

# برقی آلات

خالد خان یوسفزئی

جامعہ کامیٹ، اسلام آباد

khalidyoufazai@comsats.edu.pk



# عنوان

ix	دیاچہ
3	1 بنیادی حقائق
3	1.1 بنیادی اکائیاں
3	1.2 غیر سمتی
4	1.3 سمتیہ
5	1.4 محدود
5	1.4.1 کارتیسی محدودی نظام
7	1.4.2 تکلی محدودی نظام
9	1.5 سمتیہ رقبہ
11	1.6 رقبہ عمودی تراش
12	1.7 برقی اور مقناطیسی میدان
12	1.7.1 برقی میدان اور برقی میدان کی شدت
13	1.7.2 مقناطیسی میدان اور مقناطیسی میدان کی شدت

13	سطحی اور حجمی کشافیت	1.8
13	1.8.1 سطحی کشافیت	
14	حجمی کشافیت	1.9
15	صلیبی ضرب اور ضرب نقطہ	1.10
15	1.10.1 صلیبی ضرب	
17	1.10.2 نقطی ضرب	
20	1.11 تفرق اور جزوی تفرق	
20	1.12 خطی مکمل	
21	1.13 سطحی مکمل	
22	1.14 مرحلی سمتیہ	
27	2 مقناطیسی ادوار	
27	2.1 مزاحمت اور پنکچا ہٹ	
28	2.2 کشافیت برقی رد اور برقی میدان کی شدت	
30	2.3 برقی ادوار	
32	2.4 مقناطیسی دور حصہ اول	
34	2.5 کشافیت مقناطیسی بہا اور مقناطیسی میدان کی شدت	
36	2.6 مقناطیسی دور حصہ دوم	
40	2.7 خود امالہ، مشترکہ امالہ اور توانائی	
47	2.8 مقناطیسی مادہ کے خواص	
51	2.9 ہیبان شدہ لچھا	

57	3	ٹرانسفارمر
58	3.1	ٹرانسفارمر کی اہمیت
61	3.2	ٹرانسفارمر کے اقسام
61	3.3	امالی برقی دباؤ
63	3.4	ہیجان انگیز برقی رد اور قابلی ضیاع
66	3.5	تبادلہ برقی دباؤ اور تبادلہ برقی رو کے خواص
70	3.6	ثانوی جانب بوجھ کا ابتدائی جانب اثر
71	3.7	ٹرانسفارمر کی علامت پر نقطوں کا مطلب
72	3.8	رکاوٹ کا تبادلہ
77	3.9	ٹرانسفارمر کا وولٹ-امپیئر
79	3.10	ٹرانسفارمر کے امالہ اور مساوی ادوار
79	3.10.1	لچھے کی مزاحمت اور اس کی متعاملہ علیحدہ کرنا
81	3.10.2	رستا امالہ
82	3.10.3	ثانوی برقی رد اور قالب کے اثرات
83	3.10.4	ثانوی لچھے کا امالی برقی دباؤ
83	3.10.5	ثانوی لچھے کی مزاحمت اور متعاملہ کے اثرات
85	3.10.6	رکاوٹ کا ابتدائی یا ثانوی جانب تبادلہ
87	3.10.7	ٹرانسفارمر کے سادہ ترین مساوی دور
88	3.11	کھلے دور معائنہ اور کسر دور معائنہ
88	3.11.1	کھلے دور معائنہ
91	3.11.2	کسر دور معائنہ
95	3.12	تین مرحلہ ٹرانسفارمر
102	3.13	ٹرانسفارمر چالو کرتے لمحہ زیادہ محرکی برقی رو کا گزر

105	4	برقی اور میکانیکی توانائی کا باہمی تبادلہ
105	4.1	مقتناطیسی نظام میں قوت اور قوت مروڑ . . . . .
111	4.2	تبادلہ توانائی والا ایک لچھے کا نظام . . . . .
117	4.3	توانائی اور ہمہ توانائی . . . . .
121	4.4	متعدد لچھوں کا مقتناطیسی نظام . . . . .
129	5	گھومتے مشین کے بنیادی اصول
129	5.1	قانونِ فیراڈے . . . . .
130	5.2	معاصر مشین . . . . .
140	5.3	محرک برقی دباؤ . . . . .
144	5.4	پھیلے لچھے اور سائن نما مقتناطیسی دباؤ . . . . .
145	5.4.1	بدلتی رو والے مشین . . . . .
153	5.5	مقتناطیسی دباؤ کی گھومتی موجیں . . . . .
154	5.5.1	ایک دور کی لپٹی مشین . . . . .
155	5.5.2	تین دور کی لپٹی مشین کا تحلیلی تجزیہ . . . . .
160	5.5.3	تین دور کی لپٹی مشین کا تریسی تجزیہ . . . . .
163	5.6	محرک برقی دباؤ . . . . .
163	5.6.1	بدلتی رو برقی جنریٹر . . . . .
168	5.6.2	یک سمتی رو برقی جنریٹر . . . . .
169	5.7	ہموار قطب مشینوں میں قوت مروڑ . . . . .
170	5.7.1	توانائی کے طریقے سے میکانیکی قوت مروڑ کا حساب . . . . .
172	5.7.2	مقتناطیسی بہاؤ سے میکانیکی قوت مروڑ کا حساب . . . . .

179	6 یکساں حال، برقرار چالو معاصر مشین
180 . . . . .	6.1 متعدد مرحلہ معاصر مشین
183 . . . . .	6.2 معاصر مشین کے امالہ
184 . . . . .	6.2.1 خود امالہ
185 . . . . .	6.2.2 مشترکہ امالہ
187 . . . . .	6.2.3 معاصر امالہ
189 . . . . .	6.3 معاصر مشین کا مساوی دور یا ریاضی نمونہ
191 . . . . .	6.4 برقی طاقت کی منتقلی
196 . . . . .	6.5 یکساں حال، برقرار چالو مشین کے خصوصیات
196 . . . . .	6.5.1 معاصر جزیئر: برقی بوجھ بالمقابل $I_m$ کے خطوط
197 . . . . .	6.5.2 معاصر موٹر: $I_a$ بالمقابل $I_m$ کے خط
199 . . . . .	6.6 کھلے دور اور کسر دور معائنہ
199 . . . . .	6.6.1 کھلے دور معائنہ
200 . . . . .	6.6.2 کسر دور معائنہ

- 7.1 ساکن لچھوں کی گھومتی مقناطیسی موج . . . . . 212
- 7.2 مشین کی سرکے اور گھومتی موجوں پر تبصرہ . . . . . 212
- 7.3 ساکن لچھوں میں امالی برقی دباؤ . . . . . 215
- 7.4 ساکن لچھوں کی موج کا گھومتے لچھوں کے ساتھ اضافی رفتار اور ان میں پیدا امالی برقی دباؤ . . . . . 215
- 7.5 گھومتے لچھوں کی گھومتی مقناطیسی دباؤ کی موج . . . . . 219
- 7.6 گھومتے لچھوں کے مساوی فرضی ساکن لچھے . . . . . 220
- 7.7 امالی موٹر کا مساوی برقی دور . . . . . 221
- 7.8 مساوی برقی دور پر غور . . . . . 226
- 7.9 امالی موٹر کا مساوی تھون دور یا ریاضی نمونہ . . . . . 230
- 7.10 پنجرانما امالی موٹر . . . . . 236
- 7.11 بے بوجھ موٹر اور جامد موٹر کے معائنہ . . . . . 237
- 7.11.1 بے بوجھ موٹر کا معائنہ . . . . . 237
- 7.11.2 جامد موٹر کا معائنہ . . . . . 239

- 8.1 میکانی سمت کار کی بنیادی کارکردگی . . . . . 245
- 8.1.1 میکانی سمت کار کی تفصیل . . . . . 247
- 8.2 یک سمتی جزیر کی برقی دباؤ . . . . . 251
- 8.3 قوت مروڑ . . . . . 253
- 8.4 بیرونی پیمان اور خود پیمان یک سمتی جزیر . . . . . 255
- 8.5 یک سمتی مشین کی کارکردگی کے خط . . . . . 259
- 8.5.1 حاصل برقی دباؤ بالمتقابل برقی بوجھ . . . . . 259
- 8.5.2 رفتار بالمتقابل قوت مروڑ . . . . . 261





## باب 3

### ٹرانسفارمر

ٹرانسفارمر وہ آلہ ہے جو بدلتا برقی دباؤ کو تبدیل کرتا ہے۔ یہ دو یا دو سے زیادہ لچھوں پر مشتمل ہوتا ہے جو مقناطیسی قالب<sup>1</sup> پر لپٹے ہوتے ہیں۔ یہ لچھے عموماً آپس میں جڑے ہوئے نہیں ہوتے۔ شکل 3.1-الف میں ٹرانسفارمر کی علامت دکھائی گئی ہے۔ دو لچھوں کے درمیان متوازی لکیریں مقناطیسی قالب کو ظاہر کرتی ہیں۔

دستیاب برقی دباؤ<sup>2</sup> پر ٹرانسفارمر کے ایک لچھے کو برقی طاقت فراہم کی جاتی ہے اور باقی لچھوں سے مختلف برقی دباؤ پر یہی برقی طاقت حاصل کی جاتی ہے۔ جس لچھے پر برقی دباؤ لاگو کیا جائے اسے ابتدائی لچھا<sup>3</sup> کہتے ہیں اور ٹرانسفارمر کی اس جانب کو ابتدائی جانب<sup>4</sup> کہتے ہیں۔ اسی طرح جس لچھے (لچھوں) سے برقی طاقت حاصل کی جاتی ہے اسے (انہیں) ثانوی لچھا<sup>5</sup> (لچھے) کہتے ہیں اور اس جانب کو ثانوی جانب<sup>6</sup> کہتے ہیں۔ ایسا شکل 3.1-ب میں دکھایا گیا ہے۔ ٹرانسفارمر کی علامت میں ابتدائی جانب کو بائیں طرف اور ثانوی جانب کو دائیں طرف دکھایا جاتا ہے۔

بڑے ٹرانسفارمر عموماً صرف دو لچھوں پر مشتمل ہوتے ہیں۔ اس کتاب میں مقناطیسی قالب پر لپٹے ہوئے دو لچھوں کے قوی ٹرانسفارمر پر تبصرہ کیا جائے گا۔

<sup>1</sup>magnetic core

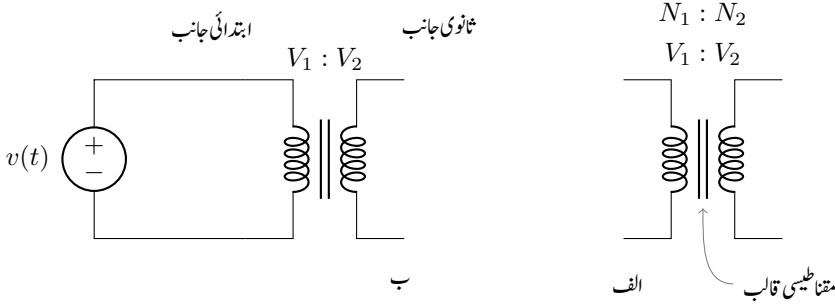
<sup>2</sup>بدلتی برقی دباؤ کی علامت میں مثبت اور منفی نشان وقت صفر پر برقی دباؤ کی مثبت اور منفی سرے ظاہر کرتے ہیں۔

<sup>3</sup>primary coil

<sup>4</sup>primary side

<sup>5</sup>secondary coil

<sup>6</sup>secondary side



شکل 3.1: ٹرانسفارمر کی علامت۔

ٹرانسفارمر کے کم برقی دباؤ کے لچھے کو کم برقی دباؤ کا لچھا<sup>7</sup> کہتے ہیں اور ٹرانسفارمر کی اس جانب کو کم برقی دباؤ والی جانب کہتے ہیں جبکہ ٹرانسفارمر کے زیادہ برقی دباؤ کے لچھے کو زیادہ برقی دباؤ کا لچھا<sup>8</sup> کہتے ہیں اور ٹرانسفارمر کی اس جانب کو زیادہ برقی دباؤ والی جانب کہتے ہیں۔

یوں اگر ٹرانسفارمر کے کم برقی دباؤ جانب برقی دباؤ لاگو کیا جائے اور زیادہ برقی دباؤ جانب سے برقی دباؤ حاصل کیا جائے تو ٹرانسفارمر کی کم برقی دباؤ جانب کو ابتدائی جانب کہیں گے اور اس کی زیادہ برقی دباؤ جانب کو ثانوی جانب کہیں گے۔

### 3.1 ٹرانسفارمر کی اہمیت

بدلتے رو کی برقی طاقت ایک مقام سے دوسرے مقام با آسانی اور نہایت کم برقی طاقت کی ضیاع سے منتقل کی جا سکتی ہے۔ یہی اس کی مقبولیت کا راز ہے۔ ٹرانسفارمر کے تبادلہ برقی دباؤ<sup>9</sup> کی خصوصیت ایسا کرنے میں کلیدی کردہر ادا کرتی ہے جسے درج ذیل مثال کی مدد سے سمجھتے ہیں۔

مثال 3.1: شکل 3.2 سے رجوع کریں۔ برقی دباؤ اور برقی رو کی حاصل ضرب برقی طاقت ہوتی ہے:

$$p = v_1 i_1 = v_2 i_2$$

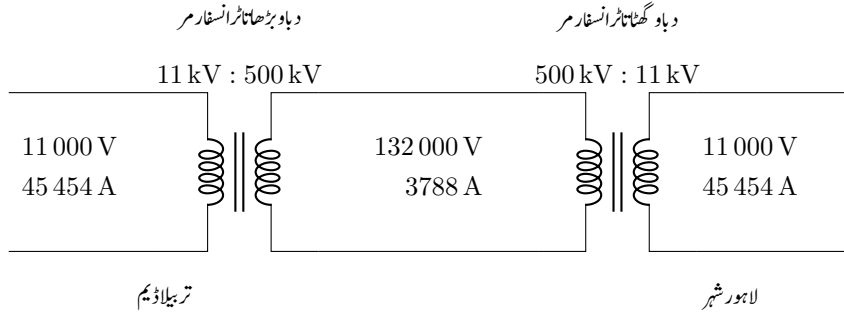
تصور کریں کہ تربیلا ڈیم سے 500 MW برقی طاقت لاہور<sup>10</sup> شہر کے گھریلو صارفین کو 220 وولٹ پر مہیا کرنی

<sup>7</sup> low voltage coil

<sup>8</sup> high voltage coil

<sup>9</sup> voltage transformation property

<sup>10</sup> ضلع صوابی میں بھی لاہور ایک تحصیل ہے لیکن اس شہر کو اتنی طاقت نہیں درکار



شکل 3.2: برقی طاقت کی منتقلی۔

ہے۔ اگر ہم اس طاقت کو 220 وولٹ پر ہی منتقل کرنا چاہیں تب برقی رو

$$i = \frac{p}{v} = \frac{500\,000\,000}{220} = 2\,272\,727\text{ A}$$

ہوگی۔ برقی تار میں کثافتِ برقی رو  $J_{au}$  تقریباً 5 ایمپیر فی مربع ملی میٹر  $J_{au} = 5 \frac{\text{A}}{\text{mm}^2}$  ممکن ہوتی ہے۔ یہ ایک محفوظ کثافتِ برقی رو ہے۔ اگر برقی تار میں اس سے زیادہ برقی رو گزاری جائے تو اس کی مزاحمت میں برقی طاقت کے ضیاع سے یہ گرم ہو کر پگھل سکتی ہے۔ اس طرح صفحہ 14 پر مساوات 1.23 سے برقی تار کا رقبہ عمودی تراش

$$A = \frac{i}{J_{au}} = \frac{2\,272\,727}{5} = 454\,545\text{ mm}^2$$

ہو گا۔ گول تار تصور کریں تو اس کا رداس درج ذیل ہو گا۔

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{454\,545}{\pi}} = 380\text{ mm} = 0.38\text{ m}$$

اتنی موٹی برقی تار کہیں نہیں پائی جاتی ہے<sup>11</sup>۔ اگر یہ تار المونیم کی بنی ہو جس کی کثافت  $\rho_v = 2700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$  ہوتی ہے تب ایک میٹر لمبی تار کی کمیت

$$m = 2700 \times \pi \times 0.38^2 \times 1 = 1224\text{ kg}$$

یعنی 1.2 ٹن ہوگی۔ المونیم اتنی مہنگی ہے کہ اس صورت میں اتنی برقی طاقت کو لاہور پہنچانا ممکن نہیں ہو گا<sup>12</sup>۔

<sup>11</sup> آپ مائیں یا نہ مائیں، آپ نے بھی اتنی موٹی برقی تار کبھی نہیں دیکھی ہوگی۔

<sup>12</sup> آج کل لاہور میں بجلی کی معطلی اس وجہ سے نہیں ہے۔

آئیں اب ٹرانسفارمر استعمال کر کے دیکھتے ہیں۔ ڈیم پر ایک ٹرانسفارمر نسب کر کے برقی دباؤ کو بڑھا کر 132 000 وولٹ یعنی 132 کلو وولٹ کیا جاتا ہے۔ یوں برقی رو درج ذیل ہوگا

$$i = \frac{p}{v} = \frac{500\,000\,000}{132\,000} = 3788 \text{ A}$$

جس کے لئے درکار برقی تار

$$A = \frac{i}{J_{au}} = \frac{3788}{5} = 758 \text{ mm}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = \sqrt{\frac{1667}{\pi}} = 15.5 \text{ mm}$$

□

صرف 15.5 ملی میٹر رداس کی ہوگی۔

اس مثال میں اگر تربیلا ڈیم میں نسب جنریٹر 11000 وولٹ برقی دباؤ پیدا کر رہا ہو تو تربیلا ڈیم پر نسب ٹرانسفارمر برقی دباؤ کو 11000 وولٹ سے بڑھا کر 132 کلو وولٹ کرے گا جبکہ لاہور شہر میں نسب ٹرانسفارمر 132 کلو وولٹ کو واپس 11000 وولٹ کرے گا۔

اسی مثال کو بڑھاتے ہیں۔ شہر میں 220 وولٹ کی بجائے 11000 وولٹ صارف کے قریب پہنچا کر محلہ میں نسب ٹرانسفارمر کی مدد سے 11000 وولٹ کو مزید گھٹا کر 220 وولٹ کیا جائے گا جو صارف کو فراہم کیے جائیں گے۔

شکل 3.2 میں ڈیم سے شہر تک کا نظام دکھایا گیا ہے جہاں ڈیم پر نسب ٹرانسفارمر کو برقی دباؤ بڑھانا ٹرانسفارمر<sup>13</sup> اور لاہور میں نسب ٹرانسفارمر کو برقی دباؤ گھٹانا ٹرانسفارمر<sup>14</sup> کہا گیا ہے۔

برقی طاقت عموماً 11 کلو وولٹ اور 25 کلو وولٹ کے مابین پیدا کی جاتی ہے۔ اس کی منتقلی 110 کلو وولٹ اور 1000 کلو وولٹ کے بیچ کی جاتی ہے جبکہ اس کا استعمال 1000 وولٹ سے کم پر کیا جاتا ہے۔

## 3.2 ٹرانسفارمر کے اقسام

گھروں اور کارخانوں کو برقی طاقت فراہم کرنے والے ٹرانسفارمر مقناطیسی قالب پر لپیٹے جاتے ہیں۔ یہ عموماً تین مرحلہ<sup>15</sup> ہوتے ہیں جنہیں لوہے کے قالب والے تین مرحلہ قومی ٹرانسفارمر<sup>16</sup> کہتے ہیں۔

