

# برقی آلات

خالد خان یوسفزئی

جامعہ کامیٹ، اسلام آباد

khalidyoufazai@comsats.edu.pk

تاریخ درستی: 12 مئی 2020

# عنوان

ix

دیباچہ

1	بنیادی حقائق	1
1	1.1 بنیادی اکائیاں	1
1	1.2 غیر سمتی	1
2	1.3 سمتیہ	2
3	1.4 محدود	3
3	1.4.1 کارتیسی محدودی نظام	3
5	1.4.2 تکلی محدودی نظام	5
7	1.5 سمتیہ رقبہ	7
9	1.6 رقبہ عمودی تراش	9
10	1.7 برقی اور مقناطیسی میدان	10
10	1.7.1 برقی میدان اور برقی میدان کی شدت	10
11	1.7.2 مقناطیسی میدان اور مقناطیسی میدان کی شدت	11

11	سطحی اور حجمی کشافت	1.8
11	سطحی کشافت	1.8.1
12	حجمی کشافت	1.9
13	صلیبی ضرب اور ضرب نقطہ	1.10
13	صلیبی ضرب	1.10.1
15	نقطی ضرب	1.10.2
18	تفرق اور جزوی تفرق	1.11
18	خطی مکمل	1.12
19	سطحی مکمل	1.13
20	دوری سمتیہ	1.14
25	مقناطیسی ادوار	2
25	مزاہمت اور ہچکچاہٹ	2.1
26	کشافتِ برقی رد اور برقی میدان کی شدت	2.2
28	برقی ادوار	2.3
30	مقناطیسی دور حصہ اول	2.4
32	کشافتِ مقناطیسی بہا اور مقناطیسی میدان کی شدت	2.5
34	مقناطیسی دور حصہ دوم	2.6
38	خود امالہ، مشترکہ امالہ اور توانائی	2.7
45	مقناطیسی مادہ کے خواص	2.8
49	بیجان شدہ لچھا	2.9

55	3	ٹرانسفارمر
56	3.1	ٹرانسفارمر کی اہمیت
59	3.2	ٹرانسفارمر کے اقسام
59	3.3	امالی برقی دباؤ
61	3.4	ہیجان انگیز برقی رد اور قابلی ضیاع
64	3.5	تبادلہ برقی دباؤ اور تبادلہ برقی رو کے خواص
68	3.6	ثانوی جانب بوجھ کا ابتدائی جانب اثر
69	3.7	ٹرانسفارمر کی علامت پر نقطوں کا مطلب
70	3.8	رکاوٹ کا تبادلہ
75	3.9	ٹرانسفارمر کے وولٹ-امپیئر
77	3.10	ٹرانسفارمر کے امالہ اور مساوی ادوار
77	3.10.1	لچھے کی مزاحمت اور اس کی متعاملہ علیحدہ کرنا
79	3.10.2	رستا امالہ
80	3.10.3	ثانوی برقی رد اور قالب کے اثرات
81	3.10.4	ثانوی لچھے کا امالی برقی دباؤ
81	3.10.5	ثانوی لچھے کی مزاحمت اور متعاملہ کے اثرات
83	3.10.6	رکاوٹ کا ابتدائی یا ثانوی جانب تبادلہ
85	3.10.7	ٹرانسفارمر کے سادہ ترین مساوی ادوار
86	3.11	کھلے دور معائنہ اور قصر دور معائنہ
87	3.11.1	کھلا دور معائنہ
89	3.11.2	قصر دور معائنہ
93	3.12	تین دوری ٹرانسفارمر
101	3.13	ٹرانسفارمر چالو کرتے لمحہ زیادہ محرکی برقی رو کا گزر

103	4	برقی اور میکانی توانائی کا باہمی تبادلہ
103	4.1	مقناطیسی نظام میں قوت اور قوت مروڑ . . . . .
109	4.2	تبادلہ توانائی والا ایک لچھے کا نظام . . . . .
115	4.3	توانائی اور ہم-توانائی . . . . .
119	4.4	متعدد لچھوں کا مقناطیسی نظام . . . . .
129	5	گھومتے مشین کے بنیادی اصول
129	5.1	قانون فیئرڈے . . . . .
130	5.2	معاصر مشین . . . . .
141	5.3	محرک برقی دباؤ . . . . .
144	5.4	پھیلے لچھے اور سائن نما مقناطیسی دباؤ . . . . .
146	5.4.1	بدلتارو مشین . . . . .
155	5.5	مقناطیسی دباؤ کی گھومتی امواج . . . . .
155	5.5.1	ایک دور کی لپٹی مشین . . . . .
156	5.5.2	تین دور کی لپٹی مشین کا تحلیلی تجزیہ . . . . .
161	5.5.3	تین دور کی لپٹی مشین کا ترسیبی تجزیہ . . . . .
164	5.6	محرک برقی دباؤ . . . . .
165	5.6.1	بدلتارو برقی جزیئر . . . . .
170	5.6.2	یک سمت رو برقی جزیئر . . . . .
170	5.7	ہموار قطب مشینوں میں قوت مروڑ . . . . .
171	5.7.1	میکانی قوت مروڑ بذریعہ ترکیب توانائی . . . . .
173	5.7.2	میکانی قوت مروڑ بذریعہ مقناطیسی بہاؤ . . . . .

