua *Shunt* (Fonte: extraída de [3]).

D. Controle de Velocidade do Motor CC

Para esta tarefa, será utilizado dois métodos de controle de velocidade:

- 1) **Controle através da tensão terminal:** Para realizar esta tarefa, foi variado a tensão de entrada de 25 até 220V com o passo de 25V, e durante cada passo, foi aferido a rotação do motor e a corrente de armadura.
- 2) **Controle através da corrente de campo:** Para este outro tipo de controle, foi variado a corrente de campo começando em 0,44 A até 0,24 A em intervalo de 0,02 A

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A. Determinação da Característica de Saturação em Vazio de um Gerador CC com Excitação Independente

Feita a simulação, foram obtidos os dados apresentados na Tabela I, dessa forma gerando a curva de magnetização apresentada na Figura 5.

Tabela I: Dados obtidos em laboratório (Fonte: extraída de [1]).

I_F (A)	E_A (V)	I_F (A)	E_A (V)	I_F (A)	E_A (V)
0	13	0,14	100	0,29	190
0,01	20	0,15	110	0,31	200
0,03	30	0,17	120	0,33	210
0,05	40	0,19	130	0,35	220
0,06	50	0,20	140	0,37	230
0,08	60	0,22	150	0,40	240
0,09	70	0,24	160	0,43	250
0,11	80	0,25	170	0,46	260
0,13	90	0,27	180	0,49	270

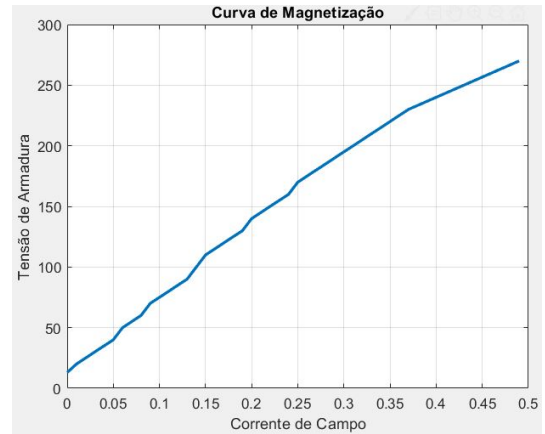


Figura 5: Curva de magnetização do Gerador CC com excitação independente em vazio (Fonte: próprio autor).

Logo, foi possível observar que devido ao motor estar em vazio e com isto não haver corrente na armadura, a tensão de armadura (E_A) será igual a tensão aplicada nos terminais (V_T) e por consequência será proporcional a corrente de campo, como foi observado no gráfico acima, portando uma relação aproximadamente linear.

B. Gerador de C. C. com Excitação Independente em Situações de Carga

As análises experimentais do gerador com excitação independente com carga apresentaram os seguintes resultados informados na Tabela II, para estudo da influência de se operar com e sem interpólos.

Tabela II: Dados Coletados

	Sem Interpolo		Com Interpolo	
Lâmpadas	I_A (A)	V_T (V)	I_A (A)	V_T (V)
Sem carga	0	220	0	220
L1	0,63	214	0,64	218
L2	1,25	204	1,27	216
L3	1,53	187	1,58	215
L4	2,11	187	2,20	214
L5	2,63	173	2,82	211
L6	3,03	166	3,43	209
ω	1800		1800	
I_F	0,35		0,35	
R_A	1,7		2,5	
R_F	325			

Dado estes resultados, é possível levantar uma comparação gráfica (Figura 6) entre o gerador CC de excitação independente com e sem interpolo, atente se ao fato de que houve uma disparidade grande entre esses dois resultados. É notável que no experimento sem interpolo, conforme as lâmpadas eram conectadas aos terminais de saída do gerador, a tensão de saída V_T entregue as mesmas apresentou uma grande queda, enquanto para o caso com interpolo, a tensão sob a carga mostrou se muito mais estável.

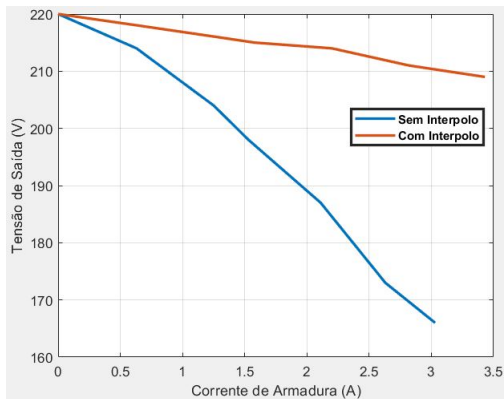


Figura 6: Gráfico $I_L \times V_T$ com e sem interpólos (Fonte: próprio autor).

C. Comportamento do Gerador CC Shunt com Carga

A Tabela III apresenta os resultados experimentais e calculados para o circuito gerador *shunt* com carga.

Por meio destes valores tabelados, construiu se a Figura 7 que apresenta o comportamento da tensão V_T em função da corrente de carga I_L para análise de operação do gerador independente do gerador *shunt* (OBS: ambos os experimentos foram realizados sob efeito do interpolo).

Tabela III: Dados Coletados e Calculados (Fonte: extraída de [3]).