نہایت چھوٹے ٹرانسفارمر عموماً لوہے کے قالب پر بنائے جاتے ہیں اور یکے مرحلہ<sup>17</sup> ہوتے ہیں۔ یہ گھریلو استعمال کے برقی مشین، مثلاً موبائل چارجر، وغیرہ میں نسب ہوتے ہیں اور 220 وولٹ سے برقی دباؤ مزید گھٹاتے ہیں۔

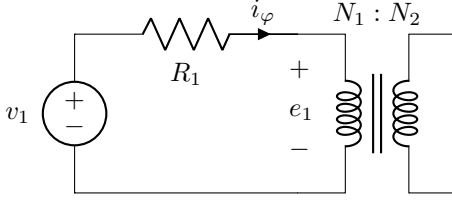
برقی دباؤ کی پیمائش کے لئے مستعمل ٹرانسفارمر، جو دباؤ کے ٹرانسفارمر<sup>18</sup> کہلاتے ہیں، کے ثانوی اور ابتدائی برقی دباؤ کی تناسب پر خاص توجہ دی جاتی ہے۔ اسی طرح برقی رو کی پیمائش کے لئے مستعمل ٹرانسفارمر، جو رو کے ٹرانسفارمر<sup>19</sup> کہلاتے ہیں، کے ثانوی اور ابتدائی رو کی تناسب پر خاص توجہ دی جاتی ہے۔ ویسے تو ہر ٹرانسفارمر کسی تناسب سے برقی دباؤ یا برقی رو کم یا زیادہ کرتا ہے لیکن جیسا پہلے ذکر کیا گیا، ان دو اقسام کے ٹرانسفارمر میں کم اور زیادہ کرنے کی تناسب پر خاص توجہ دی جاتی ہے۔ ان دو اقسام کے ٹرانسفارمر کی برقی سکت<sup>20</sup> نہایت کم<sup>21</sup> ہوتی ہے۔

ٹرانسفارمر کے لچھوں کے مابین مشترکہ مقناطیسی بہاؤ خلاء کے ذریعہ بھی ممکن ہے۔ انہیں خلائی قالب ٹرانسفارمر<sup>22</sup> کہتے ہیں۔ ایسے ٹرانسفارمر ذرائع ابلاغ<sup>23</sup> کے ادوار، یعنی ریڈیو، ٹی وی وغیرہ میں پائے جاتے ہیں۔ ان ٹرانسفارمر کی علامت شکل 3.3 میں دکھائی گئی ہے جس میں قالب ظاہر کرنے والی متوازی لکیریں نہیں پائی جاتی ہیں۔

## 3.3 امالی برقی دباؤ

اس حصے کا بنیادی مقصد بیرونی برقی دباؤ  $v$  اور اندرونی امالی برقی دباؤ  $e$  میں فرق واضح کرنا اور ان سے متعلق تکنیکی اصطلاحات کا تعارف ہے۔

three phase<sup>15</sup>iron core, three phase power transformer<sup>16</sup>single phase<sup>17</sup>potential transformer<sup>18</sup>current transformer<sup>19</sup>electrical rating<sup>20</sup>یہ عموماً تقریباً پچیس وولٹ۔ ایکسپریس سکت رکھتے ہیں۔<sup>21</sup>air core transformer<sup>22</sup>communication transformer<sup>23</sup>



شکل 3.3: خلائی ٹرانسفارمر کی علامت۔

شکل 3.4: بیرونی برقی دباؤ اور اندرونی امالی برقی دباؤ میں فرق۔

شکل 3.4 میں بے بوجھ <sup>24</sup> ٹرانسفارمر دکھایا گیا ہے، یعنی اس کا ثانوی لچھا کھلے دور رکھا گیا ہے۔ ابتدائی لچھے کی مزاحمت  $R_1$  ہے جس کو بیرونی جزو دکھایا گیا ہے۔ ابتدائی لچھے پر  $v_1$  برقی دباؤ لاگو کرنے سے ابتدائی لچھے میں ہیجان انگیز <sup>25</sup> برقی رو  $i_\phi$  گزرے گا۔ اس ہیجان انگیز برقی رو سے پیدا مقناطیسی دباؤ  $N_1 i_\phi$  قالب میں مقناطیسی بہاؤ  $\phi$  پیدا کے گا۔ یہ بدلتا مقناطیسی بہاؤ ابتدائی لچھے میں امالی برقی دباؤ  $e_1$  پیدا کرتا ہے جسے درج ذیل مساوات پیش کرتی ہے۔

$$(3.1) \quad e_1 = -\frac{d\lambda}{dt} = -N_1 \frac{d\phi}{dt}$$

اس مساوات میں

- $\lambda$  ابتدائی لچھے کی مقناطیسی بہاؤ کے ساتھ ارتباط بہاؤ ہے،
- $\phi$  مقناطیسی قالب میں مقناطیسی بہاؤ جو دونوں لچھوں میں سے گزرتی ہے،
- $N_1$  ابتدائی لچھے کے چکر ہیں۔

ابتدائی لچھے کی مزاحمت  $R_1$  صفر نہ ہونے کی صورت میں کرخوف کے قانون برائے برقی دباؤ کے تحت درج ذیل ہو گا۔

$$(3.2) \quad v_1 = i_\phi R_1 + e_1$$

<sup>24</sup> unloaded  
<sup>25</sup> excitation current

شکل 3.4 میں اس مزاحمت کو بطور بیرونی جزو، ٹرانسفارمر کے باہر، دکھایا گیا ہے۔ اس لچھے کی رستا متعاملہ بھی ہوگی جسے نظر انداز کیا گیا ہے۔ عموماً طاقت کے ٹرانسفارمر اور موٹروں میں  $i_{\varphi} R_{l1}$  کی قیمت  $e_1$  اور  $v_1$  کی قیمتوں سے بہت کم ہوتی ہے لہذا اسے نظر انداز کیا جاسکتا ہے۔ ایسا کرتے ہوئے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.3) \quad v_1 = e_1 = -N_1 \frac{d\varphi}{dt}$$

مساوات 3.2 سے ثابت ہوتا ہے کہ بیرونی لاگو برقی دباؤ  $v_1$  اور اندرونی امالی برقی دباؤ  $e_1$  دو علیحدہ برقی دباؤ ہیں۔ یہ بات سمجھ لینا بہت ضروری ہے۔ مساوات 3.3 کے تحت  $v_1$  اور  $e_1$  کی مطلق قیمتیں (تقریباً) ایک دوسرے کے برابر ہوتی ہیں<sup>26</sup>۔ مساوات 3.3 میں دائیں ہاتھ منفی کی علامت پائی جاتی ہے۔ (ہمیں عموماً برقی دباؤ کی مطلق قیمت درکار ہوتی ہے تاکہ اس کی علامت لہذا اس کتاب میں مساوات 3.3 طرز کی مساواتوں میں دائیں ہاتھ منفی کی علامت عموماً نہیں لکھی گئی ہے۔)

لچھا یتجاہز<sup>27</sup> کرنے سے مراد اس پر بیرونی برقی دباؤ لاگو کرنا ہے جبکہ لچھے پر لاگو بیرونی برقی دباؤ کو یتجاہز انگیز برقی دباؤ<sup>28</sup> کہتے ہیں۔ لچھے کو یتجاہز شدہ لچھا<sup>29</sup> جبکہ اس میں رواں برقی رو کو یتجاہز انگیز برقی رو<sup>30</sup> کہتے ہیں۔

لچھے میں گزرتی مقناطیسی بہاؤ کی تبدیلی سے برقی دباؤ حاصل کیا جاسکتا ہے۔ ٹرانسفارمر میں ساکن لچھا سے برقی دباؤ حاصل کیا جاتا ہے۔ ساکن لچھا سے حاصل برقی دباؤ کو امالہ برقی دباؤ<sup>31</sup> کہتے ہیں۔ برقی دباؤ کا حصول مقناطیسی میدان میں لچھے کی حرکت سے بھی ممکن ہے۔ ایسے برقی دباؤ کو محرک برقی دباؤ<sup>32</sup> کہتے ہیں۔ یاد رہے ان برقی دباؤ میں کسی قسم کا فرق نہیں ہوتا۔ انہیں مختلف نام صرف پہچان کی خاطر دئے جاتے ہیں۔

### 3.4 ہیجان انگیز برقی رد اور قابلی ضیاع

جہاں مقناطیسی قالب میں بدلتا مقناطیسی بہاؤ ثانوی لچھوں میں فائدہ مند برقی دباؤ پیدا کرتا ہے وہاں یہ مقناطیسی قالب میں نقصان دہ برقی دباؤ کو بھی جنم دیتا ہے جس سے مقناطیسی قالب میں بھنور نما برقی رو<sup>33</sup> پیدا ہوتا ہے۔ بھنور نما برقی

<sup>26</sup> جس سے غلط فہمی پیدا ہوتی ہے کہ یہ ایک ہی برقی دباؤ کے دو مختلف نام ہیں۔

<sup>27</sup> excite

<sup>28</sup> excitation voltage

<sup>29</sup> excited coil

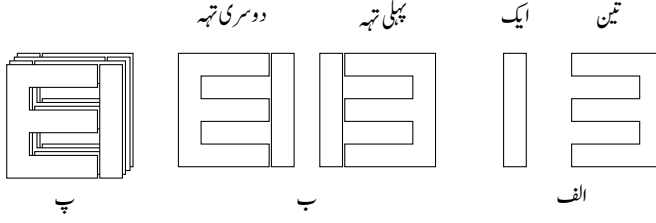
<sup>30</sup> excitation current

<sup>31</sup> induced voltage

<sup>32</sup> electromotive force, emf

<sup>33</sup> eddy currents





شکل 3.5: قالبی پتری کے اشکال اور ان کو تہہ در تہہ رکھنے کا طریقہ۔

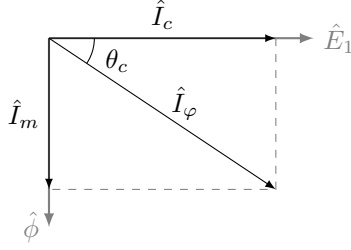
رو مقناطیسی قالب میں برقی طاقت کے ضیاع کا سبب بنتا ہے جسے بھنور نما برقی رو کا ضیاع<sup>34</sup> یا مختصر آ قالبی ضیاع<sup>35</sup> کہتے ہیں۔ قالبی ضیاع کو کم سے کم کرنے کے لئے مقناطیسی قالب کو باریک لوہے کی پتیا<sup>36</sup> تہہ در تہہ رکھ کر بنایا جاتا ہے۔ ان پتروں پر غیر موصل روغن<sup>37</sup> کی تہہ لگائی جاتی ہے تاکہ بھنور نما برقی رو کو روکا جاسکے۔ آپ دیکھیں گے کہ برقی مشین کا قالب عموماً اسی طرح بنایا جاتا ہے۔ شکل 2.15 اور جدول 2.1 میں 0.3048 ملی میٹر موٹی M5 قالبی پتری کا  $B - H$  مواد دیا گیا ہے۔

شکل 3.5-الف میں قالبی پتروں کے دو اشکال دکھائے گئے ہیں۔ ان کی صورت کی وجہ سے انہیں ایکے اور تین<sup>38</sup> پتری کہتے ہیں۔ شکل 3.5-ب میں ایک پتروں اور تین پتروں کو دو طرح آپس میں رکھا گیا ہے۔ ان دو طریقوں سے انہیں تہہ در تہہ رکھا جاتا ہے۔ لہذا اگر پہلی تہہ میں ایک دائیں جانب اور تین بائیں جانب رکھا جائے تو اس کے اوپر دوسری تہہ میں ایک کو بائیں جانب اور تین کو دائیں جانب رکھا جائے گا۔ تیسری تہہ میں پھر ایک کو دائیں اور تین کو بائیں جانب رکھا جائے گا، وغیرہ۔ اسی طرح انہیں جوڑ کر شکل 3.5-پ میں دکھایا گیا قالب حاصل کیا جاتا ہے۔

ہیجان انگیز برقی رو بے بوجھ اور بوجھ بردار ٹرانسفارمر میں یکساں ہوتا ہے۔ جیسا کہ پہلے بھی ذکر کیا گیا ہے، قوی ٹرانسفارمر اور موٹروں میں برقی دباؤ اور مقناطیسی بہاؤ سائن نما ہوتے ہیں جبکہ ان میں ہیجان انگیز برقی رو غیر سائن نما ہوتا ہے۔ یوں اگر

$$(3.4) \quad \begin{aligned} \varphi &= \phi_0 \sin \omega t = \phi_0 \cos (\omega t - 90^\circ) \\ \hat{\varphi} &= \phi_0 / -90^\circ \end{aligned}$$

eddy current loss<sup>34</sup>  
core loss<sup>35</sup>  
laminations<sup>36</sup>  
enamel<sup>37</sup>  
 $E, I$ <sup>38</sup>



شکل 3.6: مختلف مرحلی سمتیوں کے زاویے۔

ہو تب

$$(3.5) \quad e_1 = N_1 \frac{d\phi}{dt} = \omega N_1 \phi_0 \cos \omega t$$

$$\hat{E}_1 = \omega N_1 \phi_0 \angle 0$$

ہو<sup>39</sup> گا۔ یہاں  $\phi_0$  مقناطیسی بہاو کے حیطہ کو ظاہر کرتی ہے اور  $\omega$  زاویائی تعداد ارتعاش یعنی  $2\pi f$  کو ظاہر کرتی ہے جہاں  $f$  تعداد ارتعاش ہے جسے ہر ٹز Hz میں ناپا جاتا ہے۔ جیسا شکل 3.6 میں دکھایا گیا ہے  $\hat{E}_1$  اور  $\hat{\phi}$  کے بیچ  $90^\circ$  کا زاویہ ہو گا۔  $e_1$  برقی دباؤ کی موثر قیمت  $E_{rms}$

$$(3.6) \quad E_{rms} = \frac{\omega N_1 \phi_0}{\sqrt{2}} = 4.44 f N_1 \phi_0$$

ہے جس سے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.7) \quad \phi_0 = \frac{E_{rms}}{4.44 f N_1 \phi_0}$$

یہاں رکھ کر دوبارہ نظر ثانی کرتے ہیں۔ اگر ایک لمحے پر  $E_{rms}$  موثر برقی دباؤ لاگو کیا جائے تو یہ لچھا اتنا ہیجان انگیز برقی رو  $i_\phi$  گزرنے دیتا ہے جس سے نمودار ہونے والا مقناطیسی بہاو مساوات 3.7 میں دیے گئے مقناطیسی بہاو  $\phi_0$  کے برابر ہو۔ یہ حقیقت نہ صرف ٹرانسفارمر بلکہ کسی بھی مقناطیسی دور کے لئے درست اور لازم ہے۔

غیر سائن نما ہیجان انگیز برقی رو  $i_\phi$  کو فوریر تسلسل<sup>40</sup> سے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.8) \quad i_\phi = \sum_n (a_n \cos n\omega t + b_n \sin n\omega t)$$

<sup>39</sup> اس مساوات میں اور اس کے بعد پوری کتاب میں امالی برقی دباؤ کے ساتھ متقی علامت نہیں لگائی گئی ہے۔

<sup>40</sup> Fourier series

اس تسلسل میں  $(a_1 \cos \omega t + b_1 \sin \omega t)$  کو بنیادی جزو<sup>41</sup> جبکہ باقی حصہ کو موسیقائی جزو<sup>42</sup> کہتے ہیں۔ بنیادی جزو میں  $a_1 \cos \omega t$ ، مقناطیسی بہاو سے وجود میں آنے والے امالی برقی دباؤ،  $e_1$  (مساوات 3.5) کے ہم قدم ہے اور دونوں ایک ساتھ بڑھتے اور گھٹتے ہیں جبکہ  $b_1 \sin \omega t$  نوے درجہ زاویہ  $e_1$  کے پیچھے رہتا ہے۔ قالب میں مختلف وجوہات کی بنا برقی طاقت کی ضائع، کو  $a_1 \cos \omega t$  ظاہر کرتی ہے۔ اسی لئے اس جزو کو جزو قالبی ضیاع<sup>43</sup> کہتے ہیں۔ ہیجان انگیز برقی رو  $i_\phi$  سے  $a_1 \cos \omega t$  منفی کر کے مقناطیس بنانے والا برقی رو یا مقناطیسی برقی رو<sup>44</sup> حاصل ہو گا۔ تسلسل کی تیسری موسیقائی جزو سب سے زیادہ اہم ہے۔ قوی ٹرانسفارمر میں تیسرا موسیقائی جزو عموماً کل ہیجان انگیز برقی رو کا 40 فی صد ہوتا ہے۔

ماسوائے جب ہیجان انگیز برقی رو کے اثرات پر غور کیا جا رہا ہو، ہم ہیجان انگیز برقی رو کے غیر سائن نما ہونے کو نظر انداز کرتے ہیں۔ قوی ٹرانسفارمر کا ہیجان انگیز برقی رو اس کے کل برقی رو<sup>45</sup> کا تقریباً 5 فی صد ہوتا ہے لہذا اس کا اثر بہت کم ہوتا ہے۔ یوں ہم ہیجان انگیز برقی رو کو سائن نما تصور کر کے اس کے اثرات پر غور کرتے ہیں۔ ایسا کرنے سے مسئلہ پر غور کرنا آسان ہو جاتا ہے۔ اس فرضی سائن نما ہیجان انگیز برقی رو<sup>46</sup>  $\hat{I}_\phi$  کی موثر قیمت  $I_{\phi,rms}$ ، اصل ہیجان انگیز برقی رو کی موثر قیمت کے برابر رکھی جاتی ہے جبکہ اس کا زاویہ  $\theta_c$  یوں رکھا جاتا ہے کہ اس سے حاصل برقی ضیاع اصل برقی ضیاع کے برابر ہو۔ شکل 3.6 کی مدد سے یہ بات سمجھنی زیادہ آسان ہے۔ قالبی ضیاع  $p_c$  ہونے کی صورت میں  $\theta_c$  کی قیمت یوں منتخب کی جائے گی کہ درج ذیل مساوات درست ہو۔

$$(3.9) \quad p_c = E_{rms} I_{\phi,rms} \cos \theta_c$$

$\hat{I}_\phi$  دباؤ  $\hat{E}_1$  سے  $\theta_c$  پیچھے ہو گا۔

### 3.5 تبادلہ برقی دباؤ اور تبادلہ برقی رو کے خواص

ہم شکل 3.7 کی مدد سے ٹرانسفارمر کا مطالعہ کرتے ہیں۔ ہم فرض کرتے ہیں کہ ابتدائی لچھا  $N_1$  اور ثانوی لچھا  $N_2$  چکر کا ہے اور دونوں لچھوں کی مزاحمتیں صفر ہیں۔ ہم مزید فرض کرتے ہیں کہ پورا مقناطیسی بہاو قالب میں رہتا اور

<sup>41</sup> fundamental component

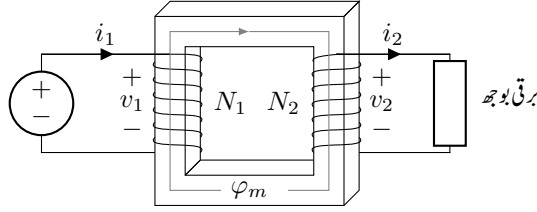
<sup>42</sup> harmonic components

<sup>43</sup> core loss component

<sup>44</sup> magnetizing current

<sup>45</sup> کل برقی رو سے مراد وہ برقی رو ہے جو کل برقی بوجھ لادنے سے حاصل ہوتا ہے۔