179	6 یکساں حال، برقرار چالو معاصر مشین
180 . . . . .	6.1 متعدد دوری 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 خواص
196 . . . . .	6.5.1 معاصر جزیرہ: برقی بوجھ بالقابل $I_m$ کے خط
197 . . . . .	6.5.2 معاصر موٹر: $I_a$ بالقابل $I_m$ کے خط
199 . . . . .	6.6 کھلا دور اور قصر دور معائنہ
199 . . . . .	6.6.1 کھلا دور معائنہ
200 . . . . .	6.6.2 قصر دور معائنہ

- 7.1 ساکن لچھوں کی گھومتی مقناطیسی موج . . . . . 212
- 7.2 مشین کا سر کا داور گھومتی امواج 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 پنجرہ نما 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 سمت جزیرہ کار برقی دباؤ . . . . . 252
- 8.3 قوت مروڑ . . . . . 255
- 8.4 بیرونی پیمان اور خود پیمان یک سمت جزیرہ . . . . . 256
- 8.5 یک سمت مشین کی کارکردگی کے خط . . . . . 260
- 8.5.1 حاصل برقی دباؤ بالمتقابل برقی بوجھ . . . . . 260
- 8.5.2 رفتار بالمتقابل قوت مروڑ . . . . . 263



## 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 ہیں۔ 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

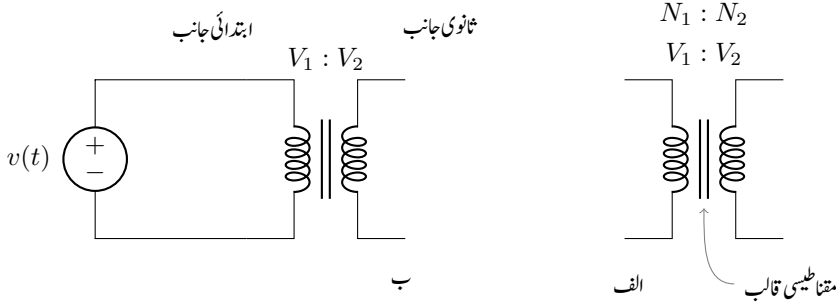
<sup>2</sup>بدلتا برقی دباؤ کی علامت میں مثبت اور منفی نشان وقت صفر پر برقی دباؤ کی مثبت اور منفی سرے ظاہر کرتے ہیں۔

<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<sup>8</sup> 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<sup>8</sup> 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 روکی برقی طاقت ایک مقام سے دوسرے مقام یا آسانی اور نہایت کم برقی طاقت کی ضیاع سے منتقل کی جاسکتی ہے۔ یہی اس کی مقبولیت کا راز ہے۔ ٹرانسفارمر کے متبادلہ برقی دباؤ<sup>9</sup> کی خاصیت ایسا کرنے میں کلیدی کردار 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 کا حاصل ضرب برقی طاقت ہو گا:

$$p = v_1 i_1 = v_2 i_2$$

low voltage coil<sup>7</sup>

high voltage coil<sup>8</sup>

voltage transformation property<sup>9</sup>



شکل 3.2: برقی طاقت کی منتقلی۔

تصور کریں کہ تریلا ڈیم سے 500 MW برقی طاقت لاہور<sup>10</sup> شہر کے گھریلو صارفین کو 220 وولٹ پر مہیا کرنی 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 12 پر مساوات 1.23 سے برقی تار کا رقبہ عمودی تراش

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

ہوگا۔ گول تار تصور کریں تو اس کا رداس درج ذیل ہوگا۔

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

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 کیت

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

<sup>10</sup> ضلع صوابی میں بھی لاہور ایک تحصیل ہے لیکن اس شہر کو اتنی طاقت نہیں درکار  
<sup>11</sup> آپ مائیں یا نہ مائیں، آپ نے بھی اتنی موٹی برقی تار کبھی نہیں دیکھی ہوگی۔

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

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 ہو گا

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

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 ہو گی۔

اس مثال میں اگر تربیلا ڈیم میں نسب جزیر 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 بڑھاتا ٹرانسفارمر<sup>13</sup> اور لاہور میں نسب ٹرانسفارمر کو برقی دباؤ گھٹاتا 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۔

<sup>12</sup> آج کل لاہور میں بجلی کی معطلی اس وجہ سے نہیں ہے۔  
<sup>13</sup> step up transformer  
<sup>14</sup> step down transformer

## 3.2 ٹرانسفارمر کے اقسام

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

نہایت چھوٹے ٹرانسفارمر عموماً لوہے کے قالب پر بنائے جاتے ہیں اور یکے دوری<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>

لچھا ہتھکڑی<sup>27</sup> کرنے سے مراد اس پر بیرونی برقی دباؤ لاگو کرنا ہے جبکہ لچھے پر لاگو بیرونی برقی دباؤ کو ہتھکڑی برقی دباؤ<sup>28</sup> کہتے ہیں۔ لچھے کو ہتھکڑی شدہ لچھا<sup>29</sup> جبکہ اس میں رواں برقی رو کو ہتھکڑی 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 امالی 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 روادور قابلہ 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 نہیں 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 آقا لہ ضیاع<sup>35</sup> کہتے ہیں۔ قالبی ضیاع کو کم سے کم کرنے کے لئے مقناطیسی قالب کو باریک لوہے کی پتیاں<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 شکل و صورت کی بنا انہیں ایک اور تہہ<sup>38</sup> پتیاں پکارتے 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۔

