

**Universidade Federal de Viçosa**  
**UFV**

**Departamento de Engenharia Elétrica**



**ELT 366**  
**Laboratório de Máquinas Elétricas I**

---

**Relatório 04**

---

**Autores**

- |                   |       |
|-------------------|-------|
| 1. Hiago Batista  | 96704 |
| 2. Wérikson Alves | 96708 |

**Professor**

José Resende

**Viçosa, Julho de 2021**

# Sumário

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Metodologia</b>	<b>2</b>
2.1	Materiais Utilizados . . . . .	2
2.2	Determinação dos pontos das bobinas . . . . .	2
2.3	Autotransformadores . . . . .	3
2.3.1	Abaixador . . . . .	3
2.3.2	Ensaio . . . . .	3
2.3.3	Elevador . . . . .	4
2.3.4	Rendimento e Regulação . . . . .	4
2.3.5	Correntes . . . . .	4
2.3.6	Potências . . . . .	5
<b>3</b>	<b>Resultados</b>	<b>5</b>
3.1	Parâmetros iniciais . . . . .	5
3.2	Abaixador . . . . .	5
3.3	Ensaio . . . . .	5
3.4	Elevador . . . . .	5
3.5	Rendimento e Regulação . . . . .	5
3.6	Correntes . . . . .	6
3.7	Potências . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Conclusão</b>	<b>6</b>

# 1 Introdução

Quando os transformadores monofásicos são ligados, dependendo da polarização de entrada, podem ser gerados *fem* em sentidos diferentes, sendo assim de extrema importância a determinação da polarização dos transformadores indicando assim o início e o final dos enrolamentos. A polarização, também conhecida como marcação dos pontos, é de extrema importância para se realizar a ligação de transformadores em estrela ou triângulo, além das ligações em séries ou paralelos e a ligações na configuração de autotransformadores.

Outro ponto importante sobre os transformadores é que ao interliga os seus terminais é gerado um autotransformador, o qual possui uma saída maior em relação ao transformado monofásico, além de possuir uma potencia aparente maior. Essa topologia também é dividida em elevadores e abaixadores, e para obter seus parâmetros podem ser utilizados os mesmos métodos aplicados para transformadores monofásicos.

Portanto, neste trabalho será verificado as polaridades dos transformadores, determinado os inícios e os fins de cada bobina. Além disto, será realizada as montagens dos autotransformadores elevador e abaixador, realizando em seguida os ensaios em vazio e em curto circuito do autotransformador abaixador.

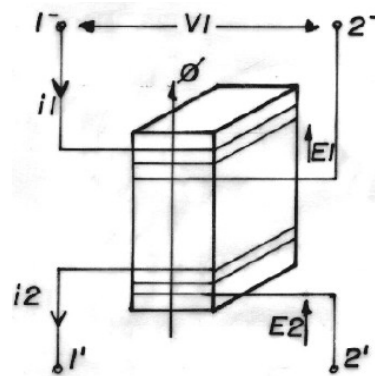
# 2 Metodologia

## 2.1 Materiais Utilizados

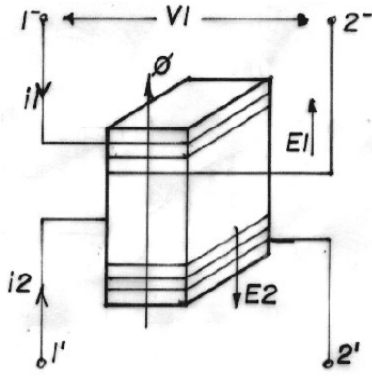
- 01 Transformadores Monofásicos, 1kVA, 110/110V, 60Hz;
- 01 Varivolt;
- 01 Wattímetro Monofásicos;
- 01 Multímetro;

## 2.2 Determinação dos pontos das bobinas

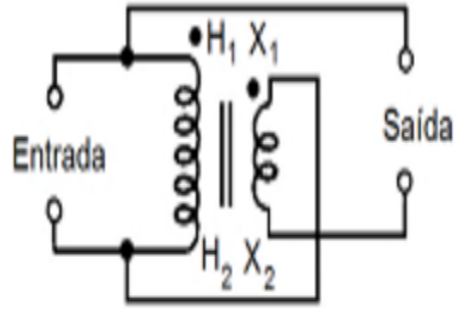
Para a determinação dos pontos, foi aplicado a tensão nominal de forma a circular corrente pelas bobinas. Em seguida, é medido a tensão entre as bobinas, de forma que: se o resultado for zero os pontos estão em sentidos opostos (polaridade subtrativa), Figuras (1), e caso o resultado dê o dobro do valor os pontos estão no mesmo sentidos (polaridade aditiva), Figuras (2).