<sup>46</sup> یعنی بدلتی برقی رو  $i_\phi$  کو اب مرحلہ سمتیہ کی مدد سے  $\hat{I}_\phi$  لکھتے ہیں



شکل 3.7: کامل بوجھ بردار ٹرانسفارمر۔

دونوں لچھوں سے گزرتا ہے، قالب میں برقی توانائی ضائع نہیں ہوتی اور قالب کا مقناطیسی مستقل اتنا بڑا ہے کہ ہیجان انگیز برقی رو قابل نظر انداز ہے۔ برقی رو  $i_1$  اور  $i_2$  کے رخ یوں رکھے گئے ہیں کہ ان سے پیدا مقناطیسی بہاؤ ایک دوسرے کے مخالف رخ ہیں۔ اصل ٹرانسفارمر ان باتوں پر تقریباً پورا اترتا ہے۔ ایسے ٹرانسفارمر کو کامل ٹرانسفارمر<sup>47</sup> کہتے ہیں۔

کامل ٹرانسفارمر کے ابتدائی لچھے پر بدلتا برقی دباؤ  $v_1$  لاگو کرنے سے قالب میں بدلتا مقناطیسی بہاؤ  $\phi_m$  پیدا ہو گا جو ابتدائی لچھے میں، لاگو برقی دباؤ  $v_1$  کے برابر، امالی برقی دباؤ  $e_1$  پیدا کرتا ہے۔

$$(3.10) \quad v_1 = e_1 = N_1 \frac{d\phi_m}{dt}$$

یہی مقناطیسی بہاؤ دوسرے لچھے سے بھی گزرے گا اور اس میں  $e_2$  امالی برقی دباؤ پیدا کرے گا جو ثانوی سروں پر برقی دباؤ  $v_2$  کی صورت میں نمودار ہو گا۔

$$(3.11) \quad v_2 = e_2 = N_2 \frac{d\phi_m}{dt}$$

مساوات 3.10 کو مساوات 3.11 سے تقسیم کرتے ہوئے درج ذیل رشتہ حاصل ہوتا ہے

$$(3.12) \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{N_1 \frac{d\phi_m}{dt}}{N_2 \frac{d\phi_m}{dt}} = \frac{N_1}{N_2}$$

جس کے تحت کامل ٹرانسفارمر دونوں لچھوں کے چکروں کی نسبت سے تبادلہ برقی دباؤ<sup>48</sup> کرتا ہے۔

کامل ٹرانسفارمر میں طاقت کا ضیاع نہیں ہوتا ہے لہذا اس کو ابتدائی جانب جتنی برقی طاقت فراہم کی جائے وہ اتنی برقی طاقت ثانوی جانب دے گا:

$$(3.13) \quad p = v_1 i_1 = v_2 i_2$$

ideal transformer<sup>47</sup>  
voltage transformation<sup>48</sup>

درج بالا مساوات سے

$$(3.14) \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{i_2}{i_1}$$

لکھا جاسکتا ہے جس کو مساوات 3.12 کے ساتھ ملا کر درج ذیل حاصل ہوتا ہے۔

$$(3.15) \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{i_2}{i_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

مساوات 3.15 ٹرانسفارمر کی متبادلہ برقی دباؤ اور متبادلہ برقی رو<sup>49</sup> کی خاصیت پیش کرتی ہے جسے عموماً دو حصوں میں یوں لکھا جاتا ہے:

$$(3.16) \quad \begin{aligned} \frac{v_1}{v_2} &= \frac{N_1}{N_2} & \text{متبادلہ برقی دباؤ} \\ \frac{i_1}{i_2} &= \frac{N_2}{N_1} & \text{متبادلہ برقی رو} \end{aligned}$$

اس مساوات کا پہلی جزو کہتا ہے کہ ٹرانسفارمر کی دونوں جانب برقی دباؤ دونوں اطراف چکروں کا راست تناسب ہو گا جبکہ مساوات کا دوسری جزو کہتا ہے کہ ٹرانسفارمر کے دونوں اطراف برقی رو چکروں کا بالعکس تناسب ہو گا۔

مثال 3.2: شکل 3.7 میں درج ذیل لیتے ہوئے ٹرانسفارمر کی دونوں جانب برقی دباؤ اور برقی رو معلوم کریں۔

$$\begin{aligned} \hat{V}_1 &= 220/\underline{0} \\ N_1 : N_2 &= 220 : 22 \\ Z &= R = 10 \Omega \end{aligned}$$

حل: ابتدائی جانب برقی دباؤ 220 وولٹ دیا گیا ہے۔ ہم ثانوی جانب برقی دباؤ کو مساوات 3.16 کے پہلی جزو کی مدد سے حاصل کرتے ہیں۔

$$\hat{V}_2 = \frac{N_2}{N_1} \hat{V}_1 = \frac{22}{220} \times 220/\underline{0} = 22/\underline{0}$$

ثانوی دباؤ 22 وولٹ ہے جو ابتدائی دباؤ کے ہم قدم ہے۔ ثانوی برقی دباؤ 10 اوہم کی مزاحمت میں برقی رو پیدا کرے گا جسے اوہم کے قانون سے حاصل کرتے ہیں:

$$\hat{I}_2 = \frac{22/\underline{0}}{10} = 2.2/\underline{0}$$

ثانوی رو 2.2 امپیئر ہے۔ ابتدائی رو مساوات 3.16 کے دوسری جزو سے حاصل کرتے ہیں۔

$$\hat{I}_1 = \frac{N_2}{N_1} \hat{I}_2 = \frac{22}{220} \times 2.2 \angle 0 = 0.22 \angle 0$$

□

اس مثال کے نتائج ایک جگہ لکھ کر ان پر غور کرتے ہیں۔

$$\hat{V}_1 = 220 \angle 0, \quad \hat{V}_2 = 22 \angle 0, \quad \hat{I}_1 = 0.22 \angle 0, \quad \hat{I}_2 = 2.2 \angle 0$$

ابتدائی دباؤ ثانوی دباؤ کے دس گنا ہے جبکہ برقی رو میں قصہ الٹ ہے۔ ثانوی رو ابتدائی رو کے دس گنا ہے۔ طاقت دونوں اطراف برابر ہے۔ یہاں رک کر اس بات کو اچھی طرح سمجھ لیں کہ جس جانب برقی دباؤ زیادہ ہوتا ہے اس جانب برقی رو کم ہو گا۔ یوں زیادہ دباؤ لچھا کے چکر زیادہ ہوں گے اور اس لچھے میں نسبتاً باریک برقی تار استعمال ہو گی جبکہ کم دباؤ لچھا کم چکر کا ہو گا اور اس میں نسبتاً موٹی برقی تار استعمال ہو گی۔ موٹی تار زیادہ رو گزارنے کی سکت رکھتی ہے۔

مثال 3.3: صفحہ 74 پر شکل 3.10-الف میں رکاوٹ  $Z_2$  کو بدلتے برقی دباؤ  $\hat{V}_1$  کے ساتھ ایک ٹرانسفارمر کے ذریعہ جوڑا گیا ہے۔ درج ذیل معلومات کی روشنی میں رکاوٹ میں برقی رو اور طاقت کا ضیاع دریافت کریں۔

$$\hat{V}_1 = 110 \angle 0, \quad Z_2 = R + jX = 3 + j2, \quad N_1 : N_2 = 220 : 22$$

حل: ٹرانسفارمر کی متبادلہ برقی دباؤ کی خاصیت کے تحت ابتدائی 110 وولٹ دباؤ ثانوی جانب درج ذیل دباؤ  $\hat{V}_s$  دے گا۔

$$\hat{V}_s = \frac{N_2}{N_1} \hat{V}_1 = \frac{22}{220} \times 110 \angle 0 = 11 \angle 0$$

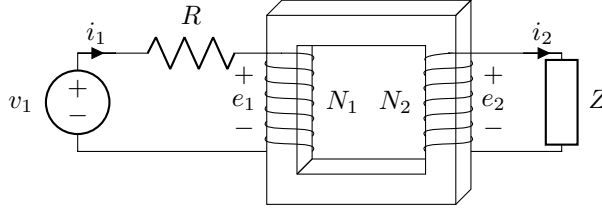
یوں ثانوی رو

$$\hat{I}_2 = \frac{\hat{V}_s}{Z} = \frac{11 \angle 0}{3 + j2} = 3.05 \angle -33.69^\circ$$

اور رکاوٹ میں برقی طاقت کا ضیاع  $p_z$  درج ذیل ہو گا۔

$$p_z = I_2^2 R = 3.05^2 \times 3 = 27.9 \text{ W}$$

□



شکل 3.8: تبادله رو کی خاصیت۔

### 3.6 ثنائی جانب بوجھ کا ابتدائی جانب اثر

شکل 3.8 میں ابتدائی لچھے کی تار کی مزاحمت کو  $R$  سے ظاہر کیا گیا ہے جبکہ ثنائی جانب بوجھ  $Z$  ہے۔ فرض کریں ہم  $Z$  تار کو ٹرانسفارمر کے ثنائی سرے کھلے دور کرتے ہیں۔ بے بوجھ ٹرانسفارمر کی ابتدائی جانب بدلتا برقی دباؤ  $v_1$  لچھے میں ہیجان انگیز برقی رو  $i_\phi$  پیدا کرے گا جس کا مقناطیسی دباؤ  $N_1 i_\phi$  قالب میں گھڑی کے رخ مقناطیسی بہاؤ  $\varphi_m$  پیدا کرے گا۔ بہاؤ  $\varphi_m$  ابتدائی لچھے میں  $e_1$  امالی برقی دباؤ پیدا کرتا ہے۔

$$(3.17) \quad e_1 = N_1 \frac{d\varphi_m}{dt}$$

ابتدائی رو، فراہم کردہ دباؤ اور ابتدا امالی دباؤ کا تعلق قانون اہم سے لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.18) \quad i_\phi = \frac{v_1 - e_1}{R}$$

اب ہم ثنائی جانب برقی بوجھ  $Z$  لادتے ہیں۔ بوجھ بردار ٹرانسفارمر<sup>51</sup> کے ثنائی جانب برقی رو  $i_2$  رواں ہو گا جس کی وجہ سے  $N_2 i_2$  مقناطیسی دباؤ وجود میں آئے گا۔ یہ مقناطیسی دباؤ قالب میں گھڑی کے مخالف رخ مقناطیسی بہاؤ  $\varphi_2$  پیدا کرے گا۔ یوں قالب میں مقناطیسی بہاؤ تبدیل ہو کر (گھٹ کر)  $\varphi_m = \varphi_2$  اور ابتدائی لچھے میں امالی دباؤ گھٹ کر  $e_2$  ہو جائے گا۔ مساوات 3.18 کے تحت امالی دباؤ گھٹنے کی وجہ سے ابتدائی رو بڑھے گا۔

آپ نے دیکھا کہ ثنائی جانب کا رو قالب میں مقناطیسی بہاؤ تبدیل کر کے ابتدائی لچھے کو بوجھ کے بارے میں خبردار کرتا ہے۔

<sup>50</sup>  $\varphi_m$  کو یہاں کہا گیا ہے۔  
loaded transformer<sup>51</sup>

آئیں  $R$  کی قیمت کو نظر انداز کرتے ہوئے بے بار ٹرانسفارمر سے شروع کر کے اس عمل کو زیادہ باریکی سے دیکھیں۔ ٹرانسفارمر کو  $v_1$  فراہم کرنے سے ابتدائی لچھے میں ہیجان انگیز رو  $i_\varphi$  پیدا ہو گا جو قالب پر  $N_1 i_\varphi$  مقناطیسی دباؤ مسلط کر کے اس میں گھڑی کے رخ بہاؤ  $\varphi_m$  پیدا کرے گا۔ یہ بہاؤ لچھے میں امالی دباؤ  $e_1$  پیدا کرتا ہے۔ ابتدائی لچھے کی مزاحمت نظر انداز کرتے ہوئے  $v_1 = e_1$  ہو گا لہذا مساوات 3.17 درج ذیل صورت اختیار کرتی ہے۔

$$(3.19) \quad v_1 = e_1 = N_1 \frac{d\varphi_m}{dt}$$

اب ٹرانسفارمر پر  $Z$  بوجھ ڈالتے ہیں۔ اس بوجھ کی بنا ثانوی لچھے میں  $i_2$  رو پیدا ہو گا جو قالب پر گھڑی کے مخالف رخ مقناطیسی دباؤ  $N_2 i_2$  مسلط کر کے اس میں گھڑی کے مخالف رخ بہاؤ  $\varphi_2$  پیدا کرے گا۔ اگر  $\varphi_2$  کا کچھ نہ کیا جائے تب قالب میں کل مقناطیسی بہاؤ گھٹ کر  $\varphi_m - \varphi_2$  ہو جائے گا اور ابتدائی لچھے میں امالی دباؤ گھٹ جائے گا۔ مساوات 3.19 کے تحت یہ ایک ناممکن صورت حال ہے چونکہ  $e_1$  کو ہر صورت  $v_1$  کے برابر ہونا ہو گا (یاد رہے  $v_1$  کی قیمت جوں کی توں ہے)۔ لہذا  $\varphi_2$  کے اثر کو ختم کرنے کے لئے ابتدائی لچھے میں برقی رو  $i_1$  نمودار ہو گا جس سے پیدا مقناطیسی دباؤ  $N_1 i_1$  مقناطیسی دباؤ  $N_2 i_2$  کے اثر کو ختم کر دے گا۔ یوں  $N_1 i_1$  اور  $N_2 i_2$  کا مجموعی مقناطیسی دباؤ صفر ہو گا۔

$$(3.20) \quad N_1 i_1 - N_2 i_2 = 0$$

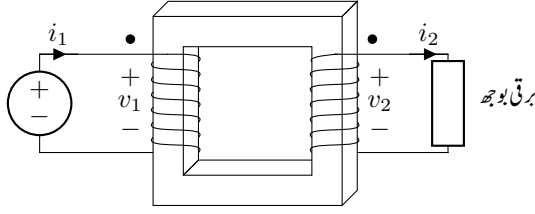
درج بالا مساوات میں دونوں دباؤ ایک دوسرے کے مخالف رخ ہیں لہذا ان کا مجموعہ درحقیقت ان کے فرق کے برابر ہو گا۔ مقناطیسی دباؤ  $N_1 i_1$  اور  $N_2 i_2$  قالب میں ایک دوسرے کے مخالف رخ ہیں لہذا یہ ایک دوسرے کے اثر کو مکمل طور پر ختم کرتے ہیں۔ یوں بے بوجھ اور بوجھ بردار ٹرانسفارمر دونوں میں مقناطیسی بہاؤ  $\varphi_m$  کے برابر ہو گا۔ مساوات 3.20 سے تبادلہ رو کا کلیہ اخذ کیا جاسکتا ہے:

$$(3.21) \quad \frac{i_1}{i_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

### 3.7 ٹرانسفارمر کی علامت پر نقطوں کا مطلب

شکل 3.9 میں جس لمحہ پر ابتدائی لچھے کا بالائی سر مثبت برقی دباؤ پر ہو، اس لمحہ پر ثانوی لچھے کا بالائی سر مثبت دباؤ پر ہے۔ اس حقیقت کو لچھوں پر نقطوں سے ظاہر کیا گیا ہے۔ یوں نقطہ سروں پر دباؤ ہم قدم ہوں گے۔





شکل 3.9: ٹرانسفارمر کی علامت میں نقطوں کا مفہوم۔

مزید ابتدائی لچھے کے نقطی سر سے مثبت برقی رو لچھے میں داخل جبکہ ثانوی لچھے کے نقطی سر سے مثبت برقی رو لچھے سے خارج ہوگی۔

### 3.8 رکاوٹ کا تبادلہ

اس حصہ میں کامل ٹرانسفارمر میں رکاوٹ کے تبادلہ پر غور کیا جائے گا۔ شکل 3.10-الف میں ایک ٹرانسفارمر دکھایا گیا ہے جس کی ابتدائی جانب سائن نما برقی دباؤ  $\hat{V}_1 = V_1/\theta$  لاگو کیا گیا ہے۔ یہاں مرحلی سمتیہ استعمال کئے جائیں گے۔ ٹرانسفارمر پر نقطے ہم قدم سروں کی نشاندہی کرتے ہیں۔

جیسے اوپر ذکر ہوا، برقی دباؤ  $\hat{V}_1$  اور آپس میں ہم قدم ہیں اور اسی طرح برقی رو  $\hat{I}_1$  اور آپس میں ہم قدم ہیں۔ مساوات 3.12 اور مساوات 3.21 کو مرحلی سمتیہ کی مدد سے لکھتے ہیں۔

$$\begin{aligned}\hat{V}_1 &= \left(\frac{N_1}{N_2}\right) \hat{V}_2 \\ \hat{I}_1 &= \left(\frac{N_2}{N_1}\right) \hat{I}_2\end{aligned}\quad (3.22)$$

خارجی دباؤ، رو اور رکاوٹ کا تعلق قانون اہم سے لکھتے ہیں۔

$$\hat{Z}_2 = \frac{\hat{V}_2}{\hat{I}_2} = |Z_2| \angle \theta_z \quad (3.23)$$

مساوات 3.22 سے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے جہاں آخری قدم پر رکاوٹ کی قیمت پر کی گئی ہے۔

$$\frac{\hat{V}_1}{\hat{I}_1} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \frac{\hat{V}_2}{\hat{I}_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z_2 \quad (3.24)$$

یوں داخلی رو درج ذیل ہو گا۔

$$(3.25) \quad \hat{I}_1 = \frac{\hat{V}_1}{(N_1/N_2)^2 Z_2}$$

شکل 3.10-ب میں  $\hat{V}_1$  درج ذیل قیمت کے رکاوٹ  $Z'_2$  کو فراہم کیا گیا ہے۔

$$(3.26) \quad Z'_2 = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 Z_2$$

آپ تسلی کر لیں کہ اس دور میں بھی  $\hat{V}_1$  کا برقی رو مساوات 3.25 دیتی ہے۔

مساوات 3.25 سے نسبت  $\frac{\hat{V}_1}{\hat{I}_1}$  لکھتے ہیں جو شکل 3.10-ب کے تحت  $Z'_2$  کے برابر ہے۔

$$(3.27) \quad \frac{\hat{V}_1}{\hat{I}_1} = Z'_2 = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 Z_2$$

دونوں ادوار سے  $\hat{V}_1$  کی طاقت درج ذیل حاصل ہوتی ہے۔

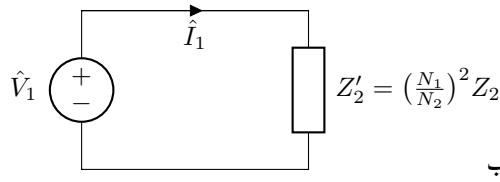
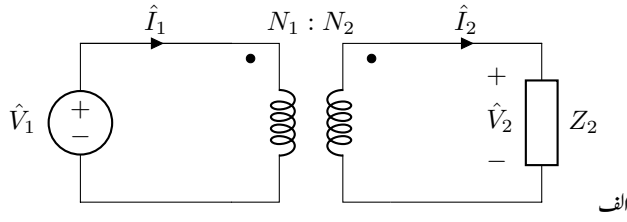
$$(3.28) \quad p = \hat{V}_1 \cdot \hat{I}_1 = \frac{V_1^2 \cos \theta_z}{\left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 |Z_2|}$$