لچھے کی مزاحمت کو شکل 3.4 میں نظر انداز کرتے ہیں۔ ہیجان انگیز برقی رو  $i_\phi$  کی بنامالی برقی دباؤ  $e_1$  پیدا ہوتا ہے جو ہر صورت لاگو برقی دباؤ  $v_1$  کے برابر ہو گا۔ چونکہ بوجھ کی بنا  $v_1$  تبدیل نہیں ہوتا ہے لہذا بوجھ کی بنا  $e_1$  اور ہیجان انگیز برقی رو بھی تبدیل نہیں ہوں گے۔ یوں بے بوجھ اور بوجھ بردار ٹرانسفارمر میں ہیجان انگیز برقی رو یکساں ہوتا ہے۔ جیسا شکل 2.18 میں دکھایا گیا ہے، قوی ٹرانسفارمر اور موٹروں میں برقی دباؤ اور مقناطیسی

eddy current loss<sup>34</sup>

core loss<sup>35</sup>

lamination<sup>36</sup>

enamel<sup>37</sup>

$E, I$ <sup>38</sup>



بہاؤ سائن نما ہوتے ہیں جبکہ ان میں ہیجان انگیز برقی رو غیر سائن نما ہوتا ہے۔ یوں اگر

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

ہو تب

$$(3.5) \quad \begin{aligned} e_1 &= N_1 \frac{d\varphi}{dt} = \omega N_1 \phi_0 \cos \omega t \\ \hat{E}_1 &= \omega N_1 \phi_0 / 0 \end{aligned}$$

ہو<sup>39</sup> گا۔ یہاں  $\phi_0$  مقناطیسی بہاؤ 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  $\hat{\varphi}$  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۔

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

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  $i_\varphi$  گزرنے دیتا ہے جس سے نمودار ہونے والا مقناطیسی بہاؤ مساوات 3.7 میں دیے گئے مقناطیسی بہاؤ  $\phi_0$  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  $i_\varphi$  کو فوریر تسلسل<sup>40</sup> سے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

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

اس تسلسل میں  $(a_1 \cos \omega t + b_1 \sin \omega t)$  کو بنیادی جزو<sup>41</sup> جبکہ باقی حصہ کو موسیقائی اجزاء<sup>42</sup> کہتے ہیں۔ بنیادی جزو میں  $a_1 \cos \omega t$ ، مقناطیسی بہاؤ 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  $e_1$  کے لحاظ سے  $b_1 \sin \omega t$  نوے درجہ تاخیری زاویہ پر رہتا ہے۔ قالب میں مختلف وجوہات کی بنا پیدا برقی طاقت کی ضائع کو  $a_1 \cos \omega t$  ظاہر کرتا ہے۔ اسی لئے اس جزو کو جزو قالبیہ ضیاع<sup>43</sup>

<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

<sup>41</sup> fundamental component

<sup>42</sup> harmonic components

<sup>43</sup> core loss component



شکل 3.6: مختلف دوری سمتیوں کے زاویے۔

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 تیسرا موسیقائی جزو سب سے زیادہ اہم ہے۔ قوی ٹرانسفارمروں 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۔ قابلی 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  $E_1$  سے  $\theta_c$  تاخیری ہو گا۔

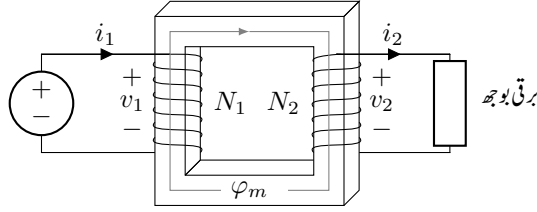
### 3.5 تبادلہ برقی دباؤ اور تبادلہ برقی رو کے خواص

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 بہاؤ قالب میں رہتا

<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 بدلتا برقی رو  $i_\phi$  کو اب دوری سمتیہ کی مدد سے  $\hat{I}_\phi$  لکھتے ہیں



شکل 3.7: بوجھ بردار کامل ٹرانسفارمر۔

اور دونوں لچھوں سے گزرتا ہے، قالب میں برقی توانائی ضائع نہیں ہوتی ہے اور قالب کا مقناطیسی مستقل اتنا بڑا ہے کہ ہجیان 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  $\varphi_m$  پیدا ہو گا جو ابتدائی لچھے میں، لاگو برقی دباؤ  $v_1$  کے برابر، امالی برقی دباؤ  $e_1$  پیدا کرتا ہے۔

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

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۔

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

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

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

جس کے تحت کامل ٹرانسفارمر دونوں لچھوں کے چکروں کی نسبت سے متبادلہ 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:

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

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 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 کے 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۔

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

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۔

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

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:

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

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

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

□

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

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

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 72 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۔

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

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

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

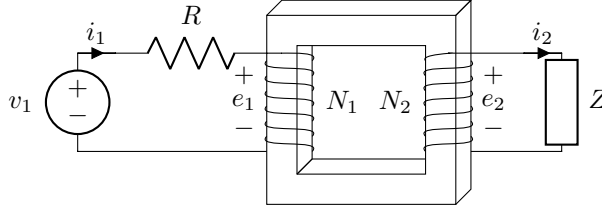
یوں ثانوی رو

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

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: متبادلہ 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  $Z$  اتار کر 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 پیمانہ 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۔