**Figura 1** – Polarização: Subtrativa



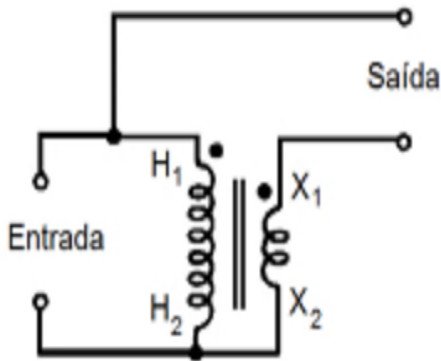
**Figura 2** – Polarização: Aditiva



**Figura 4** – Auto transformador: Elevador

## 2.3 Autotransformadores

Como citado anteriormente os autotransformadores são nada mais do que transformadores que tiveram as bobinas interligadas em uma determinada configuração, como pode ser observado nas Figuras (3) e (4), assim para a realização do experimento, foram associados duas bobinas em série no primário de um transformador.



**Figura 3** – Auto transformador: Abaixador

### 2.3.1 Abaixador

De acordo com a topologia da Figura (3), foi energizado os terminais primários, verificando a tensão no secundário. A partir disto, foram realizados os ensaios a vazio e em curto circuito, conforme estudado anteriormente.

### 2.3.2 Ensaios

Assim, para o ensaio em vazio o secundário está em aberto e aplica-se uma tensão no primário do transformador (considerando o lado de baixa tensão como primário e o de alta tensão como secundário) e assim obtendo os valores de  $I_{CA}$ ,  $V_{CA}$  e  $P_{CA}$  que são utilizados para o calculo da resistência, impedância de circuito aberto e reatância de magnetização, como mostra as Eq. 1, 2 e 3.

$$R_M = \frac{V_{CA}^2}{P_{CA}} \quad (1)$$

$$|Z_\phi| = \frac{V_{CA}}{I_{CA}} \quad (2)$$

$$X_M = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{|Z_\phi|}\right)^2 - \left(\frac{1}{R_C}\right)^2}} \quad (3)$$

E para o ensaio em curto, foi aplicado uma corrente nos terminais de alta tensão e o lado de baixa tensão é curto circuitado. A partir deste ensaio é possível obter informações sobre a reatância de dispersão e resistências do enrolamento, e assim obter os valores:  $I_{CC}$ ,  $V_{CC}$ , e  $P_{CC}$  que são utilizadas para calcular os valores equivalentes de impedância, resistência e reatância, como mostra as Eq. 4, 5 e 6.

$$|Z_{eq}| = \frac{V_{CC}}{I_{CC}} \quad (4)$$

$$R_{eq} = R_{CC} = \frac{P_{CC}}{I_{CC}^2} \quad (5)$$

$$X_{eq} = X_{CC} = \sqrt{|Z_{eq}|^2 - R_{CC}^2} \quad (6)$$

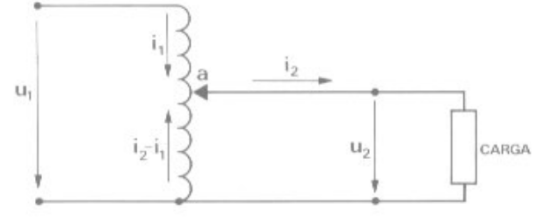
### 2.3.3 Elevador

Em seguida, em um novo experimento foi montado a topologia apresentado na Figura (4). Após isto, foi energizado os terminais do primário e depois verificado a tensão no secundário.

### 2.3.4 Rendimento e Regulação

Tomando como base a topologia auto-transformador abaixador representada na Figura (5), foram calculados o rendimento ( $\eta$ ) e a regulação ( $reg$ ) de tensão, para uma dada carga com fator de potência de

0,8 atrasado, por meio da Eq. (10) e da Eq. (12).