یوں حساب کرنے کے نقطہ نظر سے ہم  $\hat{V}_1$  کو مساوات 3.26 میں دی گئی قیمت کے رکاوٹ  $Z'_2$  پر لاگو کرتے ہوئے  $\hat{V}_1$  کا برقی رو اور طاقت جان سکتے ہیں۔

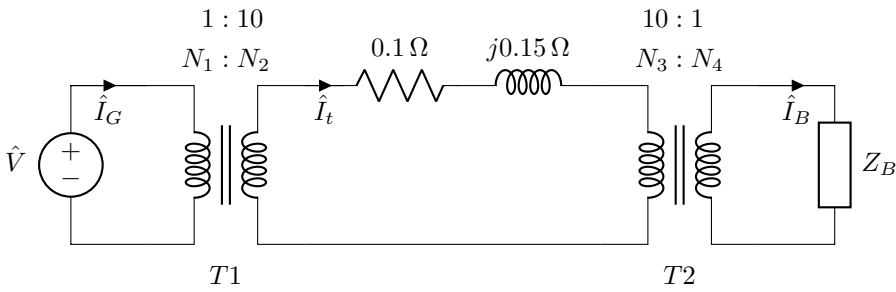
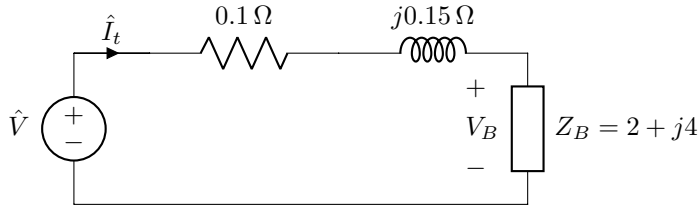
منبع  $\hat{V}_1$  کو شکل 3.10-الف اور ب میں کوئی فرق نظر نہیں آتا ہے۔ اس کے ساتھ ٹرانسفارمر کے ذریعہ  $Z_2$  جوڑنا یا بغیر ٹرانسفارمر  $Z'_2$  جوڑنا ایک برابر ہے۔ ٹرانسفارمر  $Z_2$  کو یوں تبدیل کرتا ہے کہ  $\hat{V}_1$  کو رکاوٹ  $Z'_2$  نظر آتا ہے۔ ٹرانسفارمر کی اس خاصیت کو تبادلہ رکاوٹ<sup>52</sup> کی خاصیت کہتے ہیں جس کو درج ذیل مساوات بیان کرتی ہے۔

$$(3.29) \quad Z'_2 = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 Z_2$$

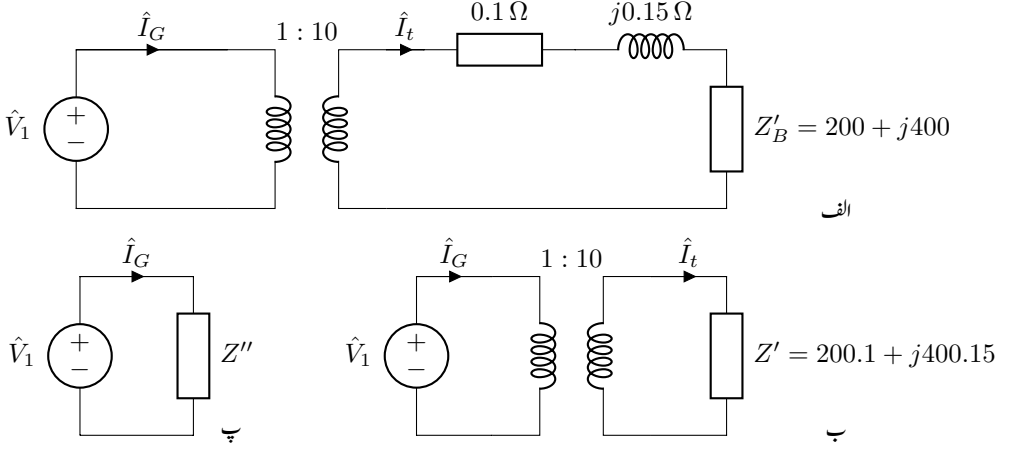
ہم حساب کرنے کی خاطر رکاوٹ کو ٹرانسفارمر کی ایک جانب سے دوسری جانب منتقل کر سکتے ہیں۔



شکل 3.10: ٹرانسفارمر کی خاصیت متبادلہ رکاوٹ۔



شکل 3.11: برقی طاقت کی منتقلی۔



شکل 3.12: ٹرانسفارمر قدم با قدم حل کرنے کا طریقہ۔

مثال 3.4: شکل 3.11-الف میں رکاوٹ  $Z_B$  کا برقی بوجھ ایک جزیئر پر لدا ہے۔ بوجھ تک برقی طاقت دو برقی تاروں کے ذریعہ منتقل کیا گیا ہے۔ ان تاروں کا مجموعہ رکاوٹ  $Z_t$  ہے۔

شکل-ب میں جزیئر کے قریب نسب برقی دباؤ بڑھانے والا ٹرانسفارمر برقی دباؤ کو دس گنا بڑھاتا ہے اور برقی بوجھ کے قریب نسب برقی دباؤ گھٹانے والا ٹرانسفارمر برقی دباؤ کو دس گنا گھٹاتا ہے۔ دونوں ٹرانسفارمرز کے بیچ تاروں کا مجموعہ رکاوٹ  $Z_t$  ہے جبکہ باقی مستعمل تاروں کی رکاوٹ قابل نظر انداز ہے۔ دونوں اشکال میں

$$Z_B = 2 + j4, \quad Z_t = 0.1 + j0.15, \quad \hat{V} = 415 \angle 0$$

لیتے ہوئے

- برقی بوجھ پر برقی دباؤ معلوم کریں،
- برقی تاروں میں برقی طاقت کا ضیاع معلوم کریں۔

حل الف:

$$\begin{aligned}\hat{I}_t &= \frac{\hat{V}}{Z_t + Z_B} = \frac{415/0}{0.1 + j0.15 + 2 + j4} \\ &= \frac{415/0}{2.1 + j4.15} = 89.23/-63.159^\circ \\ &= 40.3 - j79.6\end{aligned}$$

یوں رکاوٹ پر برقی دباؤ

$$\begin{aligned}\hat{V}_B &= \hat{I}_B Z_B = (40.3 - j79.6)(2 + j4) \\ &= 399 + j2 = 399/0.287^\circ\end{aligned}$$

اور برقی تاروں میں برقی طاقت کا ضیاع درج ذیل ہو گا۔

$$p_t = I_t^2 R_t = 89.23^2 \times 0.1 = 796 \text{ W}$$

حل ب: شکل 3.11 اور شکل 3.12 سے رجوع کریں۔ شکل 3.11 میں ٹرانسفارمر  $T_2$  کے ثانوی رکاوٹ کو مساوات 3.26 کی مدد سے ابتدائی جانب منتقل کرتے ہیں۔

$$Z'_B = \left(\frac{N_3}{N_4}\right)^2 Z_B = \left(\frac{10}{1}\right)^2 (2 + j4) = 200 + j400$$

یوں شکل 3.12-الف حاصل ہوتا ہے جس میں برقی تار کا رکاوٹ اور متبادلہ شدہ رکاوٹ سلسلہ وار جڑے ہیں۔ ان کے مجموعہ کو  $Z'$

$$Z' = Z_t + Z'_B = 0.1 + j0.15 + 200 + j400 = 200.1 + j400.15$$

لکھتے ہوئے شکل 3.12-ب حاصل ہوتا ہے۔ ایک مرتبہ دوبارہ مساوات 3.26 استعمال کرتے ہوئے  $Z'$  کو ٹرانسفارمر کے ابتدائی جانب منتقل کرتے ہوئے

$$Z'' = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 Z' = \left(\frac{1}{10}\right)^2 (200.1 + j400.15) = 2.001 + j4.0015$$

شکل 3.12-پ حاصل ہو گا جس سے جنریٹر کا برقی رد درج ذیل ہو گا۔

$$\hat{I}_G = \frac{\hat{V}}{Z''} = \frac{415/0}{2.001 + j4.0015} = 92.76/-63.432^\circ$$

شکل 3.12-ب میں جزیٹر کا برقی رو جانتے ہوئے متبادلہ برقی رو سے  $\hat{I}_t$  حاصل کرتے ہیں۔

$$\hat{I}_t = \left( \frac{N_1}{N_2} \right) \hat{I}_G = \left( \frac{1}{10} \right) 92.76 \angle -63.432^\circ = 9.276 \angle -63.432^\circ$$

یوں برقی تار میں طاقت کا ضیاع درج ذیل ہو گا۔

$$p_t = I_t^2 R_t = 9.276^2 \times 0.1 = 8.6 \text{ W}$$

اسی طرح شکل 3.11 میں  $\hat{I}_t$  جانتے ہوئے متبادلہ برقی رو سے

$$\begin{aligned} \hat{I}_B &= \left( \frac{N_3}{N_4} \right) \hat{I}_t = \left( \frac{10}{1} \right) 9.276 \angle -63.432^\circ \\ &= 92.76 \angle -63.432^\circ = 41.5 - j82.9 \end{aligned}$$

حاصل کیا جاسکتا ہے۔ رکاوٹ پر برقی دباؤ درج ذیل ہو گا۔

$$\hat{V}_B = \hat{I}_B Z_B = (41.5 - j82.9) (2 + j4) = 414 + j0.2$$

بغیر ٹرانسفارمر استعمال کیے برقی تاروں میں طاقت کا ضیاع 796 واٹ جبکہ ٹرانسفارمر استعمال کرتے ہوئے صرف 8.6 واٹ یعنی 92 گنا کم ہے۔ اسی میں ٹرانسفارمر کی مقبولیت کا راز ہے۔ □

### 3.9 ٹرانسفارمر کا وولٹ-ایکمیٹر

ٹرانسفارمر کی دونوں جانب برقی دباؤ لچھوں کے چکروں پر منحصر ہوتا ہے۔ ٹرانسفارمر ایک مخصوص برقی دباؤ اور برقی رو کے لئے بنایا جاتا ہے۔ ٹرانسفارمر بناوٹی برقی دباؤ  $V_1 : V_2$  سے کم برقی دباؤ پر بھی استعمال کیا جاسکتا ہے اگرچہ عموماً اسے بناوٹی برقی دباؤ پر ہی چلایا جاتا ہے۔ اسی طرح ٹرانسفارمر بناوٹی برقی رو  $I_1 : I_2$  سے کم برقی رو پر بھی استعمال کیا جاسکتا ہے۔ حقیقی استعمال میں ٹرانسفارمر کا برقی رو عموماً بناوٹی قیمت سے کم ہوتا ہے۔

ٹرانسفارمر کی ایک جانب کے برقی دباؤ اور برقی رو کا حاصل ضرب دوسری جانب کے برقی دباؤ اور برقی رو کا حاصل ضرب کا برابر ہوتا ہے۔

$$(3.30) \quad V_1 I_1 = V_2 I_2$$

برقی دباؤ اور برقی رو کے حاصل ضرب،  $V_1 I_1$  یا  $V_2 I_2$ ، کو ٹرانسفارمر کا وولٹ ضرب ایمپیئر یا مختصراً وولٹ-ایمپیئر<sup>53</sup> کہتے ہیں<sup>54</sup> جو ٹرانسفارمر کے برقی سکت کا ناپ ہے۔ ٹرانسفارمر اور دیگر برقی مشین، مثلاً موٹر اور جنریٹر جو ٹرانسفارمر کے بنیادی اصولوں پر کام کرتے ہیں، پر نسب معلوماتی تختی پر ان کا سکت، بناوٹی برقی دباؤ اور بناوٹی تعداد لکھا جاتا ہے۔ یوں ٹرانسفارمر کا وولٹ-ایمپیئر درج ذیل ہو گا۔

$$(3.31) \quad \text{وولٹ-ایمپیئر} = V_1 I_1 = V_2 I_2$$

مثال 3.5: ایک 25000 وولٹ-ایمپیئر اور 220 : 11000 وولٹ برقی سکت کے ٹرانسفارمر کے زیادہ برقی دباؤ کی جانب 11000 وولٹ لاگو ہیں۔

- اس کی ثانوی جانب زیادہ سے زیادہ کتنا برقی بوجھ ڈالا جاسکتا ہے؟
- زیادہ سے زیادہ برقی بوجھ پر ٹرانسفارمر کا ابتدائی برقی رو حاصل کریں۔

حل: اس ٹرانسفارمر کی معلومات درج ذیل ہیں۔

$$25 \text{ kV A}, \quad 11000 : 220 \text{ V}$$

تبادلہ برقی دباؤ کی مساوات سے ثانوی برقی دباؤ 220 وولٹ حاصل ہوتا ہے۔ ثانوی یعنی کم برقی دباؤ جانب زیادہ سے زیادہ برقی رو مساوات 3.31 سے حاصل ہو گا۔

$$I_2 = \frac{25000}{220} = 113.636 \text{ A}$$

اسی طرح ابتدائی جانب زیادہ سے زیادہ برقی رو اسی مساوات سے حاصل ہو گا۔

$$I_1 = \frac{25000}{11000} = 2.27 \text{ A}$$

□

ٹرانسفارمر کی دونوں جانب لچھوں میں استعمال برقی تار کی موٹائی یوں رکھی جاتی ہے کہ ان میں کثافت برقی  $J$ ،<sup>55</sup> یکساں ہو۔ لچھوں کی مزاحمت میں برقی رو گزرنے سے برقی طاقت کا ضیاع ہوتا ہے جس سے تار گرم ہوتا

<sup>53</sup> volt-ampere, VA

<sup>54</sup> وولٹ-ایمپیئر کو عموماً کلو وولٹ-ایمپیئر یعنی kV A میں بیان کیا جاتا ہے۔

<sup>55</sup> 1000 kV A ٹرانسفارمر کی لچھوں میں کثافت برقی رو تقریباً  $3 \text{ A/mm}^2$  رکھی جاتی ہے

ہے۔ ٹرانسفارمر کے برقی رو کی حد لچھوں کی گرمائش پر منحصر ہوتی ہے۔ تار کی زیادہ سے زیادہ درجہ حرارت کو محفوظ حد کے اندر رکھا جاتا ہے۔ زیادہ درجہ حرارت سے تار پر لگا روغن خراب ہو گا اور تار کا ایک چکر دوسرے چکر کے ساتھ کسر دور ہو گا۔ ایسا ہونے سے ٹرانسفارمر جل کر خراب ہو جاتا ہے۔

بڑے ٹرانسفارمر کا قالب اور لچھے غیر موصل تیل سے بھری ٹینکی میں ڈبو کر رکھے جاتے ہیں۔ اس تیل کو ٹرانسفارمر تیل<sup>56</sup> کہتے ہیں۔ یہ تیل برقی لچھوں کی حرارت کم کرنے اور (غیر موصل ہونے کی بنا) مختلف برقی دباؤ کے حصوں کو برقی طور پر جدا رکھنے میں مدد دیتا ہے۔ ٹرانسفارمر تیل تقریباً  $80^{\circ}\text{C}$  پر خراب ہونا شروع ہوتا ہے اور ہر  $8^{\circ}\text{C}$  اضافی درجہ حرارت پر اس کی زندگی آدھی رہ جاتی ہے۔ یوں اگر  $80^{\circ}\text{C}$  پر تیل کی کارآمد زندگی  $x$  سال ہو تب  $88^{\circ}\text{C}$  پر  $x/2$  سال اور  $96^{\circ}\text{C}$  پر صرف  $x/4$  سال ہو گی۔

ٹرانسفارمر تیل گرم ہو کر پھیلتا ہے جس کی بنا اس کی کثافت کم ہوتی ہے۔ یوں ٹینکی میں گرم تیل اوپر اور ٹھنڈا تیل نیچے مسلسل منتقل ہو گا۔ گرم تیل کو ٹھنڈا کرنے کے لئے ٹینکی کے ساتھ بہت سارے پائپ منسلک کئے جاتے<sup>57</sup> جن میں گرم تیل اوپر سے داخل ہوتا ہے۔ پائپ کا سطحی رقبہ زیادہ ہونے کی بنا ہوا اسے جلد ٹھنڈا کرتی ہے، اس میں تیل کا درجہ حرارت گھٹتا اور کثافت بڑھتی ہے۔ ٹھنڈا تیل پائپ میں نیچے حرکت کرتے ہوئے دوبارہ ٹینکی میں داخل ہوتا ہے۔

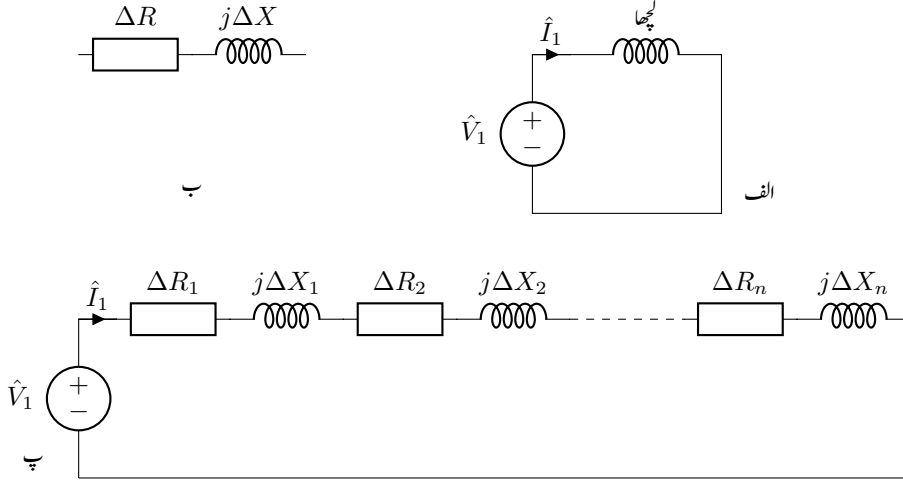
### 3.10 ٹرانسفارمر کے امالہ اور مساوی ادوار

#### 3.10.1 لچھے کی مزاحمت اور اس کی متعاملہ علیحدہ کرنا

ٹرانسفارمر کے ابتدائی لچھے کی مزاحمت  $R_1$  پر حصہ 3.3، مساوات 3.2 میں بات کی گئی جہاں مزاحمت کو لچھے سے باہر سلسلہ وار جڑا دکھایا گیا تھا۔ انہیں دیکھیں ہم حساب کی خاطر کیسے مزاحمت کو لچھے سے علیحدہ کر سکتے ہیں۔

شکل 3.13- الف میں ایک لچھے پر بدلتا برقی دباؤ لاگو کیا گیا ہے۔ اگر لچھے کی برقی تار کو چھوٹے ٹکڑوں میں تقسیم کیا جائے تب ہر ٹکڑے کی ایک چھوٹی مزاحمت  $\Delta R$  اور ایک چھوٹا متعاملہ  $j \Delta X$  ہو گا۔ تار کا ایسا ایک





شکل 3.13: لچھے کی مزاحمت اور متعاملہ۔

ٹکڑا شکل-ب میں دکھایا گیا ہے۔ چونکہ لچھا ان سب ٹکڑوں کے سلسلہ وار جڑنے سے بنتا ہے لہذا شکل-الف کو ہم شکل-پ کی طرح بنا سکتے ہیں جہاں لچھے کے  $n$  ٹکڑے کیے گئے ہیں۔