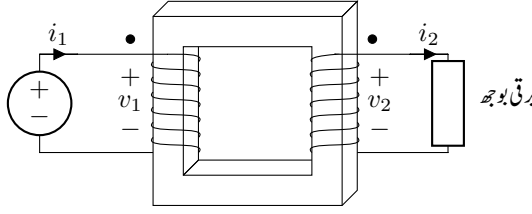
$$(3.20) \quad N_1 i_1 - N_2 i_2 = 0$$

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 نقطہ سر سے مثبت برقی رو لچھے میں داخل جبکہ ثانوی لچھے کے نقطہ سر سے مثبت برقی رو لچھے سے خارج ہوگی۔

### 3.8 رکاوٹ کا متبادلہ

اس حصہ میں کامل ٹرانسفارمر میں رکاوٹ کے متبادلہ 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 دوری 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 دوری 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۔

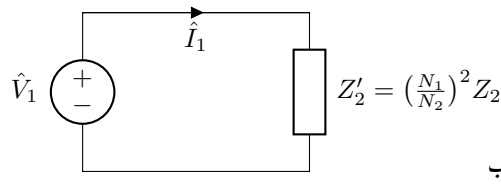
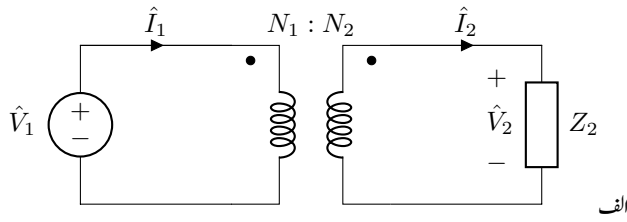
$$(3.28) \quad p = \hat{V}_1 \cdot \hat{I}_1 = \frac{V_1^2 \cos \theta_z}{\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 |Z_2|}$$

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۔

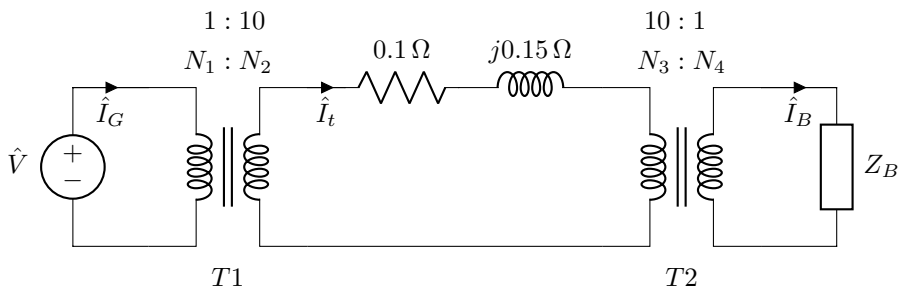
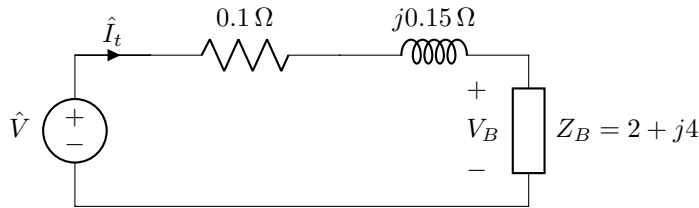
منبع  $\hat{V}_1$  کو شکل 3.10-الف اور ب میں کوئی فرق نظر نہیں آتا ہے۔ اس کے ساتھ ٹرانسفارمر کے ذریعہ  $Z_2$  جوڑنا یا بغیر ٹرانسفارمر  $Z'_2$  جوڑنا ایک برابر ہے۔ ٹرانسفارمر  $Z_2$  کو یوں تبدیل کرتا ہے کہ  $\hat{V}_1$  کو رکاوٹ  $Z'_2$  نظر آتا ہے۔ ٹرانسفارمر کی اس خاصیت کو تبادلہ رکاوٹ<sup>52</sup>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

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

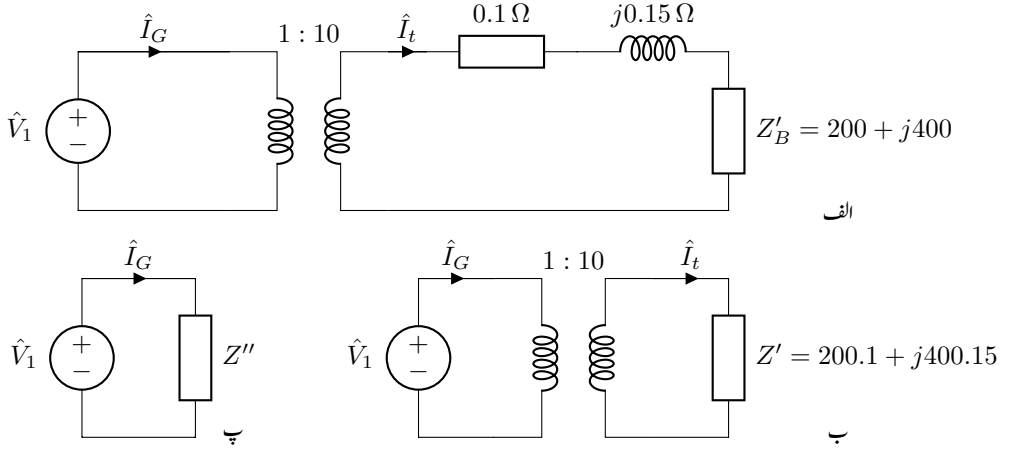
ہم حساب کرنے کی خاطر رکاوٹ کو ٹرانسفارمر کی ایک جانب سے دوسری جانب منتقل کر سکتے ہیں۔



