

# ÍNDICE

## I – GENERALIDADES

1 – Classificação	8
2 – Necessidade da utilização do transformador	10
2.1 – Impossibilidade do transporte da energia eléctrica em baixa tensão	10
1.º – Situação I	10
2.º – Situação II	11
3.º – Situação III	11
2.2 – Transporte em alta tensão	11

## II – TRANSFORMADOR MONOFÁSICO

1 – Constituição	14
1.1 – Geral	14
1.2 – Simbologia	15
1.3 – Núcleo	15
1.4 – Enrolamentos	18
1.º – Disposição em torno do núcleo	18
2.º – Enrolamento de baixa tensão (B.T.)	20
3.º – Enrolamento de alta tensão (A.T.)	20
2 – Princípio de funcionamento	22
2.1 – Transformador em vazio	22
1.º – Experiência	22
2.º – Interpretação dos fenómenos	23
3.º – Fórmula de Boucherot	25
4.º – Transformador ideal em vazio	27
5.º – Problemas	29
2.2 – Transformador em carga	31
1.º – Experiência	31
2.º – Interpretação dos fenómenos	32
3.º – Transformador ideal em carga. Relação entre correntes e tensões	33
4.º – Diagrama vectorial	34
5.º – Potência nominal	35

6.º – Problemas	36
3 – Transformador real	39
3.1 – Transformador real em vazio	39
1.º – Deformação da corrente em vazio	39
2.º – Perdas no ferro	40
3.º – Resistência da bobina	42
4.º – Fluxo de dispersão	43
5.º – Ensaio do transformador em vazio	44
6.º – Problemas	45
3.2 – Transformador real em carga	46
1.º – Equações do transformador	46
2.º – Diagrama vectorial	47
3.º – Esquema equivalente do transformador	49
4.º – Problemas	52
5.º – Ensaio do transformador em curto-circuito. Tensão de curto-circuito.	53
6.º – Problemas	55
7.º – Esquema simplificado do transformador. Aproximação de Kapp	56
8.º – Diagrama de Kapp	57
9.º – Problemas	58
4 – Queda de tensão em carga	59
4.1 – Experiência	59
1.º – Condução do ensaio	59
2.º – Interpretação dos fenómenos	60
4.2 – Determinação da queda de tensão	62
1.º – Método gráfico	62
2.º – Método analítico	62
3.º – Problemas	63
4.3 – Curvas características do transformador em carga	65
4.4 – Regulação da tensão secundária	66
5 – Corrente de curto-circuito em regime nominal	69
1.º – Cálculo da corrente de curto-circuito	69
2.º – Efeitos da corrente de curto-circuito	69
3.º – Problemas	70
6 – Chapa de características	71
7 – Balanço energético. Rendimento	71
1.º – Perdas	71
2.º – Balanço energético	72
3.º – Rendimento	73
4.º – Problemas	75
8 – Paralelo de transformadores	78
1.º – Condições de paralelo	78
2.º – Polaridade dos terminais	80
3.º – Estabelecimento do paralelo	81

### III – TRANSFORMADOR TRIFÁSICO

1 – Constituição	84
2 – Comparação entre a unidade trifásica e o banco de transformadores monofásicos	89
1.º – Vantagens do transformador trifásico	89
2.º – Vantagens do banco de transformadores monofásicos	89
3 – Ligação dos enrolamentos	90
4 – Convenções. Placa de terminais	91
5 – Aplicações de cada ligação	92
6 – Grupos de ligações. Notação horária	93
1.º – Introdução	93
2.º – Atribuição do índice horário	94
7 – Grandezas nominais	98
8 – Relação global de transformação	98
9 – Ligação em paralelo de transformadores trifásicos	100
10 – Chapa de características	101
11 – Formulário para o transformador trifásico	102
1.º – Fórmulas	102
2.º – Problemas	104
12 – Refrigeração dos transformadores	108
12.1 – Sistemas de refrigeração	108
1.º – Arrefecimento natural no ar	108
2.º – Arrefecimento natural no óleo ou no piraleno	109
3.º – Arrefecimento artificial no óleo	112
4.º – Chave de identificação dos sistemas de arrefecimento	115
12.2 – Depósito de expansão ou conservador de óleo	116
12.3 – Transformadores de distribuição do tipo seco	117

### IV – TRANSFORMADORES ESPECIAIS

1 – Autotransformador	122
1.º – Constituição	122
2.º – Vantagens	123
3.º – Desvantagens	124
4.º – Aplicações	124
2 – Transformadores de medida	125
1.º – Introdução	125
2.º – Transformadores de tensão (T.T.)	127
3.º – Transformadores de intensidade (T.I.)	129
4.º – Problemas	132
3 – Transformadores de número de fases	133
1.º – Transformação trifásico-bifásico	133
2.º – Transformação trifásico-hexafásico	135
3.º – Transformação trifásico-dodecafásico	135

### SOLUÇÕES DOS PROBLEMAS

138