اس دور کی مساوات

$$\begin{aligned}\hat{V}_1 &= \hat{I}_1 (\Delta R_1 + j\Delta X_1 + \Delta R_2 + j\Delta X_2 + \cdots \Delta R_n + j\Delta X_n) \\ &= \hat{I}_1 (\Delta R_1 + \Delta R_2 + \cdots \Delta R_n) + \hat{I}_1 (j\Delta X_1 + j\Delta X_2 + \cdots j\Delta X_n)\end{aligned}$$

ہے جس میں

$$\begin{aligned}R &= \Delta R_1 + \Delta R_2 + \cdots \Delta R_n \\ X &= \Delta X_1 + \Delta X_2 + \cdots \Delta X_n\end{aligned}$$

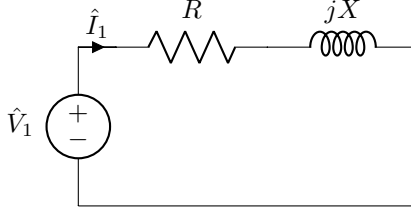
لکھ کر درج ذیل حاصل ہوتا ہے۔

$$(3.32) \quad \hat{V}_1 = \hat{I}_1 (R + jX)$$

شکل 3.14 سے بھی مساوات 3.32 لکھی جاسکتی ہے۔ یوں حساب کی خاطر لچھے کی مزاحمت اور متعاملہ علیحدہ کیے جاسکتے ہیں۔

transformer oil<sup>56</sup>

<sup>57</sup>واپڈاکے ٹرانسفارمر کا بیرونی حصہ انہیں پائپوں پر مشتمل ہوتا ہے۔



شکل 3.14: لچھے کی مزاحمت اور متعاملہ کی علیحدگی۔

### 3.10.2 رستا امالہ

یہاں تک ہم کامل ٹرانسفارمر پر بحث کرتے رہے ہیں۔ اب ہم ٹرانسفارمر میں ان عناصر کا ذکر کرتے ہیں جن کی وجہ سے ٹرانسفارمر غیر کامل ہوتا ہے۔ بہت سی جگہوں پر ٹرانسفارمر استعمال کرتے وقت ان عناصر کو مد نظر رکھنا ضروری ہوتا ہے۔ ان عناصر کے اثرات کو شامل کرنے کے لئے ہم ٹرانسفارمر کا مساوی دور بناتے ہیں۔

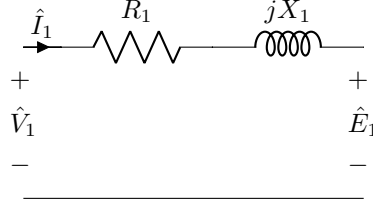
ابتدائی لچھے کے مقناطیسی بہاو کو دو حصوں میں تقسیم کیا جاسکتا ہے۔ پہلا حصہ وہ جو قالب سے گزر کر ابتدائی اور ثانوی لچھے دونوں کے اندر سے گزرتا ہے۔ یہ مشترکہ مقناطیسی بہاو ہے۔ دوسرا حصہ وہ جو صرف ابتدائی لچھے سے گزرتا ہے اور زیادہ تر قالب کے باہر خلاء میں رہتا ہے۔ اس کو رستا مقناطیسی بہاو<sup>58</sup> کہتے ہیں۔ چونکہ ہوا کا مقناطیسی مستقل  $\mu_0$  اٹل ہے لہذا یہاں ہچکچاہٹ بھی اٹل ہوگی۔ یوں رستا مقناطیسی بہاو ابتدائی لچھے کے برقی رو کا راست متناسب ہوگا۔

رستا امالہ کے اثر کو بالکل لچھے کی مزاحمت کی طرح لچھے سے باہر رستا امالہ  $L_1$ <sup>59</sup> یا رستا متعاملہ  $X_1 = 2\pi f L_1$ <sup>60</sup> سے ظاہر کیا جاتا ہے۔

ٹرانسفارمر کے ابتدائی لچھے میں برقی رو  $\hat{I}_1$  گزرنے سے رستا متعاملہ میں  $\hat{V}_{X1} = j \hat{I}_1 X_1$  برقی دباؤ اور لچھے کے تار کی مزاحمت میں  $\hat{V}_{R1} = \hat{I}_1 R_1$  برقی دباؤ گھٹتا ہے۔

جیسا شکل 3.15 میں دکھایا گیا ہے، ابتدائی لچھے پر لاگو دباؤ  $\hat{V}_1$ ، مزاحمت  $R_1$  اور متعاملہ  $X_1$  میں گھٹاؤ اور ابتدائی امالی دباؤ  $\hat{E}_1$  کا مجموعہ ہوگا۔

<sup>58</sup>leakage magnetic flux  
<sup>59</sup>leakage inductance  
<sup>60</sup>leakage reactance



شکل 3.15: ٹرانسفارمر مساوی دور، حصہ اول۔

### 3.10.3 ثانوی برقی رو اور قالب کے اثرات

قالب میں دونوں لچھوں کا مشترکہ مقناطیسی بہاؤ ان کے مجموعی مقناطیسی دباؤ کی وجہ سے وجود میں آتا ہے۔ اس حقیقت کو ایک مختلف اور بہتر انداز میں بیان کیا جاسکتا ہے۔ ہم کہتے ہیں کہ ابتدائی برقی رو کو دو شرائط مطمئن کرنے ہوں گے۔ اول اسے قالب میں ہیجانی مقناطیسی بہاؤ وجود میں لانا ہو گا اور دوم اسے ثانوی لچھے کے پیدا کردہ مقناطیسی بہاؤ کو ختم کرنا ہو گا۔ لہذا ابتدائی برقی رو کو ہم دو حصوں میں تقسیم کر سکتے ہیں۔ ایک حصہ  $i_{\phi}$  جو ہیجانی مقناطیسی بہاؤ پیدا کرتا ہے اور دوسرا  $\hat{I}_2'$  جو ثانوی لچھے کے مقناطیسی دباؤ کا اثر ختم کرتا ہے۔ یوں  $\hat{I}_2'$  درج ذیل ہو گا۔

$$(3.33) \quad \hat{I}_2' = \frac{N_2}{N_1} \hat{I}_2$$

ثانوی لچھے کے مقناطیسی بہاؤ کے اثر کو ختم کرنے پر حصہ 3.6 میں غور کیا گیا ہے۔

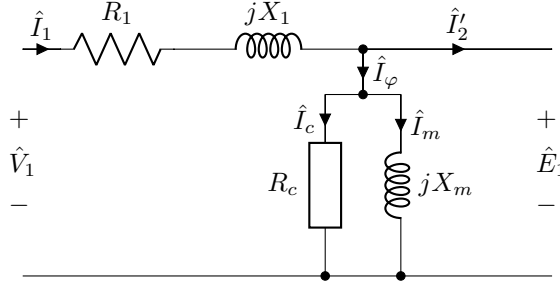
اگرچہ برقی رو  $i_{\phi}$  غیر سائن نما ہوتا ہے ہم اسے سائن نما  $\hat{I}_{\phi}$  تصور کر کے دو حصوں،  $\hat{I}_c$  اور  $\hat{I}_m$ ، میں تقسیم کرتے ہیں۔

$$(3.34) \quad \hat{I}_{\phi} = \hat{I}_c + \hat{I}_m$$

مذکورہ بالا مساوات میں برقی رو کو مرحلی سمیت کی صورت میں لکھا گیا ہے۔ ان میں  $\hat{I}_c$  ابتدائی لچھے کے امالی برقی دباؤ  $\hat{E}_1$  کا ہم قدم ہے اور قالب میں برقی توانائی کے ضیاع کو ظاہر کرتا ہے جبکہ  $\hat{I}_m$  وہ حصہ ہے جو  $\hat{E}_1$  سے نوے درجہ زاویہ پیچھے<sup>61</sup> رہتا اور لچھے میں مقناطیسی بہاؤ پیدا کرتا ہے۔

شکل 3.16 میں  $R_c$  اور  $jX_m$  بالترتیب برقی رو  $\hat{I}_c$  اور  $\hat{I}_m$  کے اثرات کو ظاہر کرنے کے لئے استعمال کیے گئے ہیں۔ مزاحمت  $R_c$  کی مقدار اتنی رکھی جاتی ہے کہ اس میں برقی طاقت کا ضیاع اصل قالبی ضیاع کے برابر

<sup>61</sup>lagging



شکل 3.16: ٹرانسفارمر مساوی دور، حصہ دوم۔

ہو یعنی  $p_c = E_{1,rms}^2 / R_c$  یوں  $R_c = E_{1,rms}^2 / p_c$  ہو گا۔ اسی طرح  $jX_m$  کی مقدار اتنی رکھی جاتی ہے کہ  $\hat{I}_m = \hat{E}_1 / jX_m$  ہو۔  $R_c$  اور  $jX_m$  کی مقدار اصل برقی دباؤ اور تعدد پر حاصل کئے جاتے ہیں۔

#### 3.10.4 ثنائی لچھے کا امالی برقی دباؤ

قالب میں مشترکہ مقناطیسی بہاؤ ثنائی لچھے میں امالی برقی دباؤ  $\hat{E}_2$  پیدا کرے گا۔ چونکہ یہی مقناطیسی بہاؤ ابتدائی لچھے میں  $\hat{E}_1$  امالی پیدا کرتا ہے لہذا درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$(3.35) \quad \frac{\hat{E}_1}{\hat{E}_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

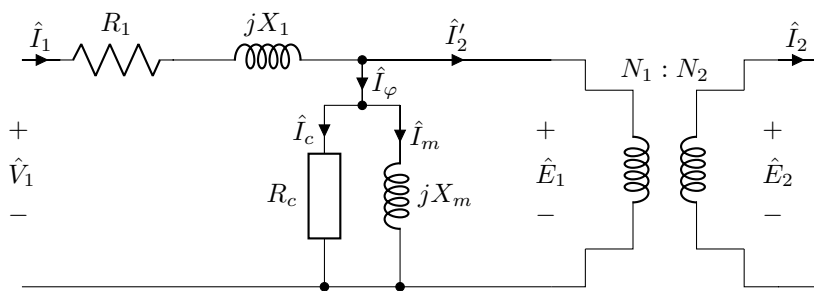
مساوات 3.34 اور مساوات 3.35 کو ایک کامل ٹرانسفارمر سے ظاہر کیا جاسکتا ہے جسے شکل 3.17 میں دکھایا گیا ہے۔

#### 3.10.5 ثنائی لچھے کی مزاحمت اور متعاملہ کے اثرات

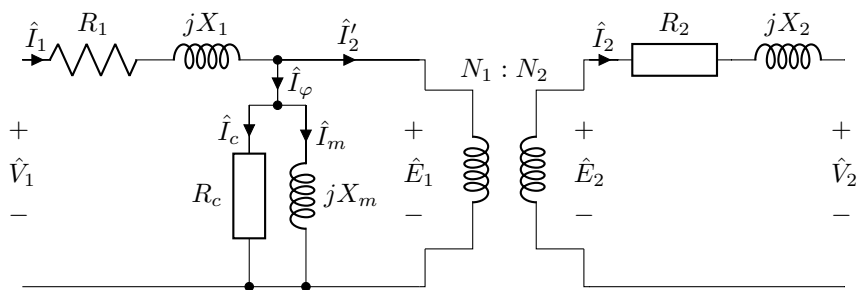
ثنائی لچھے میں امالی دباؤ  $\hat{E}_2$  پیدا ہو گا۔ ابتدائی لچھے کی طرح، ثنائی لچھے کی مزاحمت  $R_2$  اور متعاملہ  $jX_2$  ہوں گے جن میں ثنائی برقی رو  $\hat{I}_2$  کی بنا برقی دباؤ گھٹے گا۔ یوں ثنائی لچھے کے سروں پر برقی دباؤ  $\hat{V}_2$  قدر کم ہو گا:

$$(3.36) \quad \hat{V}_2 = \hat{E}_2 - \hat{I}_2 R_2 - j \hat{I}_2 X_2$$

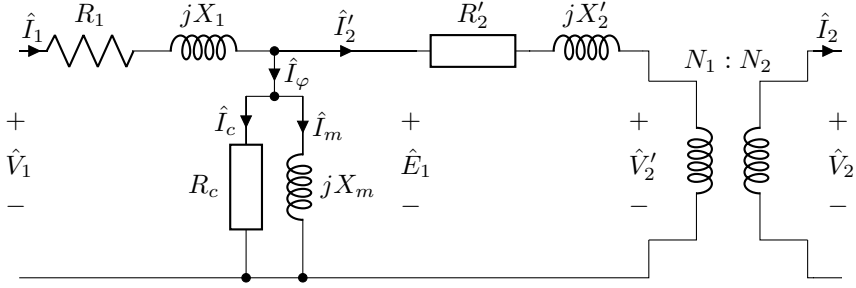
یوں حاصل ٹرانسفارمر کا مکمل مساوی دور یا ریاضی نمونہ<sup>62</sup> شکل 3.18 میں دکھایا گیا ہے۔



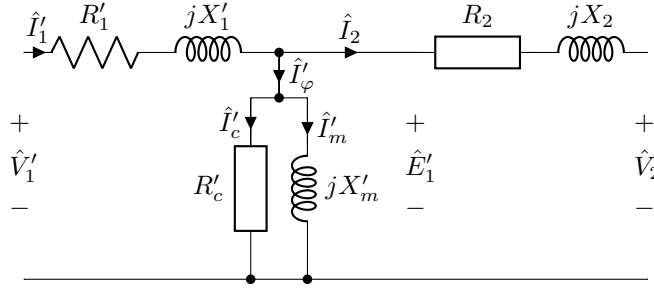
شکل 3.17: ترانسفارمر مساوی دور، حصہ ٹوم۔



شکل 3.18: ترانسفارمر مکمل مساوی دور پاریاضی نمونہ۔



شکل 3.19: ثنائی جانب رکاوٹ کا ابتدائی جانب متبادلہ کیا گیا ہے۔



شکل 3.20: ابتدائی جانب رکاوٹ کا ثنائی جانب متبادلہ کیا گیا ہے۔

## 3.10.6 رکاوٹ کا ابتدائی ثنائی جانب متبادلہ

شکل 3.18 میں دکھائے دور کے سب جزو کا متبادلہ ایک جانب سے دوسری جانب کیا جا سکتا ہے۔ یہ کرنے سے کامل ٹرانسفارمر کو مساوی دور کی بائیں یا دائیں جانب لے جایا جا سکتا ہے۔ شکل 3.19 میں ثنائی جانب کی رکاوٹ کا ابتدائی جانب متبادلہ کیا گیا ہے جبکہ شکل 3.20 میں ابتدائی جانب کی رکاوٹ کا ثنائی جانب متبادلہ کیا گیا ہے۔ اس طرح حاصل مساوی دور میں عموماً کامل ٹرانسفارمر بنایا ہی نہیں جاتا۔ یہی شکل 3.20 میں کیا گیا ہے۔

متبادلہ شدہ رکاوٹ  $Z$  کو  $Z'$  سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ یوں  $R_2$  کے ٹرانسفارمر کی دوسری جانب متبادلہ کے بعد اسے  $R_2'$  سے ظاہر کیا گیا ہے۔

ایسا دور استعمال کرتے وقت یہ ذہن میں رکھنا ہوتا ہے کہ ٹرانسفارمر کے کس جانب دور حل کیا جا رہا ہے۔

مثال 3.6: ایک 50 کلو وولٹ-ایمپیئر اور 220 : 2200 وولٹ برقی سکت کے ٹرانسفارمر کی زیادہ برقی دباؤ کی جانب کی رستار کاوٹ  $Z_1 = 0.9 + j1.2$  اوہم اور کم برقی دباؤ کی جانب کی رستار کاوٹ  $Z_2 = 0.0089 + j0.011$  اوہم ہے۔ اگر اس کی  $R_c = 6.4 \text{ k}\Omega$  اور  $X_m = 47 \text{ k}\Omega$  ہو تو اس کی شکل 3.19 اور شکل 3.20 میں استعمال ہونے والے جزو معلوم کریں۔

حل حصہ اول: معلومات:

$$50 \text{ kV A}, \quad 50 \text{ Hz}, \quad 2200 : 220 \text{ V}$$

ٹرانسفارمر کے دونوں جانب کی برقی دباؤ لچھوں کے چکروں کی نسبت سے ہوتے ہیں لہذا

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{2200}{220} = \frac{10}{1}$$

یوں اگر ٹرانسفارمر کی رکاوٹ کا زیادہ برقی دباؤ کی جانب تبادلہ کیا جائے تو

$$\begin{aligned} R'_2 + jX'_2 &= \left( \frac{N_1}{N_2} \right)^2 (R_2 + jX_2) \\ &= \left( \frac{10}{1} \right)^2 (0.0089 + j0.011) \\ &= 0.89 + j1.1 \end{aligned}$$

جبکہ اس کی بقیار کاوٹ وہی رہیں گے۔ یوں شکل 3.19 کے جزو حاصل ہوئے۔

حل حصہ دوم: اگر مساوی دور کی رکاوٹ کا کم برقی دباؤ کی جانب تبادلہ کیا جائے تب

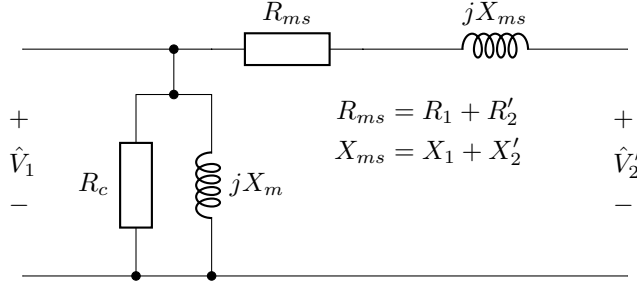
$$\begin{aligned} R'_1 + jX'_1 &= \left( \frac{N_2}{N_1} \right)^2 (R_1 + jX_1) \\ &= \left( \frac{1}{10} \right)^2 (0.9 + j1.2) \\ &= 0.009 + j0.012 \end{aligned}$$

اسی طرح

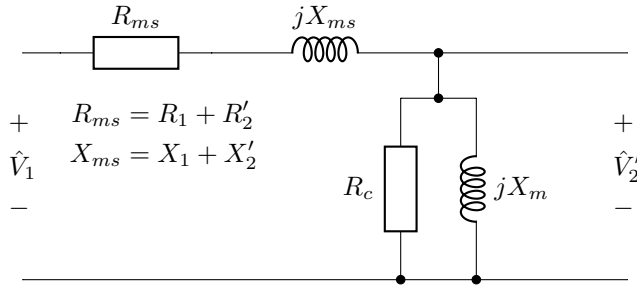
$$\begin{aligned} R'_c &= \left( \frac{N_2}{N_1} \right)^2 R_c = 64 \\ X'_m &= \left( \frac{N_2}{N_1} \right)^2 X_m = 470 \end{aligned}$$