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 کے وولٹ-ایمپیر

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 کے وولٹ ضرب ایمپیئر یا مختصراً وولٹے۔ 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 کے وولٹ-ایمپیئر درج ذیل ہوں گے۔

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

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 ہوتی

<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 قصر 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> والیڈاکے 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۔

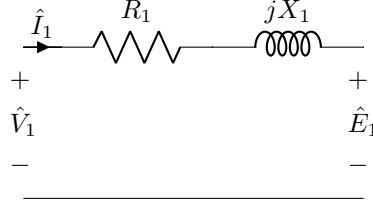
ابتدائی لچھے کے مقناطیسی بہاو کو دو حصوں میں تقسیم کیا جاسکتا ہے۔ پہلا حصہ وہ جو قالب سے گزر کر ابتدائی اور ثانوی لچھے دونوں کے اندر سے گزرتا ہے۔ یہ مشترکہ مقناطیسی بہاو ہے۔ دوسرا حصہ وہ جو صرف ابتدائی لچھے سے گزرتا ہے اور زیادہ تر قالب کے باہر خلاء میں رہتا ہے۔ اس کو رستا مقناطیسی بہاو<sup>58</sup> 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۔

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



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 دوری سمتیات 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 تاخیر<sup>61</sup> زاویہ پر 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۔

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

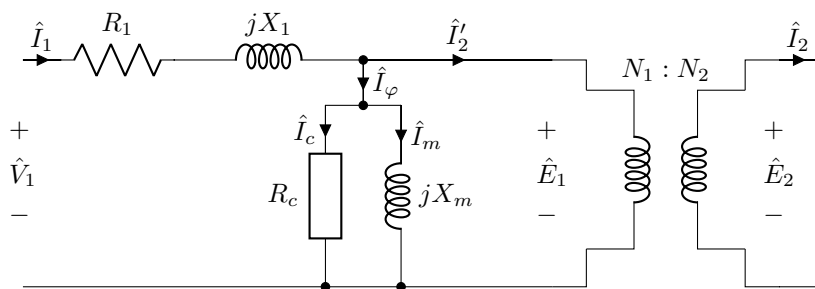
مساوات 3.34 اور مساوات 3.35 کو ایک کامل ٹرانسفارمر سے ظاہر کیا جاسکتا ہے جسے شکل 3.17 میں دکھایا گیا ہے۔

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

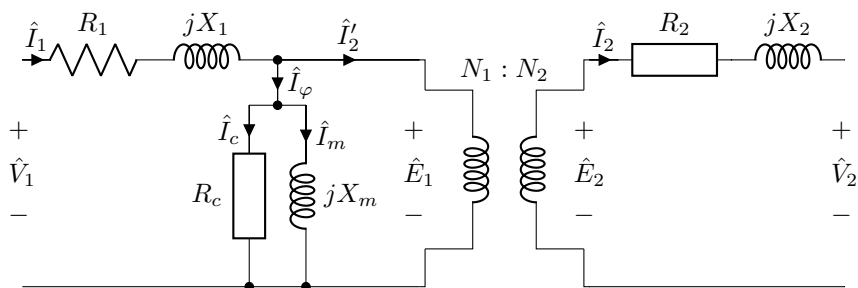
ثنائى لچھے میں امالی دباؤ  $\hat{E}_2$  پیدا ہو گا۔ ابتدائی لچھے کی طرح، ثنائى لچھے کی مزاحمت  $R_2$  اور متعاملہ  $jX_2$  ہوں گے جن میں ثنائى برقی رو  $\hat{I}_2$  کی بنا برقی دباؤ گھٹے گا۔ یوں ثنائى لچھے کے سروں پر برقی دباؤ  $\hat{V}_2$  قدر کم ہو گا:

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

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 تمام اجزاء کا متبادلہ ابتدائی یا ثنائی جانب کیا جاسکتا ہے۔ ایسا کرتے ہوئے کامل ٹرانسفارمر کو مساوی دور کی بائیں یا دائیں جانب رکھا جاسکتا ہے۔ شکل 3.19 میں ثنائی جانب رکاوٹ کو ابتدائی جانب منتقل کیا گیا ہے جبکہ شکل 3.20 میں ابتدائی رکاوٹوں کا متبادلہ ثنائی جانب کیا گیا ہے۔ جیسا شکل 3.20 میں دکھایا گیا ہے، ایسے مساوی ادوار میں کامل ٹرانسفارمر عموماً دکھایا نہیں جاتا ہے۔

متبادلہ شدہ رکاوٹ  $Z$  کو  $Z'$  سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ یوں متبادلہ شدہ  $R_2$  کو  $R'_2$  سے ظاہر کیا گیا ہے۔

ایسا دور استعمال کرتے وقت یاد رکھنا ہو گا کہ مساوی دور میں اجزاء کس جانب منتقل کیے گئے ہیں۔

مثال 3.6: ایک 50 کلو وولٹ-ایمپیر اور 220 : 2200 وولٹ برقی سکت کے ٹرانسفارمر کی زیادہ برقی دباؤ جانب رستار رکاوٹ  $Z_1 = 0.9 + j1.2$  اوہم، کم برقی دباؤ جانب رستار رکاوٹ  $Z_2 = 0.0089 + j0.011$  اوہم