**Figura 5** – Auto transformador Abaixador com carga.

$$I_{SE} = \frac{P_{trafo}}{V_{SE}} \quad (7)$$

$$I_C = \frac{P_{trafo}}{V_C} \quad (8)$$

$$P_{out} = V_2(I_C + I_{SE}) \quad (9)$$

$$\eta = \frac{P_{out} \cdot FP}{P_{out} \cdot FP + P_{CA} + P_{CC}} \quad (10)$$

$$|V_{vazio}| = V_P + (Z_{eq}) \times I_{CC} < -\Theta \quad (11)$$

$$Reg(\%) = \frac{V_{vazio} - V_{plena-carga}}{V_{plena-carga}} \times 100 \quad (12)$$

### 2.3.5 Correntes

Em seguida, foram calculados as correntes que estão presente nos terminais do primário ( $I_1$ ) e do secundário ( $I_2$ ), através das Eq. (13) e (14).

$$I_1 = I_{SE} \quad (13)$$

$$I_2 = I_C + I_{SE} \quad (14)$$

### 2.3.6 Potências

Por fim, com essas informações obtidas anteriormente, foram calculadas as potências aparente transformada ( $S_{out}$ ), a aparente total ( $S_{tot}$ ) e a transferida condutivamente ( $S_{cond}$ ), de acordo com as Equações (15), (16) e (17), respectivamente.

$$S_{out} = P_{trafo} \quad (15)$$

$$S_{tot} = P_{out} \quad (16)$$

$$S_{cond} = S_{tot} - S_{out} \quad (17)$$

## 3 Resultados

### 3.1 Parâmetros iniciais

Inicialmente, foi determinado as polaridades das bobinas do transformador, marcando-as com um pontos. Em seguida, a partir dos dados presente na placa do transformador, foram utilizados como parâmetros: 1 kVA, 110/110 V e 60 HZ.

### 3.2 Abaixador

Após energizar o circuito do autotransformador abaixador, foi observado que nos terminais do primário e do secundário:

- $V_P = 220$  V
- $V_S = 110$  V

### 3.3 Ensaios

A partir dos ensaios realizados foram medidos os seguintes valores.

- $P_{CA} = 10$  W
- $V_{CA} = 220$  V
- $I_{CA} = 0,72$  A
- $P_{CC} = 225$  W
- $V_{CC} = 85$  V
- $I_{CC} = 5,91$  A

Em seguida, usando as Eq. (1), (2), (3), (4), (5) e (6) foi obtido a Tabela (1).

**Tabela 1** – Parâmetros do Transformador

$R_M$	$X_M$	$Z_\phi$
4840 $\Omega$	306,17i $\Omega$	4840+306,17i $\Omega$
$R_{eq}$	$X_{eq}$	$Z_{eq}$
6,44 $\Omega$	12,86i $\Omega$	6,44+12,86i $\Omega$

### 3.4 Elevador

Agora, após energizar o circuito do autotransformador elevador, foi observado que nos terminais do primário e do secundário:

- $V_P = 220$  V
- $V_S = 330$  V

### 3.5 Rendimento e Regulação

Para o circuito da Figura (5), usando as Equações (7), (8), (9), (10), (11) e (12), e considerando  $P_{trafo} = 1$  kVA,  $V_{SE} = V_C = V_2 = V_S = 110$  V,  $V_{plena-carga} = 220$  V, foram obtidos os valores para o preenchimento da Tabela (2).

### 3.6 Correntes

Usando as Equações (13) e (14), foram obtidos os valores para o preenchimento da Tabela (2).

### 3.7 Potências

Usando as Equações (15), (16) e (17), foram obtidos os valores para o preenchimento da Tabela (2).

**Tabela 2** – Dados calculados

Variável	Valor
$\eta$ (%)	87,19
Reg (%)	35,67
$I_1$ (A)	9,09
$I_2$ (A)	18,18
$S_{out}$ (kVA)	1
$S_{tot}$ (kVA)	2
$S_{cond}$ (kVA)	1

## 4 Conclusão

Pelos resultados obtidos percebe-se que um transformador ligado como autotransformador possui uma potência aparente maior, ao utilizar os mesmos componentes. Além disto, pode-se observar que a regulação não possui um valor tão elevado nem muito baixo, e o rendimento está em um nível aceitável. Outro ponto importante a ser observado, é que esta topologia de autotransformador conduz apenas aproximadamente 50% da potência total produzida pelo autotransformador.

## Referências

- [1] Stephen J Chapman. *Fundamentos de máquinas elétricas*. AMGH editora, 2013.
- [2] Stephen D Umans. *Máquinas Elétricas de Fitzgerald e Kingsley-7*. AMGH Editora, 2014.