□

جبکہ  $Z_2$  وہی رہے گا۔



شکل 3.21:  $R_c$  اور  $jX_m$  کو بائیں جانب منتقل کیا گیا ہے۔



شکل 3.22:  $R_c$  اور  $jX_m$  کو دائیں جانب منتقل کیا گیا ہے۔

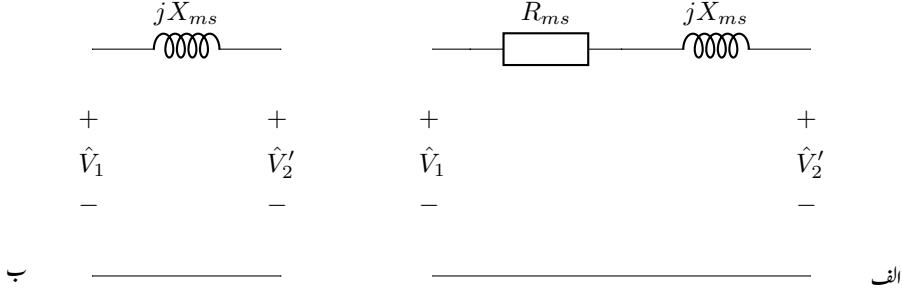
### 3.10.7 ٹرانسفارمر کے سادہ ترین مساوی دور

ایک انجینئر کو جب ایک ٹرانسفارمر استعمال کرنا ہو تو وہ حساب کرتے وقت شکل 3.19 میں دیئے گئے دور کو استعمال کر سکتا ہے۔ یہ دور حقیقی ٹرانسفارمر کی بہت اچھی عکاسی کرتا ہے۔ البتہ جہاں ہمیں نہایت صحیح جواب مطلوب نہ ہوں وہاں اس دور کی سادہ اشکال بھی استعمال کی جاسکتی ہیں۔ اس باب میں ہم ایسے ہی سادہ مساوی دوروں کا ذکر کریں گے۔

شکل 3.19 میں  $R_c$  اور  $X_m$  کو بائیں یا دائیں طرف لے جانے سے شکل 3.21 اور شکل 3.22 حاصل ہوتے ہیں۔ چونکہ  $\hat{I}_\phi$  کی مقدار نہایت کم<sup>63</sup> ہوتی ہے اس لئے ایسا کرنے سے حاصل جواب پر کوئی خاص فرق نہیں پڑتا۔ چونکہ اس شکل میں  $R_1$ ،  $R_2'$ ،  $X_1$  اور  $X_2'$  سلسلہ وار ہیں اس لئے ان کو جمع کیا جاسکتا ہے شکل میں ان کو مساوی مزاحمت  $R_{ms}$  اور مساوی متعاملہ  $X_{ms}$  کہا گیا ہے۔ اسی قسم کے ادوار شکل 3.20 سے بھی حاصل ہوتے ہیں۔

<sup>63</sup>  $\hat{I}_\phi$  ٹرانسفارمر کے کل برقی بوجھ کے صرف دوسے چھٹی صد ہوتی ہے





شکل 3.23: ٹرانسفارمر کے سادہ مساوی ادوار۔

ہم ایک قدم اور آگے جاسکتے ہیں اور  $\hat{I}_\phi$  کو مکمل طور پر نظر انداز کر سکتے ہیں یعنی اس کو ہم صفر تصور کر لیتے ہیں۔ اس کا مطلب ہے کہ مساوی دور میں  $R_c$  اور  $jX_m$  دونوں کو کھلے دور کیا جاتا ہے یعنی انہیں مساوی دور سے ہٹا دیا جاتا ہے۔ شکل 3.23-الف میں ایسا کیا گیا ہے۔ اس دور میں قالب کے اثرات کو مکمل طور پر نظر انداز کیا گیا ہے۔

بیشتر وقت ہمیں اس سے بھی کم صحیح جواب مطلوب ہوتا ہے۔ چونکہ  $X_m \gg R_c$  لہذا ہم  $R_{ms}$  کو بھی نظر انداز کر سکتے ہیں۔ یوں شکل 3.23-ب حاصل ہوتا ہے۔

### 3.11 کھلے دور معائنہ اور کسر دور معائنہ

پچھلے حصے میں بیان کئے گئے ٹرانسفارمر کے مساوی دور کے جزو ٹرانسفارمر کے دو معائنوں سے حاصل کئے جاسکتے ہیں۔ ان معائنوں کو کھلے دور معائنہ اور کسر دور معائنہ کہتے ہیں۔ اس حصے میں انہیں پر غور کیا جائے گا۔

#### 3.11.1 کھلے دور معائنہ

کھلے دور معائنہ<sup>64</sup> جیسا کہ نام سے واضح ہے، ٹرانسفارمر کی ایک جانب لچھے کے سروں کو آزاد رکھ کر کیا جاتا ہے۔ یہ معائنہ اتنی برقی دباؤ اور تعدد یا ان کے قریب ترین مقداروں پر کیا جاتا ہے جتنے پر ٹرانسفارمر کی بناوٹ<sup>65</sup> ہو۔ اگرچہ

<sup>64</sup> open circuit test  
<sup>65</sup> design

یہ معائنہ ٹرانسفارمر کے کسی بھی جانب کے لچھے پر کیا جاسکتا ہے، حقیقت میں اسے کم برقی دباؤ والی جانب کے لچھے پر کرنا آسان ہوتا ہے۔ یہ بات ایک مثال سے زیادہ آسانی سے سمجھ آتی ہے۔

مثلاً ہم 25 kV A اور 220 V : 11000 کا 50 Hz پر چلنے والے ایک دور کے ٹرانسفارمر کا معائنہ کرنا چاہتے ہیں۔ اگر یہ معائنہ اس کے گیارہ ہزار کے لچھے پر کیا جائے تو گیارہ ہزار برقی دباؤ کے لگ بھگ برقی دباؤ استعمال کیا جائے گا اور اگر دو سو بیس برقی دباؤ والے لچھے پر کیا جائے تو دو سو بیس برقی دباؤ کے لگ بھگ برقی دباؤ استعمال کیا جائے گا۔ دونوں صورتوں میں تعدد 50 Hz کے لگ بھگ رکھا جائے گی۔ 11 kV کی برقی دباؤ پر کام کرنا نہایت خطرناک ثابت ہو سکتا ہے۔ یہی وجہ ہے کہ اس معائنہ کو کم برقی دباؤ والے لچھے پر ہی کیا جاتا ہے۔

جس برقی دباؤ پر ٹرانسفارمر عام حالات میں استعمال ہوتا ہے اس معائنہ میں کم برقی دباؤ والی جانب کے لچھے پر اتنے ہی یا اس کی قریب مقدار کی برقی دباؤ  $V_t$  لاگو کر کے کھلے دور برقی طاقت  $p_t$  اور کھلے دور برقی رو  $I_t$  ناپے جاتے ہیں۔ معائنہ حقیقت میں استعمال کے دوران برقی دباؤ کے جتنے قریب برقی دباؤ پر کیا جائے اتنا بہتر جواب حاصل ہوتا ہے۔ ٹرانسفارمر کی دوسری جانب لچھے کے سرے چونکہ آزاد رکھے جاتے ہیں اس لئے اس میں برقی رو صفر ہو گا۔ لہذا ناپا گیا برقی رو صرف ہیجان انگیز برقی رو  $I_\phi$  ہو گا۔ ٹرانسفارمر جتنی برقی رو کے لئے بنایا گیا ہو یہ برقی رو اس کے تقریباً دو سے چھ فی صد ہوتا ہے۔ شکل 3.19 کو مد نظر رکھتے ہوئے اگر ہم بائیں جانب کو کم برقی دباؤ والی جانب تصور کریں تو شکل میں  $V_t$  کو  $V_1$  کی جگہ لاگو کرنا ہو گا۔ یوں ہم جو برقی رو ناپیں گے وہ غیر سمتی  $I_1$  ہو گا۔ چونکہ  $I_2'$  صفر کے برابر ہے لہذا  $I_1$  درحقیقت  $I_\phi$  کے مقدار  $I_\phi$  کے برابر ہو گا۔ یعنی اس طرح

$$I_t = I_1 = I_\phi$$

اتنی کم برقی رو سے لچھے کی رکاوٹ میں نہایت کم برقی دباؤ گھٹتا ہے، لہذا اسے نظر انداز کیا جاتا ہے یعنی

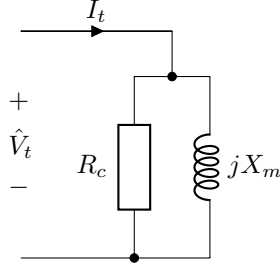
$$V_{R1} = I_t R_1 = I_\phi R_1 \approx 0$$

$$V_{X1} = I_1 X_1 = I_\phi X_1 \approx 0$$

یوں  $R_c$  اور  $X_m$  پر تقریباً  $V_t$  برقی دباؤ پایا جائے گا۔ یہ شکل 3.19 سے ظاہر ہے۔ ان حقائق کو مد نظر رکھتے ہوئے شکل 3.24 حاصل ہوتا ہے۔

چونکہ برقی طاقت کا ضیاع صرف مزاحمت میں ہی ممکن ہے لہذا  $p_t$  صرف  $R_c$  میں ہی ضائع ہو گی۔ یوں

$$p_t = \frac{V_t^2}{R_c}$$



شکل 3.24: کھلے سرے معائنہ۔

لکھا جائے گا۔ یوں

$$(3.37) \quad R_c = \frac{V_t^2}{p_t}$$

حاصل ہوتا ہے۔

اسی طرح چونکہ برقی دباؤ اور برقی رو کی مقداروں کے تناسب کو برقی رکاوٹ کی مقدار کہتے ہیں لہذا

$$|Z_t| = \frac{V_t}{I_t}$$

مگر شکل 3.24 سے واضح ہے کہ

$$\frac{1}{Z_t} = \frac{1}{R_c} + \frac{1}{jX_m}$$

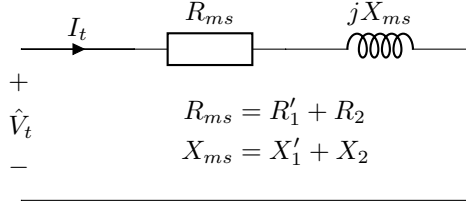
لہذا

$$Z_t = \frac{jR_cX_m}{R_c + jX_m}$$

$$|Z_t| = \frac{R_cX_m}{\sqrt{R_c^2 + X_m^2}}$$

جس سے حاصل ہوتا ہے

$$(3.38) \quad X_m = \frac{R_c|Z_t|}{\sqrt{R_c^2 - |Z_t|^2}}$$



شکل 3.25: کسر دور معائنہ۔

مساوات 3.37 سے  $R_c$  اور مساوات 3.38 سے  $X_m$  کا حساب لگایا جاتا ہے۔

یاد رہے کہ حاصل کردہ  $R_c$  اور  $X_m$  ٹرانسفارمر کے اسی جانب کے لئے درست ہیں جس جانب انہیں حاصل کیا گیا ہو۔ اگر ان کی قیمتیں دوسری جانب درکار ہوں تب متبادلہ رکاوٹ کا استعمال کرتے ہوئے اس جانب کی قیمتیں حاصل کی جاسکتی ہیں۔

### 3.11.2 کسر دور معائنہ

یہ معائنہ بھی پچھلے معائنہ کی طرح ٹرانسفارمر کے کسی بھی طرف کیا جاسکتا ہے مگر حقیقت میں اسے زیادہ برقی دباؤ کے لچھے پر ہی کرنا زیادہ آسان ہوتا ہے۔ یہ معائنہ جتنے برقی رو کے لئے ٹرانسفارمر بنایا گیا ہو اتنی برقی رو یا اس کے قریب مقدار پر کیا جاتا ہے۔ یعنی اس معائنہ میں کوشش ہوتی ہے کہ ٹرانسفارمر کے لچھے میں اتنی برقی رو گزرے جتنی کے لئے یہ بنایا گیا ہو۔ لہذا اگر ہم پچھلے معائنہ میں استعمال ہونے والے ٹرانسفارمر کی بات آگے بڑھائیں تو اس کا زیادہ برقی دباؤ کا لچھا 2.2727 A اور کم برقی دباؤ کا لچھا 113.63 A کے لئے بنایا گیا ہے۔ لہذا اگر یہ معائنہ کم برقی دباؤ لچھے پر کیا جائے تو اسے 113.63 A پر کرنا ہو گا اور اگر زیادہ برقی دباؤ لچھے پر کیا جائے تو صرف 2.2727 A پر کرنا ہو گا جو کہ زیادہ آسان ہے۔

اس معائنہ میں کم برقی دباؤ لچھے کے دونوں سروں کو آپس میں جوڑا جاتا ہے یعنی انہیں کسر دور کر لیا جاتا ہے اور زیادہ برقی دباؤ لچھے پر اس جانب کی ڈیزائن کردہ برقی دباؤ کے دو سے بارہ فی صد کا برقی دباؤ  $V_t$  لاگو کر کے کسر دور برقی رو  $I_t$  اور کسر دور برقی طاقت  $p_t$  ناپے جاتے ہیں۔ جس لچھے کے سرے آپس میں کسر دور ہوتے ہیں اس میں سے برقی رو گزرتی ہے اور اس کا عکس دوسری جانب بھی موجود ہوتا ہے۔ یہ برقی رو ٹرانسفارمر کے ڈیزائن کردہ برقی رو کے لگ بھگ ہوتا ہے۔ اس معائنہ کا دور شکل 3.25 میں دکھایا گیا ہے۔ کھلے سرے معائنہ کی طرح اگر

کسر دور معائنے میں بھی شکل 3.19 کے بائیں جانب کو کم برقی دباؤ والی جانب تصور کریں تو  $V_t$  کو  $V_2$  کی جگہ لاگو کرنا ہو گا۔

چونکہ یہ معائنہ بہت کم برقی دباؤ پر کیا جاتا ہے لہذا اس معائنہ میں ہیجان انگیز برقی رو کو مکمل طور پر نظر انداز کیا جاسکتا ہے۔ شکل سے ہم دیکھتے ہیں کہ چونکہ برقی طاقت صرف مزاحمت میں ہی ضائع ہو سکتی ہے لہذا

$$p_t = I_t^2 (R_{ms})$$

ہو گا جس سے

$$(3.39) \quad R_{ms} = \frac{p_t}{I_t^2}$$

حاصل ہوتا ہے۔

کسر دور برقی رو اور برقی دباؤ سے ہمیں ملتی ہے

$$|Z_t| = \frac{V_t}{I_t}$$

مگر شکل سے واضح ہے کہ

$$Z_t = R_{ms} + jX_{ms}$$

$$|Z_t| = \sqrt{R_{ms}^2 + X_{ms}^2}$$

لہذا

$$(3.40) \quad X_{ms} = \sqrt{|Z_t|^2 - R_{ms}^2}$$

مساوات 3.39 کل مزاحمت دیتا ہے البتہ اس سے  $R_1$  یا  $R_2$  حاصل نہیں کیا جاسکتا۔ اسی طرح مساوات 3.40 سے  $X_1$  اور  $X_2$  علیحدہ نہیں کئے جاسکتے۔ کسر دور معائنہ سے اتنی ہی معلومات حاصل کرنا ممکن ہے۔ حقیقت میں اتنی معلومات کافی ہوتی ہے۔ اگر ان اجزاء کے علیحدہ علیحدہ قیمتیں درکار ہوں تو ایسی صورت میں تصور کیا جاتا ہے کہ

$$R'_1 = R_2$$

$$X'_1 = X_2$$

ہیں۔

چونکہ یہ معائنہ عموماً جہاں ٹرانسفارمر موجود ہو وہیں کرنا پڑتا ہے لہذا یہ ممکن نہیں ہوتا کہ ٹرانسفارمر کو بالکل اتنا برقی دباؤ دیا جائے جتنا درکار ہو بلکہ جو برقی دباؤ موجود ہو اسی سے کام چلانا پڑتا ہے۔ لیکن اس بات کا خیال بہت ضروری ہے کہ جو برقی دباؤ ٹرانسفارمر کو دیا جا رہا ہو وہ ڈیزائن کردہ برقی دباؤ کے دو سے بارہ فی صد ہو۔ مثلاً اگر اسی 220 V : 11000 ٹرانسفارمر کی بات کی جائے تو اس کے زیادہ برقی دباؤ لچھے پر 220 V اور 1320 V کے درمیان کوئی بھی برقی دباؤ دیا جاسکتا ہے۔ چونکہ ہمارے ہاں 220 V اور 440 V عام پائے جاتے ہیں لہذا ہم 220 V یا 440 V ہی استعمال کریں گے۔

یہاں یہ ایک مرتبہ دوبارہ یاد دہیانی کرنا جاول کہ ٹرانسفارمر کی ایک جانب لچھے کے سرے آپس میں جوڑ کر، یعنی انہیں کسر دور کر کے، دوسری جانب لچھے پر کسی بھی صورت میں اس جانب کی پوری برقی دباؤ لاگو نہیں کرنا۔ ایسا کرنا شدید خطرناک اور جان لیوا ثابت ہو سکتا ہے۔

یاد رہے کہ حاصل کردہ  $R_c$  اور  $X_m$  ٹرانسفارمر کے اسی جانب کے لئے درست ہیں جس جانب انہیں حاصل کیا گیا ہو۔ اگر ان کی قیمتیں دوسری جانب درکار ہوں تب متبادلہ رکاوٹ کا استعمال کرتے ہوئے اس جانب کی قیمتیں حاصل کی جاسکتی ہیں۔

مثال 3.7: ایک 25 کلو وولٹ-ایمپیئر، 220 : 11000 وولٹ اور 50 ہرٹز پر چلنے والے ٹرانسفارمر کے کھلے دور اور کسر دور معائنہ کئے جاتے ہیں جن کے نتائج یہ ہیں۔

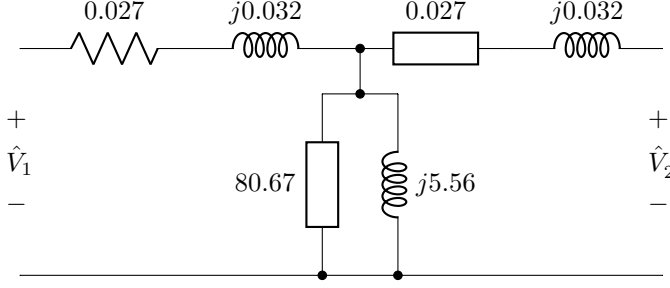
- کھلے دور معائنہ کرتے وقت کم برقی دباؤ کی جانب 220 V لاگو کئے جاتے ہیں۔ اسی جانب برقی رو 39.64 A اور طاقت کا ضیاع 600 W ناپے جاتے ہیں۔
- کسر دور معائنہ کرتے وقت زیادہ برقی دباؤ کی جانب 440 V لاگو کئے جاتے ہیں۔ اسی جانب برقی رو 2.27 A اور طاقت کا ضیاع 560 W ناپے جاتے ہیں۔

کھلے دور حل:

$$|Z_t| = \frac{220}{39.64} = 5.55 \Omega$$

$$R_c = \frac{220^2}{600} = 80.67 \Omega$$

$$X_m = \frac{80.67 \times 5.55}{\sqrt{80.67^2 - 5.55^2}} = 5.56 \Omega$$



شکل 3.26: کھلے دور اور کسر دور معائنہ سے کم برقی دباؤ جانب مساوی دور۔

کسر دور حل:

$$Z_t = \frac{440}{2.27} = 193.83 \Omega$$

$$R_{ms} = \frac{560}{2 \times 2.27^2} = 108.68 \Omega$$

$$X_{ms} = \sqrt{193.83^2 - 108.68^2} = 160 \Omega$$

ان نتائج کو کم برقی دباؤ جانب منتقل کرتے ہوئے

$$\left( \frac{220}{11000} \right)^2 \times 108.68 = 43.47 \text{ m}\Omega$$

$$\left( \frac{220}{11000} \right)^2 \times 160 = 64 \text{ m}\Omega$$

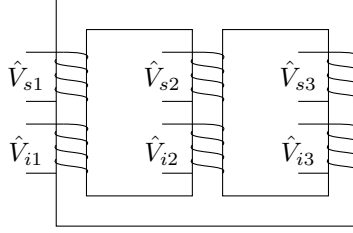
یعنی

$$R_1 = R'_2 = \frac{43.47 \text{ m}\Omega}{2} = 21.7 \text{ m}\Omega$$

$$X_1 = X'_2 = \frac{64 \text{ m}\Omega}{2} = 32 \text{ m}\Omega$$

□

حاصل ہوتا ہے۔ ان نتائج سے حاصل کم برقی دباؤ جانب مساوی دور شکل 3.26 میں دکھایا گیا ہے۔