،  $R_c = 6.4 \text{ k}\Omega$  اور  $X_m = 47 \text{ k}\Omega$  ہیں۔ اس کے لئے شکل 3.19 اور شکل 3.20 میں استعمال ہونے والے اجزاء معلوم کریں۔

حل الف: معلومات:

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

ٹرانسفارمر کے برقی دباؤ سے لچھوں کے چکر کا تناسب حاصل کرتے ہیں۔

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

زیادہ برقی دباؤ جانب تبادلہ شدہ اجزاء درج ذیل ہوں گے۔

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

مساوی دور میں باقی رکاوٹ پہلے سے زیادہ برقی دباؤ جانب ہیں لہذا یہ تبدیل نہیں ہوں گے۔ یوں شکل 3.19 کے جزو حاصل ہوئے۔

حل ب: مساوی دور کے اجزاء کا تبادلہ کم دباؤ جانب کرتے ہیں۔

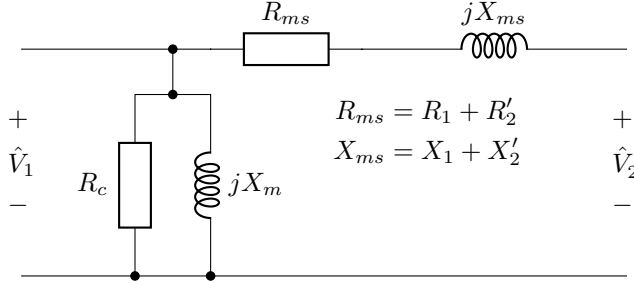
$$\begin{aligned} R'_1 + jX'_1 &= \left( \frac{N_2}{N_1} \right)^2 (R_1 + jX_1) \\ &= \left( \frac{1}{10} \right)^2 (0.9 + j1.2) \\ &= 0.009 + j0.012 \end{aligned}$$

اسی طرح درج ذیل حاصل ہوں گے

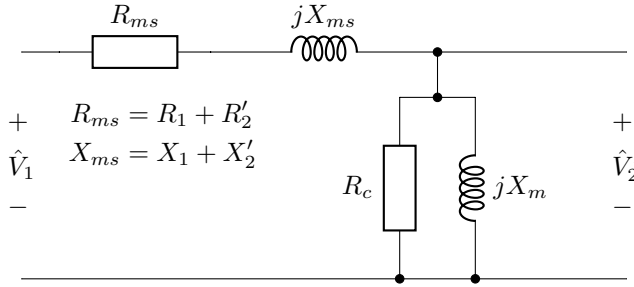
$$\begin{aligned} R'_c &= \left( \frac{N_2}{N_1} \right)^2 R_c = 64 \\ X'_m &= \left( \frac{N_2}{N_1} \right)^2 X_m = 470 \end{aligned}$$

□

جبکہ  $Z_2$  پہلے سے کم برقی دباؤ جانب ہے لہذا اس کی قیمت تبدیل نہیں ہوگی۔



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 ادوار

ایک انجینئر ٹرانسفارمر استعمال وقت حساب کی خاطر شکل 3.19 یا شکل 3.20 کے ادوار استعمال کر سکتا ہے۔ یہ ادوار حقیقی ٹرانسفارمر کی بہت اچھی عکاسی کرتے ہیں۔ البتہ جہاں بہت صحیح جوابات مطلوب نہ ہوں وہاں ان ادوار کی سادہ اشکال بھی استعمال کی جاسکتی ہیں۔ اس حصہ میں ہم ایسے سادہ مساوی ادوار حاصل کرتے ہیں۔

شکل 3.19 میں  $R_c$  اور  $X_m$  کو  $R_1 + jX_1$  کے بائیں منتقل کرنے سے شکل 3.21 اور  $R_2' + jX_2'$  کے دائیں منتقل کرنے سے شکل 3.22 حاصل ہوتے ہیں۔ چونکہ  $\hat{I}_\phi$  کی مقدار نہایت کم<sup>63</sup> ہوتی ہے لہذا ایسا کرنے سے نتائج پر خاص فرق نہیں پڑتا ہے۔

شکل 3.21 اور شکل 3.22 میں سلسلہ وار جڑے  $R_1$  اور  $R_2'$  کو  $R_{ms}$  جبکہ سلسلہ وار جڑے  $X_1$  اور  $X_2'$  کو  $X_{ms}$  لکھا 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 کا صرف دو سے چھ فی صد ہوتا ہے۔



شکل 3.23: ٹرانسفارمر کے سادہ مساوی ادوار۔

شکل 3.19 میں  $R_c$  اور  $X_m$  رکاوٹ  $R_1 + jX_1$  اور  $R_2' + jX_2'$  کے بیچ ہیں۔ ایسا دور حل کرنا مشکل ہوتا ہے۔ اس کے برعکس شکل 3.21 اور شکل 3.22 میں یہ اجزاء باقی دور کے بائیں یا دائیں ہاتھ ہیں اور ایسے ادوار کا حل نسبتاً زیادہ آسان ہوتا ہے۔