	Valores Medidos			Valores Calculados	
Lâmpadas	I_L (A)	V_L (V)	I_F (A)	I_a (A)	E_a (V)
Sem carga	0,00	220	0,35	0,35	220,00
L1	0,64	217	0,35	0,99	215,40
L2	1,26	213	0,34	1,60	209,85
L3	1,54	207	0,33	1,87	203,15
L4	2,14	201	0,32	2,46	195,65
L5	2,72	197	0,31	3,03	190,20
L6	3,29	193	0,31	3,60	184,78

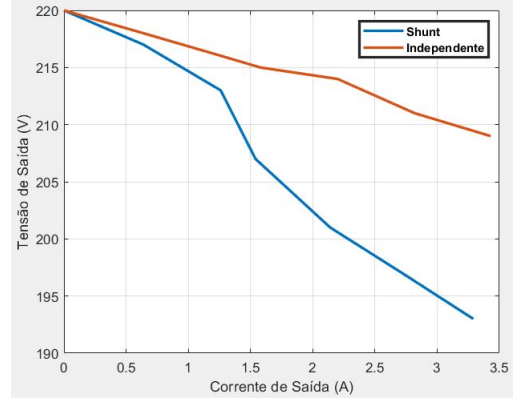


Figura 7: Gráfico $I_L \times V_T$ (shunt), e $I_L \times V_T$ (independente com interpólos) (Fonte: próprio autor).

Observando o gráfico, note que o gerador *shunt* auto excitado apresenta uma maior queda de tensão em relação ao de excitação independente, logo ele se mostra pior quanto a regulação de tensão. Isto ocorre devido a diminuição da corrente de campo, já que é a mesma fornecida pela armadura e a tensão nesta está caindo devido a queda de tensão sob a resistência externa R_a .

D. Controle de Velocidade do Motor CC

Para a primeira parte do controle de velocidade do motor CC, foi ajustado a corrente de campo $I_F = 0,44$ A e variado a tensão terminal. No segundo método de controle de velocidade, foi fixado a tensão terminal $V_T = 220$ V e variado a corrente de campo até que a velocidade do motor seja ($n = 2200$ RPM). O gráfico utilizando os dois métodos de controle estão ilustrados na Figura 8.

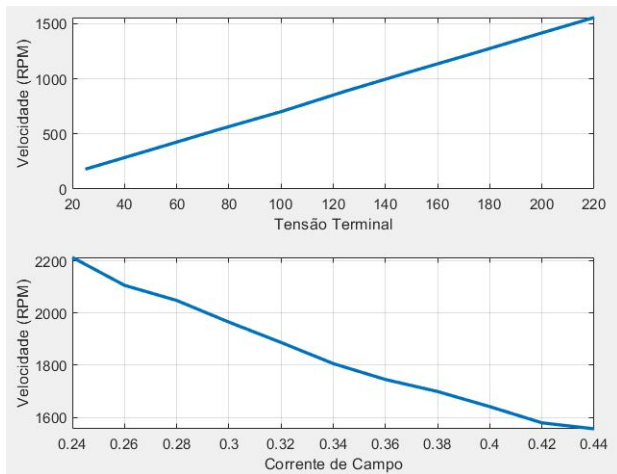


Figura 8: $V_T \times \omega$ e $I_F \times \omega$

IV. CONCLUSÕES

Ao compararmos o gerador CC independente e o *shunt*, conclui-se que o gerador independente é mais eficiente pois entrega um nível de tensão mais estável à carga. Entretanto, o gerador independente necessita de uma fonte extra para alimentação de seu circuito de campo, logo essa necessidade pode torná-lo inconveniente para algumas aplicações. Além do mais, vale ressaltar que o uso de interpolo no gerador CC apresentou uma entrega de tensão a carga mais eficiente além de eliminar o efeito de faiscamento nas escovas conforme foi observado na prática.

Para o motor CC, através da Figura 8, foi percebido que para controlar a velocidade do rotor para velocidade abaixo da rotação nominal, o método utilizado é o da tensão terminal, onde foi variado a tensão utilizando um reostato. Para as altas rotações (acima da nominal), o método empregado, foi o controle através da corrente de campo, pois a corrente de campo (I_F) é inversamente proporcional a velocidade (n_m) do rotor. Portanto, através deste último experimento, podemos concluir que ambos controles de velocidades se completam e são lineares, sendo o controle por tensão terminal diretamente proporcional e o controle por corrente de campo, inversamente proporcional.

REFERÊNCIAS

- [1] PRATES M. O. *AULA PRÁTICA 03: Roteiro da aula prática de Elt 340 - Conversão*. Universidade Federal de Viçosa - MG. 2021.
- [2] PRATES M. O. *AULA PRÁTICA 04: Roteiro da aula prática de Elt 340 - Conversão*. Universidade Federal de Viçosa - MG. 2021.
- [3] PRATES M. O. *AULA PRÁTICA 05: Roteiro da aula prática de Elt 340 - Conversão*. Universidade Federal de Viçosa - MG. 2021.
- [4] PRATES M. O. *AULA PRÁTICA 06: Roteiro da aula prática de Elt 340 - Conversão*. Universidade Federal de Viçosa - MG. 2021.
- [5] STUART M. Wentworth. *Eletromagnetismo aplicado: abordagem antecipada das linhas de transmissão*. Bookman Editora, 2009.