شکل 3.27: ایک ہی قالب پر تین ٹرانسفارمر۔

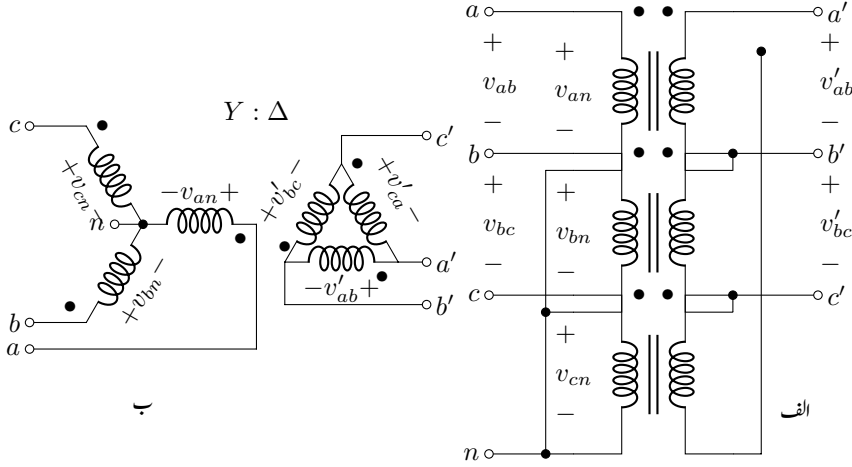
## 3.12 تین مرحلہ ٹرانسفارمر

اب تک ہم ایک مرحلہ<sup>67</sup> ٹرانسفارمر پر غور کرتے رہے ہیں۔ حقیقت میں برقی طاقت کی منتقلی میں عموماً تین مرحلہ<sup>68</sup> ٹرانسفارمر استعمال ہوتے ہیں۔ تین مرحلہ ٹرانسفارمر یکساں تین عدد ایک مرحلہ ٹرانسفارمر اکٹھے رکھ کر بنایا جاسکتا ہے۔ یوں اگر ایک ٹرانسفارمر خراب ہو جائے تو اس کو ٹھیک ہونے کے لئے ہٹا کر بقایا دو ٹرانسفارمر دوبارہ چالو کئے جاسکتے ہیں۔ تین مرحلہ ٹرانسفارمر بنانے کا اس سے بہتر طریقہ شکل 3.27 میں دکھایا گیا ہے جہاں ایک ہی مقناطیسی قالب پر تینوں ٹرانسفارمر کے لچھے لپٹے گئے ہیں۔ اس شکل میں  $\hat{V}_{i1}$  پہلے ٹرانسفارمر کا ابتدائی لچھا جبکہ  $\hat{V}_{s1}$  اس کا ثانوی لچھا ہے۔ اس طرح کے تین مرحلہ ٹرانسفارمر سستے، ہلکے اور چھوٹے ہونے کی وجہ سے عام ہو گئے ہیں اور آپ کو روزمرہ زندگی میں یہی نظر آئیں گے۔ ان میں برقی ضیاع بھی قدر کم ہوتی ہے۔

شکل 3.28- الف میں تین ٹرانسفارمر دکھائے گئے ہیں۔ ان تین ٹرانسفارمر کے ابتدائی لچھے آپس میں دو طریقوں سے جوڑے جاسکتے ہیں۔ ایک کو ستارہ نما جوڑ<sup>69</sup>  $Y$  اور دوسرے کو تکونی جوڑ<sup>70</sup>  $\Delta$  کہتے ہیں۔ اسی طرح ان تینوں ٹرانسفارمروں کے ثانوی لچھے انہیں دو طریقوں سے جوڑے جاسکتے ہیں۔ یوں انہیں جوڑنے کے چار ممکنہ طریقے ہیں یعنی

• ستارہ: تکونی  $Y : \Delta$ • ستارہ: ستارہ  $Y : Y$ • تکونی: تکونی  $\Delta : \Delta$ <sup>67</sup> single phase<sup>68</sup> three phase<sup>69</sup> star connected<sup>70</sup> delta connected





شکل 3.28: تین مرحلہ ستارہ-تکونی ٹرانسفارمر

• تکونی: ستارہ  $\Delta : Y$

شکل 3.28-الف میں ان تین ٹرانسفارمرز کے ابتدائی لچھوں کو ستارہ نما جوڑا گیا ہے جبکہ ان کی ثانوی لچھوں کو تکونی جوڑا گیا ہے۔ شکل-ب میں تینوں ٹرانسفارمرز کی ابتدائی لچھوں کو ستارہ نما دکھایا گیا ہے۔ اسی طرح ثانوی لچھوں کو تکونی دکھایا گیا ہے۔ انہی شکلوں کی وجہ سے ان کو ستارہ نما جوڑ اور تکونی جوڑ کہتے ہیں۔

ایسی شکل بناتے وقت تینوں ٹرانسفارمرز کے ابتدائی لچھے کو جس زاویہ پر بنایا جاتا ہے اس کے ثانوی لچھے کو بھی اسی زاویہ پر بنایا جاتا ہے۔ یوں شکل کے حصہ الف میں سب سے اوپر ٹرانسفارمر جس کے ابتدائی جانب کے سرے  $an$  اور ثانوی جانب کے سرے  $a'n$  ہیں کو حصہ با میں صفر زاویہ پر بنایا گیا ہے۔ تین مرحلہ ٹرانسفارمرز کو اس طرح کی علامتوں سے ظاہر کیا جاتا ہے اور ان میں قالب نہیں دکھایا جاتا۔

ٹرانسفارمر کے جوڑ بیان کرتے وقت بائیں جانب کے جوڑ کو پہلے اور دائیں جانب کی جوڑ کو بعد میں پکارتے ہیں۔ یوں شکل میں ٹرانسفارمر کو ستارہ-تکونی جڑا ٹرانسفارمر کہیں گے۔ اسی طرح ابتدائی جانب کو بائیں اور ثانوی جانب کو دائیں ہاتھ بنایا جاتا ہے۔ یوں اس شکل میں ابتدائی جانب ستارہ نما ہے جبکہ ثانوی جانب تکونی ہے۔

ستارہ نما جڑی جانب سے چار برقی تاریں نکلتی ہیں۔ اس جانب لچھوں کے مشترکہ سر  $n$  کو عموماً ٹرانسفارمر کے

نزدیک زمین میں گہرائی تک دھنسا دیا جاتا ہے۔ اس تار کو زمین تار<sup>71</sup> یا صرف زمین<sup>72</sup> کہتے ہیں۔ عام فہم میں اسے ٹھنڈی تار<sup>73</sup> کہتے ہیں۔ باقی تین یعنی a, b, c گرم تار<sup>74</sup> کہلاتے ہیں۔

ٹرانسفارمر کی لچھے پر برقی دباؤ کو یکے مرحلہ برقی دباؤ<sup>75</sup>  $\hat{V}$  کہتے ہیں اور لچھے میں برقی رو کو یکے مرحلہ برقی رو<sup>76</sup>  $\hat{I}$  کہتے ہیں۔ جبکہ ٹرانسفارمر سے باہر نکلتی کسی دو گرم تاروں کے مابین برقی دباؤ کو تار کے برقی دباؤ<sup>77</sup>  $\hat{V}_{\text{تار}}$  کہتے ہیں اور کسی بھی گرم تار میں برقی رو کو تار کے برقی رو<sup>78</sup>  $\hat{I}_{\text{تار}}$  کہتے ہیں۔ زمینی تار میں برقی رو کو زمین برقی رو<sup>79</sup>  $\hat{I}_{\text{زمینی}}$  کہتے ہیں۔

ستارہ نما Y جانب یکے مرحلہ مقداروں اور تار کی مقداروں کا آپس میں یوں رشتہ ہے

$$\begin{aligned} V_{\text{تار}} &= \sqrt{3} V_{\text{یکرملہ}} \\ I_{\text{تار}} &= I_{\text{یکرملہ}} \end{aligned} \quad (3.41)$$

جبکہ ٹکونی  $\Delta$  جانب یک مرحلہ اور تار کی مقداروں کا آپس میں یوں رشتہ ہے

$$\begin{aligned} V_{\text{تار}} &= V_{\text{یکرملہ}} \\ I_{\text{تار}} &= \sqrt{3} I_{\text{یکرملہ}} \end{aligned} \quad (3.42)$$

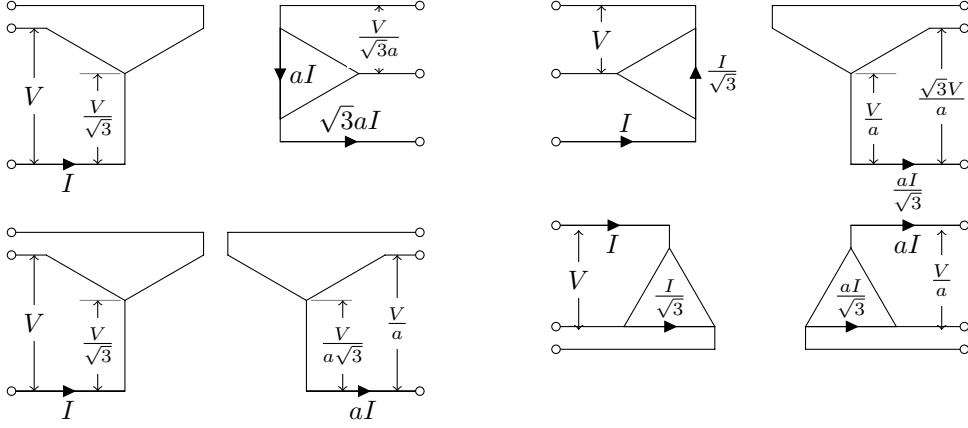
یہ مرحلی سمتیہ کے رشتے نہیں بلکہ ان کی غیر سمتیہ قیمتوں کے رشتے ہیں۔ ان دو مساواتوں سے حاصل ہوتا ہے

$$V_{\text{تار}} I_{\text{تار}} = \sqrt{3} V_{\text{یکرملہ}} I_{\text{یکرملہ}} \quad (3.43)$$

چونکہ ایک مرحلہ ٹرانسفارمر کی وولٹ-ایمپیئر<sup>71</sup>  $V_{\text{یکرملہ}} I_{\text{یکرملہ}}$  ہیں اور ایسے تین ٹرانسفارمر مل کر ایک تین مرحلہ ٹرانسفارمر بناتے ہیں لہذا تین مرحلہ ٹرانسفارمر کی وولٹ-ایمپیئر اس کے تین گنا ہوں گے یعنی

$$3 V_{\text{یکرملہ}} I_{\text{یکرملہ}} = 3 V_{\text{یکرملہ}} I_{\text{یکرملہ}} = 3 \times \frac{V_{\text{تار}} I_{\text{تار}}}{\sqrt{3}} = \sqrt{3} V_{\text{تار}} I_{\text{تار}} \quad (3.44)$$

ground<sup>71</sup>ground, earth, neutral<sup>72</sup>neutral<sup>73</sup>live wires<sup>74</sup>phase voltage<sup>75</sup>phase current<sup>76</sup>line to line voltage<sup>77</sup>line current<sup>78</sup>ground current<sup>79</sup>



شکل 3.29: ابتدائی اور ثانوی جانب تار اور یک مرحلہ مقداروں کے رشتے۔

یہ مساوات تین مرحلہ ادوار میں عام استعمال ہوتی ہے۔

ٹرانسفارمر کسی طرح بھی جوڑے جائیں وہ اپنی بنیادی کارکردگی تبدیل نہیں کرتے لہذا انہیں ستارہ نما یا ٹکونی جوڑنے کے بعد بھی ان میں ہر ایک ٹرانسفارمر انفرادی طور پر صفحہ 68 پر دئے مساوات 3.16 اور صفحہ 73 پر دئے مساوات 3.26 پر پورے اترے گا۔ انہیں استعمال کر کے شکل 3.29 میں دیئے گئے ٹرانسفارمر کے ابتدائی اور ثانوی جانب کی یک مرحلہ اور تار کی مقداروں کے رشتے حاصل کئے جاسکتے ہیں۔ اس شکل میں  $a = N_1/N_2$  ہے جہاں  $N_1 : N_2$  ان میں ایک مرحلہ ٹرانسفارمر کے چکر کی نسبت ہے۔ تین مرحلہ ٹرانسفارمر پر لگی تختی پر دونوں جانب تار کی برقی دباؤ کی نسبت لکھی جاتی ہے۔

جیسے شکل 3.29 میں دکھایا گیا ہے ستارہ-ٹکونی ٹرانسفارمر کی تار پر برقی دباؤ کی نسبت

$$(3.45) \quad \frac{V_{\text{ابتدائی}}}{V_{\text{ثانوی}}} = \sqrt{3}a = \sqrt{3} \left( \frac{N_1}{N_2} \right)$$

جبکہ ستارہ-ستارہ کا

$$(3.46) \quad \frac{V_{\text{ابتدائی}}}{V_{\text{ثانوی}}} = a = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)$$

ٹکونی-ستارہ کا

$$(3.47) \quad \frac{V_{\text{ابتدائی}}}{V_{\text{ثانوی}}} = \frac{a}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \left( \frac{N_1}{N_2} \right)$$

اور تکونی-تکونی کا

$$(3.48) \quad \frac{V_{ابتدائی}}{V_{ثانوی}} = a = \left( \frac{N_1}{N_2} \right)$$

ہے۔

مثال 3.8: ایک مرحلہ تین یکساں ٹرانسفارمر کو ستارہ-تکونی  $\Delta$  : Y جوڑ کر تین مرحلہ ٹرانسفارمر بنایا گیا ہے۔ ایک مرحلہ ٹرانسفارمر کی برقی سکے<sup>80</sup> درج ذیل ہے:

$$50 \text{ kV A}, \quad 6350 : 440 \text{ V}, \quad 50 \text{ Hz}$$

ستارہ-تکونی ٹرانسفارمر کی ابتدائی جانب 11000 وولٹ کی تین مرحلہ تار کی برقی دباؤ لاگو کیا گیا۔ اس تین مرحلہ ٹرانسفارمر کی ثانوی جانب تار کا برقی دباؤ معلوم کریں۔

حل: حل کرتے وقت ہم ایک عدد ایک مرحلہ ٹرانسفارمر پر نظر رکھیں گے۔ ابتدائی جانب اگر ایک مرحلہ ٹرانسفارمر پر غور کیا جائے تو

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{6350}{440}$$

اور اس پر لاگو برقی دباؤ مساوات 3.41 کی مدد سے

$$V_{ابتدائی، یکمرحلہ} = \frac{V_{تار}}{\sqrt{3}} = \frac{11000}{\sqrt{3}} = 6350.85 \text{ V}$$

ہے لہذا اس ایک مرحلہ ٹرانسفارمر کی ثانوی جانب مساوات 3.16 کی مدد سے

$$V_{ثانوی} = \frac{N_2}{N_1} V_{ابتدائی} = \frac{440}{6350} \times 6350.85 \approx 440 \text{ V}$$

ہیں۔ چونکہ ثانوی جانب ان تین ایک مرحلہ ٹرانسفارمر کو تکونی جوڑا گیا ہے لہذا مساوات 3.42 کی مدد سے اس جانب تار کی برقی دباؤ یہی ہوگی۔ اس تین مرحلہ ٹرانسفارمر کی تار پر برقی دباؤ کی نسبت

$$\frac{V_{ابتدائی، تار}}{V_{ثانوی، تار}} = \frac{11000}{440}$$

ہے۔ چونکہ ایک مرحلہ ٹرانسفارمر 50 کلو وولٹ-ایمپیئر کا ہے لہذا یہ تین مرحلہ ٹرانسفارمر 150 کلو وولٹ-ایمپیئر کا ہو گا۔ یوں اس تین مرحلہ ٹرانسفارمر کی سکت<sup>81</sup>

$$150 \text{ kV A}, \quad 11000 : 440 \text{ V}, \quad 50 \text{ Hz}$$

ہو گی۔

ٹرانسفارمر پر لگی تختی<sup>82</sup> پر اس کی سکت بیان ہوتی ہے جس میں ٹرانسفارمر کے دونوں جانب تار کے برقی دباؤ لکھے جاتے ہیں نہ کہ لچھوں کے چکر۔

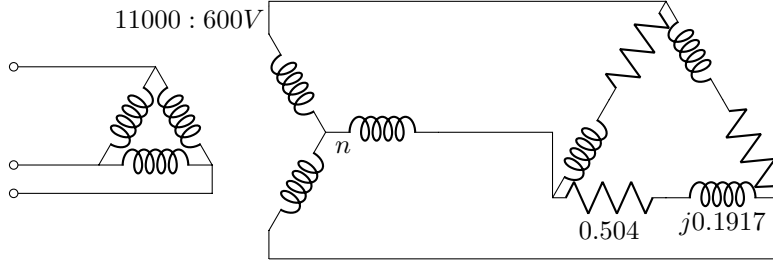
ستارہ-ستارہ جڑے ٹرانسفارمر عام طور استعمال نہیں ہوتے۔ اس کی وجہ یہ ہے کہ اگرچہ ان کی تین مرحلہ برقی دباؤ کے بنیادی جزو آپس میں  $120^\circ$  زاویائی فاصلے پر ہوتے ہیں لیکن ان کی تیسری موسیقائی جزو آپس میں ہم قدم ہوتی ہیں۔ قالب کی غیر بتدریج خصوصیات کی وجہ سے ٹرانسفارمر میں ہر صورت تیسری موسیقائی جزو پائے جاتے ہیں۔ تیسری موسیقائی جزو ہم قدم ہونے کی وجہ سے جمع ہو کر ایک نہایت بڑی برقی دباؤ کی موج پیدا کرتے ہیں جو کبھی کبھی برقی دباؤ کی بنیادی جزو سے بھی زیادہ بڑھ جاتی ہے۔

بقایا تین قسم کے جڑے ٹرانسفارمر میں برقی دباؤ کی تیسری موسیقائی جزو مسئلہ نہیں کرتیں چونکہ ان میں تکونی جڑے لچھوں میں برقی رو گھومنے شروع ہو جاتی ہے جو ان کے اثر کو ختم کر دیتی ہے۔

تین مرحلہ ٹرانسفارمر کے متوازن دور حل کرتے وقت ہم تصور کرتے ہیں کہ ٹرانسفارمر ستارہ نما جڑا ہے۔ یوں اس کے ایک مرحلے میں برقی رو، تار کی برقی رو ہی ہو گی اور اس کے ایک مرحلے پر لاگو برقی دباؤ، ایک مرحلہ برقی دباؤ ہو گا۔ اسی طرح ہم تصور کرتے ہیں کہ اس پر لدا برقی بوجھ بھی ستارہ نما جڑا ہے۔ یوں تین مرحلہ کی جگہ ہم ایک مرحلہ دور کا نسبتاً آسان مسئلہ حل کرتے ہیں۔ ایسا کرنے سے مسئلہ پر غور کرنا آسان ہو جاتا ہے۔ یہ ایک مثال سے زیادہ بہتر سمجھ آئے گا۔