مزید سادہ دور حاصل کرنے کی خاطر  $I_\phi$  کو صفر تصور کر کے نظر انداز کیا جاسکتا ہے۔ یوں مساوی دور میں  $R_c$  اور  $jX_m$  کو کھلے دور تصور کرتے ہوئے دور سے ہٹایا جاسکتا 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 اس سے بھی کم درستی کے نتائج مطلوب ہوتے ہیں۔ یوں  $X_{ms} \gg R_{ms}$  کی بنا  $R_{ms}$  کو نظر انداز کرتے ہوئے شکل 3.23-ب حاصل کیا گیا ہے۔ اس شکل میں  $X_{ms}$  کو بھی نظر انداز کرنے سے کامل ٹرانسفارمر حاصل ہو گا جو  $\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$  پر پورا اترتا ہے۔

### 3.11 کھلے دور معائنہ اور قصر دور معائنہ

گزشتہ حصہ میں ٹرانسفارمر کے مساوی ادوار پر بات کی گئی۔ ان مساوی ادوار کے اجزاء ٹرانسفارمر کے دو معائنوں سے حاصل کئے جاسکتے ہیں جنہیں کھلا دور معائنہ اور قصر دور معائنہ کہتے ہیں۔ اس حصہ میں ان معائنوں پر غور کیا گیا ہے۔



## 3.11.1 کھلا دور معائنہ

کھلا 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 ٹرانسفارمر کی بناوٹی<sup>65</sup> برقی دباؤ اور تعدد یا ان کے قریب قیمتوں پر کیا جاتا ہے۔ اگرچہ ٹرانسفارمر کے کسی بھی جانب لچھے پر کھلے دور معائنہ سرانجام دیا جاسکتا ہے، حقیقت میں ایسا کم برقی دباؤ لچھے پر کرنا زیادہ آسان اور کم خطرناک ہوتا ہے۔ یہ بات ایک مثال سے بہتر سمجھ آئے گی۔

مثال کے طور پر ہم 25 kV A، 220 V : 11000، 50 Hz ایک دوری ٹرانسفارمر کا معائنہ کرنا چاہتے ہیں۔ یہ معائنہ گیارہ ہزار لچھے پر کرتے ہوئے گیارہ ہزار وولٹ کے لگ بھگ برقی دباؤ استعمال ہو گا جبکہ دو سو بیس برقی دباؤ لچھے پر معائنہ کرنے سے دو سو بیس وولٹ کے لگ بھگ برقی دباؤ استعمال کرنا ہو گا۔ دونوں صورتوں میں تعدد 50 Hz کے لگ بھگ رکھا جائے گی۔ 11 kV برقی دباؤ پر کام کرنا نہایت خطرناک ثابت ہو سکتا ہے۔ یہی وجہ ہے کہ کھلا دور معائنہ کم برقی دباؤ لچھے پر کیا جاتا ہے۔

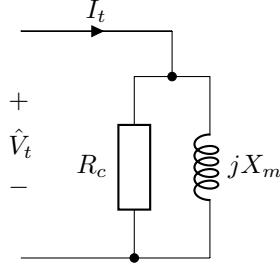
کھلے دور معائنہ میں کم برقی دباؤ لچھے پر بناوٹی برقی دباؤ یا اس کا قریب دباؤ  $V_t$  لاگو کر کے کھلا دور برقی طاقت  $p_t$  اور کھلا دور برقی رو  $I_t$  ناپا جاتا ہے۔ بناوٹی برقی دباؤ کے قریب دباؤ پر معائنہ کرنے سے بہتر نتائج حاصل ہوں گے۔ ٹرانسفارمر کی دوسری جانب لچھے کے سرے چونکہ آزاد رکھے جاتے ہیں لہذا اس میں برقی رو صفر ہو گا۔ اس طرح ناپا گیا برقی رو صرف ہیجان انگیز برقی رو  $I_\phi$  ہو گا۔ ہیجان انگیز برقی رو ٹرانسفارمر کے بناوٹی رو کا دو سے چھ فی صد ہوتا ہے۔

یاد رہے  $\hat{V}_t = V_t / \phi_v$  اور  $\hat{I}_t = I_t / \phi_i$  ہوں گے۔ برقی دباؤ اور رو کی بات کرتے ہوئے ہم ان کی مطلق قیمتوں،  $V_t$  اور  $I_t$ ، کی بات کرتے ہیں۔

شکل 3.19 میں بائیں ہاتھ کو کم برقی دباؤ والا جانب تصور کریں۔ یوں  $V_t$  مقام  $V_1$  پر فراہم کیا جائے گا جبکہ پیمائشی رو غیر سمتی<sup>66</sup>  $I_1$  ہو گا۔ خارجی لچھا کھلا دور ہونے کی بنا  $I_2$  صفر ہو گا لہذا  $I_1$  درحقیقت  $\hat{I}_\phi$  کی مطلق قیمت کے برابر ہو گا۔

$$I_t = I_1 = I_\phi$$

open circuit test<sup>64</sup>  
design<sup>65</sup>  
scalar<sup>66</sup>



شکل 3.24: کھلے سرے معائنہ۔

اتنی کم برقی رو سے لچھے کے رکاوٹ میں بہت کم برقی دباؤ گھٹتا ہے لہذا اسے نظر انداز کیا جاتا ہے:

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

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

یوں جیسا شکل 3.19 سے ظاہر ہے  $R_c$  اور  $X_m$  پر تقریباً  $V_t$  برقی دباؤ پایا جائے گا۔ ان حقائق کو مد نظر رکھتے ہوئے شکل 3.24 حاصل ہوتا ہے۔ شکل 3.21 سے شکل 3.24 کا حصول زیادہ آسان ہے۔