مثال 3.9: ایک تین مرحلہ  $Y : \Delta$  2000 کلو وولٹ-ایمپیئر، 600 : 11000 وولٹ اور 50 ہرٹز پر چلنے والا کامل ٹرانسفارمر تین مرحلہ کے متوازن برقی بوجھ کو طاقت مہیا کر رہا ہے۔ یہ بوجھ تکونی جڑا ہے جہاں بوجھ کا ہر حصہ  $(0.504 + j0.1917)$  کے برابر ہے۔ شکل 3.30 میں یہ دکھایا گیا ہے۔

• اس شکل میں ہر جگہ برقی رو معلوم کریں۔



شکل 3.30: ٹرانسفارمر متکونی متوازن بوجھ کو طاقت فراہم کر رہا ہے۔

• برقی بوجھ<sup>83</sup> کو درکار طاقت معلوم کریں

حل:

پہلے متکونی بوجھ کو ستارہ نما بوجھ میں تبدیل کرتے ہیں

$$Z_Y = \frac{Z_{\Delta}}{3} = \frac{0.504 + j0.1917}{3} = 0.168 + j0.0639$$

اس بوجھ کو ستارہ نما جڑا شکل 3.31 میں دکھایا گیا ہے۔ اس شکل میں ایک برقی تار جسے نقطہ دار لکیر سے ظاہر کیا گیا ہے کو ٹرانسفارمر کی زمینی نقطہ سے بوجھ کے مشترکہ سرے کے درمیان جڑا دکھایا گیا ہے۔ متوازن دور میں اس تار میں برقی رد صفر ہوگی۔ حل کرنے کی نیت سے ہم اس متوازن دور سے ایک مرحلہ لے کر حل کرتے ہیں۔

یوں مساوی برقی بوجھ میں برقی رو

$$I = \frac{346.41}{0.168 + j0.0639} = 1927.262 \angle -20.825^\circ$$

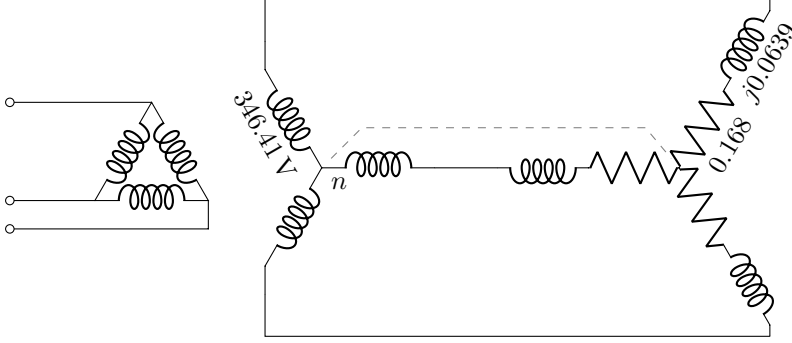
ہوگی اور اس ایک مرحلہ میں طاقت

$$p = 346.41 \times 1927.262 \times \cos(-20.825^\circ) = 624007 \text{ W}$$

ہوگی۔ یوں برقی بوجھ کو پوری درکار برقی طاقت اس کے تین گنا ہوگی یعنی 1872 kW اس بوجھ کا جزو طاقت<sup>84</sup>

$$\cos(-20.825^\circ) = 0.93467$$

rating<sup>81</sup>  
name plate<sup>82</sup>  
electrical load<sup>83</sup>  
power factor<sup>84</sup>



شکل 3.31: ٹکنونی بوجھ کو مساوی ستارہ بوجھ میں تبدیل کیا گیا ہے۔

ہے۔

ٹکنونی بوجھ میں برقی رو  $1112.7 = \frac{1927.262}{\sqrt{3}}$  ایمپیر ہو گی۔ ٹرانسفارمر کی ابتدائی جانب برقی تاروں میں برقی رو

$$\left( \frac{600}{11000} \right) \times 1927.262 = 105.12$$

□

ایمپیر ہو گی۔

اس مثال میں جزو طاقت 0.93467 ہے۔ اس کتاب کے لکھتے وقت پاکستان میں اگر صنعتی کارخانوں کی برقی بوجھ کی جزو طاقت 0.9 سے کم ہو جائے تو برقی طاقت فراہم کرنے والا ادارہ (واپڈا) جرمانہ نافذ کرتا ہے۔

### 3.13 ٹرانسفارمر چالو کرتے لمحہ زیادہ محرکی برقی رو کا گزر

ہم دیکھ چکے ہیں کہ اگر ٹرانسفارمر کے قالب میں کثافتِ مقناطیسی بہاؤ سائن نما ہو یعنی  $B = B_0 \sin \omega t$  تو اس کے لئے ہم لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned} v = e &= N \frac{\partial \varphi}{\partial t} = N A_c \frac{\partial B}{\partial t} \\ &= \omega N A_c B_0 \cos \omega t \\ &= V_0 \cos \omega t \end{aligned}$$

یعنی

$$(3.49) \quad B_0 = \frac{V_0}{\omega N A_c}$$

یہ مساوات برقرار چالو<sup>85</sup> ٹرانسفارمر کے لئے درست ہے۔

تصور کریں کہ ایک ٹرانسفارمر کو چالو کیا جا رہا ہے۔ چالو ہونے سے پہلے قالب میں مقناطیسی بہاؤ صفر ہے اور جس لمحہ اسے چالو کیا جائے اس لمحہ بھی یہ صفر ہی رہتا ہے۔

جس لمحہ ٹرانسفارمر کو چالو کیا جائے اس لمحہ لاگو برقی دباؤ

$$v = V_0 \cos(\omega t + \theta)$$

ہے۔ اگر  $\theta = \pi/2$  یہ لمحہ ہو تو آدھے دور<sup>86</sup> کے بعد قالب میں کثافتِ مقناطیسی بہاؤ

$$\begin{aligned} B &= \frac{1}{N A_c} \int_0^{\pi/\omega} V_0 \cos(\omega t + \pi/2) dt \\ &= \frac{V_0}{\omega N A_c} \sin(\omega t + \pi/2)_0^{\pi/\omega} \\ &= - \left( \frac{2V_0}{\omega N A_c} \right) \end{aligned}$$

یعنی کثافتِ مقناطیسی بہاؤ کا طول معمول سے دگنا ہو گا۔ اگر یہی حساب  $\theta = 0$  لمحہ کے لئے کیا جائے تو زیادہ سے زیادہ کثافتِ مقناطیسی بہاؤ بالکل مساوات 3.49 کے عین مطابق ہو گا۔ ان دو زاویوں کے مابین زیادہ سے زیادہ کثافتِ مقناطیسی بہاؤ ان دو حدوں کے درمیان رہتا ہے۔

قالب کی  $B - H$  خط غیر بتدریج بڑھتا ہے۔ لہذا  $B$  دگنا کرنے کی خاطر  $H$  کو کئی گنا بڑھانا ہو گا جو لچھے میں محرک برقی رو بڑھانے سے ہوتا ہے<sup>87</sup>۔ یہاں صفحہ 53 پر دکھائے شکل 2.17 سے رجوع کریں۔ قومی ٹرانسفارمر میں بیجانی کثافتِ مقناطیسی بہاؤ کی چوٹی  $1 \leq B_0 \leq 1.3$  ہوتی ہے۔ ٹرانسفارمر چالو کرتے لمحہ یوں کثافتِ مقناطیسی بہاؤ 2 سے 2.6 ٹسلا تک ہو سکتی ہے جس کے لئے درکار بیجان انگیز برقی رو نہایت زیادہ ہو گی۔

<sup>85</sup> steady state

<sup>86</sup> time period

<sup>87</sup> 2000 کلو وولٹ۔ ایمپیر ٹرانسفارمر سے چالو کرتے وقت تھر تھراپٹ کی آواز آتی ہے





- earth, 94
- eddy current loss, 62
- eddy currents, 62, 126
- electric field
  - intensity, 10
- electrical rating, 59
- electromagnet, 131
- electromotive force, 61, 137
- emf, 137
- enamel, 62
- energy, 43
- Euler, 21
- excitation, 61
- excitation current, 50, 60, 61
- excitation voltage, 61
- excited coil, 61
  
- Faraday's law, 38, 125
- field coil, 131, 251
- flux, 30
- Fourier series, 63, 142
- frequency, 130
- fundamental, 142
- fundamental component, 64
  
- generator
  - ac, 159
- ground current, 94
- ground wire, 94
  
- harmonic, 142
- harmonic components, 64
  
- ampere-turn, 32
- armature coil, 131, 251
- axle, 161
  
- carbon bush, 177
- cartesian system, 4
- charge, 10, 136
- circuit breaker, 178
- coercivity, 46
- coil
  - high voltage, 56
  - low voltage, 56
  - primary, 55
  - secondary, 55
- commutator, 164, 241
- conductivity, 25
- conservative field, 108
- core, 55, 126
- core loss, 62
- core loss component, 64
- Coulomb's law, 10
- cross product, 13
- cross section, 9
- current
  - transformation, 66
- cylindrical coordinates, 5
  
- delta connected, 92
- design, 195
- differentiation, 18
- dot product, 15
  
- E,I, 62

parallel connected, 253  
 permeability, 26  
     relative, 26  
 phase current, 94  
 phase difference, 23  
 phase voltage, 94  
 phasor, 21  
 pole  
     non-salient, 140  
     salient, 140  
 power, 43  
 power factor, 23  
     lagging, 23  
     leading, 23  
 power factor angle, 23  
 power-angle law, 188  
 primary  
     side, 55  
  
 rating, 96, 97  
 rectifier, 164  
 relative permeability, 26  
 relay, 101  
 reluctance, 25  
 residual magnetic flux, 45  
 resistance, 25  
 rms, 49, 164  
 rotor, 36  
 rotor coli, 104  
 rpm, 155  
  
 saturation, 47  
 scalar, 1  
 self excited, 251  
 self flux linkage, 42  
 self inductance, 42  
 separately excited, 251  
 side  
     secondary, 55  
 single phase, 23, 59  
 slip, 209  
 slip rings, 176, 229

Henry, 39  
 hunting, 178  
 hysteresis loop, 46  
  
 impedance transformation, 71  
 in-phase, 69  
 induced voltage, 38, 49, 61  
 inductance, 39  
  
 Joule, 43  
  
 lagging, 22  
 laminations, 31, 62, 126  
 leading, 22  
 leakage inductance, 79  
 leakage reactance, 79  
 line current, 94  
 line voltage, 94  
 linear circuit, 226  
 load, 98  
 Lorentz law, 136  
 Lorenz equation, 102  
  
 magnetic constant, 26  
 magnetic core, 31  
 magnetic field  
     intensity, 11, 33  
 magnetic flux  
     density, 33  
     leakage, 78  
 magnetizing current, 64  
 mmf, 30  
 model, 81, 207  
 mutual flux linkage, 43  
 mutual inductance, 42  
  
 name plate, 97  
 non-salient poles, 177  
  
 Ohm's law, 26  
 open circuit test, 86  
 orthonormal, 3

unit vector, 2

VA, 75

vector, 2

volt, 137

volt-ampere, 75

voltage, 137

    DC, 164

    transformation, 66

Watt, 43

Weber, 32

winding

    distributed, 140

winding factor, 147

star connected, 92

stator, 36

stator coil, 104, 127

steady state, 175

step down transformer, 58

step up transformer, 58

surface density, 11

synchronous, 130

synchronous inductance, 184

synchronous speed, 155, 176

Tesla, 33

theorem

    maximum power transfer, 229

Thevenin theorem, 226

three phase, 59, 92

time period, 100, 142

torque, 165, 209

    pull out, 178

transformer

    air core, 59

    communication, 59

    ideal, 65

transient state, 175

- ابتدائی  
جانب، 55  
لچھا، 55  
ارتباط بہاؤ، 39  
اضافی  
زاویائی رفتار، 212  
اکائی سمتیہ، 2  
امالہ، 39  
امالی برقی دباؤ، 38، 49، 61  
اوہم میٹر، 237  
ایک، تین پتریاں، 62  
ایک مرحلہ، 59  
ایک پیسہ چکر، 32  
بار، 136  
برقرار چالو، 100، 175  
برقی بار، 10، 136  
برقی دباؤ، 28، 137  
تبادلہ، 56، 66  
محرک، 137  
بیجائی، 185  
یک سمتی، 164  
برقی رو، 28  
بھنور نما، 126  
تبادلہ، 66  
بیجان انگیز، 50  
برقی سکت، 59  
برقی میدان، 10  
شدت، 10، 28  
بش، 177  
بناوٹ، 86  
بنیادی جزو، 64، 142  
بو جھ، 98  
بھٹی، 114  
بھنور نما  
برقی رو، 62  
ضیاع، 62  
بھنور نما برقی رو، 126  
بے بو جھ، 60  
پتری، 31، 126  
پتریاں، 62  
پورا بو جھ، 197  
پیچھے، 80  
پیش زاویہ، 22  
تاخیری زاویہ، 22  
تار کی برقی دباؤ، 94  
تار کی برقی رو، 94  
تانبہ، 28  
تبادلہ  
رکاوٹ، 71  
متنقی، 97  
تدریجی تفرق، 113  
تعدد، 130  
تعقب، 178  
تفرق، 18  
جزوی، 18  
تکمل، 18  
تکوئی جوڑ، 92  
توانائی، 43  
تین مرحلہ، 59، 92  
ٹرانسفارمر  
برقی دباؤ والا، 59  
بو جھ بردار، 68  
خلائی قالب، 59  
دباؤ گھٹاتا، 58  
دباؤ گھٹاتا، 58  
ذرائع ابلاغ، 59  
رو والا، 59  
کامل، 65  
ٹسلا، 33  
ٹھنڈی تار، 94  
ثانوی جانب، 55  
چاول، 43  
جزو  
پھیلاؤ، 147  
جزو طاقت، 23  
پیش، 23  
تاخیری، 23

- جزیر 159، بدلتی رو، 176، 229، سرک چھلے،  
 سطحی تحلیل، 181،  
 سطحی کشافیت، 11،  
 سکت، 96، 97،  
 سلسلہ وار، 145،  
 سمت کار، 241،  
 برقیاتی، 164،  
 میکانی، 164،  
 سمتیہ، 2،  
 عمودی اکائی، 3،  
 سمتی رفتار، 102،  
 سیرانیت، 47،  
 ضرب  
 نقطہ، 15،  
 ضرب صلیبی، 13،  
 طاقت، 43،  
 طاقت بالقابل زاویہ، 188،  
 طول موج، 18،  
 عارضی صورت، 175،  
 عمودی تراش، 9،  
 رقبہ، 9،  
 غیر سمتی، 1،  
 غیر معاصر، 178،  
 فورئیر، 250،  
 فورئیر تسلسل، 63، 142،  
 فیراڈے  
 قانون، 38، 125،  
 قالب، 126،  
 قالبی ضیاع، 62،  
 جزو، 64،  
 قانون  
 اوہم، 26،  
 کولمب، 10،  
 لورینز، 136،  
 قدامت پسند میدان، 108،  
 قریب جڑی مرکب، 253،  
 جزیر  
 بدلتی رو، 159،  
 جوڑ  
 ٹکونی، 92،  
 ستارہ نما، 92،  
 چکر فی منٹ، 126،  
 چوٹی، 211،  
 خطی  
 برقی دور، 226،  
 خودارتباط بہاء، 42،  
 خودامالہ، 42،  
 داخلی پیمان  
 سلسلہ وار، 253،  
 متوازی، 253،  
 مرکب، 253،  
 دور جڑی مرکب، 253،  
 دور شکن، 178،  
 دوری عرصہ، 100، 142،  
 دھرا، 161،  
 رستا  
 امالہ، 79،  
 متعاملہ، 79،  
 رستائیت، 217،  
 رفتار  
 اضافی زاویائی، 212،  
 روغن، 62،  
 ریاضی نمونہ، 81، 207،  
 ریلے، 101،  
 زاویہ جزو طاقت، 23،  
 زمین، 94،  
 زمینی برقی رو، 94،  
 زمینی تار، 94،  
 ساکن حصہ، 36،  
 ساکن چھٹا، 104، 127،  
 ستارہ نما جوڑ، 92،  
 سرک، 209،

مرحلی فرق، 23  
 مرکب جزیر، 253  
 مزاجت، 25  
 مساوات لوریز، 102  
 مسئلہ  
 تھون، 226  
 زیادہ سے زیادہ طاقت کی منتقلی، 228  
 مشترکہ ارتباط امالہ، 43  
 مشترکہ امالہ، 42  
 معاصر، 130  
 معاصر امالہ، 184  
 معاصر رفتار، 155، 176  
 معائنہ  
 کھلے دور، 86  
 مقناطیس  
 برقی، 131  
 چال کا دائرہ، 46  
 خاتم شدت، 46  
 مقناطیسی برقی رو، 64  
 مقناطیسی بہاؤ، 30  
 رشتہ، 78  
 کشاف، 33  
 مقناطیسی چال، 52  
 مقناطیسی دباؤ، 30  
 سمت، 141  
 مقناطیسی قالب، 31، 55  
 مقناطیسی مستقل، 26، 166  
 جزو، 26، 31  
 مقناطیسی میدان  
 شدت، 11، 33  
 موثر، 19، 49  
 موثر قیمت، 164  
 موسیقائی جزو، 64، 142  
 موصلیت، 25  
 میدانی لچھے، 251  
 واٹ، 43  
 وولٹ، 137  
 وولٹ-ایمپیئر، 75  
 ویر، 32

قطب  
 ابھرے، 140، 177  
 ہموار، 140، 177  
 قوت مروڑ، 165، 209  
 انتہائی، 178  
 قوی الیکٹرانکس، 207، 241  
 قوی لچھے، 251  
 کاربن بش، 177  
 کارگزاری، 200  
 کپیسٹر، 194  
 کشاف  
 برقی رو، 27  
 کشاف مقناطیسی بہاؤ  
 بقایا، 45  
 کسر دور، 38  
 گرم تار، 94  
 گھومتا حصہ، 36  
 گھومتا لچھا، 104  
 لچھا  
 ابتدائی، 55  
 پھیلے، 140  
 پیچیدار، 40  
 ثانوی، 55  
 زیادہ برقی دباؤ، 56  
 ساکن، 104  
 سمت، 133  
 قوی، 131  
 کم برقی دباؤ، 56  
 گھومتا، 104  
 میدانی، 131  
 محدود  
 کارتیسی، 4  
 نکلی، 5  
 محرک برقی دباؤ، 61  
 محور، 161  
 مخلوط عدد، 192  
 مرحلی سمتیہ، 21، 186

یک سمتی رو  
مشین، 241  
یک مرحلہ، 23  
یک مرحلہ برقی دباؤ، 94  
یک مرحلہ برقی رو، 94  
یولر مساوات، 21

ویبر-چکر، 39  
ہچکچاہٹ، 25، 30  
ہم قدم، 69  
ہیجان، 61  
بیرونی، 251  
خود، 251  
لچھا، 61  
ہیجان انگیز  
برقی دباؤ، 61  
برقی رو، 61  
ہیجان انگیز برقی رو، 60  
ہیجانی برقی دباؤ، 185