برقی طاقت کا ضیاع صرف مزاحمت میں ممکن ہے لہذا  $p_t$  صرف  $R_c$  میں ضائع ہو گا۔ یوں درج ذیل ہو گا۔

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

اس سے ٹرانسفارمر کے مساوی دور کا جزو  $R_c$  حاصل ہوتا ہے۔

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

درج ذیل کی بنا

$$Z_t = \frac{\hat{V}_t}{\hat{I}_t} = \frac{V_t / \phi_v}{I_t / \phi_i} = \frac{V_t}{I_t} \angle \phi_v - \phi_i$$

فراہم کردہ دباؤ اور پیمائشی رو کا تناسب درج ذیل ہو گا۔

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

اب شکل 3.24 سے درج ذیل واضح ہے

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

لہذا

$$Z_t = \frac{jR_c X_m}{R_c + jX_m}$$

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

ہو گا۔ یوں ٹرانسفارمر کے مساوی دور کا جزو  $X_m$  حاصل ہوتا ہے۔

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

مساوات 3.37 سے  $R_c$  اور مساوات 3.38 سے  $X_m$  کی قیمتیں حاصل ہوتی ہیں۔

یاد رہے حاصل کردہ  $R_c$  اور  $X_m$  ٹرانسفارمر کے پیمائشی جانب کے لئے درست ہوں گے۔ متبادلہ رکاوٹ سے دوسری جانب کی قیمتیں حاصل کی جاسکتی ہیں۔

### 3.11.2 قصر دور معائنہ

قصر دور معائنہ بھی کھلے دور معائنہ کی طرح ٹرانسفارمر کے کسی بھی طرف ممکن ہے لیکن حقیقت میں اسے زیادہ برقی دباؤ لچھے پر کرنا آسان ہوتا ہے۔ یہ معائنہ ٹرانسفارمر کے بناوٹی برقی رو یا اس کے قریب رو پر کیا جاتا ہے۔

کھلے دور معائنہ میں مستعمل ٹرانسفارمر کی بات آگے بڑھاتے ہوئے زیادہ برقی دباؤ لچھے کا بناوٹی رو 2.2727 A اور کم دباؤ لچھے کا بناوٹی رو 113.63 A ہے۔ قصر دور معائنہ کم برقی دباؤ لچھے پر کرتے ہوئے 113.63 A جبکہ زیادہ برقی دباؤ لچھے پر کرتے ہوئے 2.2727 A درکار ہوں گے۔ حقیقت میں 2.2727 A پر معائنہ زیادہ آسان ہو گا۔

اس معائنہ میں کم برقی دباؤ لچھے کے سروں کو آپس میں جوڑ کر قصر دور کیا جاتا ہے جبکہ زیادہ برقی دباؤ لچھے پر لچھے کے بناوٹی دباؤ کا دو سے بارہ فی صد دباؤ  $V_t$  لاگو کر کے اس لچھے کا برقی رو  $I_t$  اور فراہم کردہ طاقت  $p_t$  ناپا جاتا



شکل 3.25: قصر دور معائنہ۔

ہے جنہیں بالترتیب قصر دور رو اور قصر دور طاقت کہتے ہیں۔ قصر دور لچھے میں گزرتے برقی رو کا عکس دوسری جانب موجود ہو گا۔ یہ برقی رو ٹرانسفارمر کے بناوٹی برقی رو کے لگ بھگ ہوتا ہے۔

چونکہ یہ معائنہ بہت کم برقی دباؤ پر سرانجام دیا جاتا ہے لہذا ہیجان انگیز برقی رو کو مکمل طور پر نظر انداز کیا جاسکتا ہے۔ اس معائنہ کا دور شکل 3.25 میں دکھایا گیا ہے جہاں ہیجان انگیز رو کو نظر انداز کرتے ہوئے  $R_c$  اور  $H_m$  کو کھلے دور کیا گیا ہے۔ قصر دور معائنہ میں شکل 3.20 کے بائیں ہاتھ کو کم برقی دباؤ جانب تصور کرتے ہوئے  $V_t$  کو  $V_2$  کی جگہ لاگو کرنا ہو گا۔

برقی طاقت صرف مزاحمت میں ضائع ہو سکتا ہے لہذا شکل 3.25 سے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے

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

یوں ٹرانسفارمر کے مساوی دور کا جزو  $R_{ms}$  حاصل ہوتا ہے۔

(3.39)

$$R_{ms} = \frac{p_t}{I_t^2}$$

قصر دور برقی رو اور قصر برقی دباؤ سے

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

جبکہ شکل 3.25 سے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

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

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

یوں  $R_{ms}$  کی قیمت مساوات 3.39 سے جانتے ہوئے  $X_{ms}$  حاصل ہوتا ہے۔

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

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۔ قصر دور معائنہ سے اتنی ہی معلومات حاصل کرنا ممکن ہے جو حقیقت میں کافی ثابت ہوتا ہے۔ جہاں ان اجزاء کی علیحدہ علیحدہ قیمتیں درکار ہوں وہاں درج ذیل تصور کیا جاسکتا ہے

$$R'_1 = R_2 = \frac{R_{ms}}{2}$$

$$X'_1 = X_2 = \frac{X_{ms}}{2}$$

ٹرانسفارمر معائنے اسی مقام پر کیے جاتے ہیں جہاں ٹرانسفارمر نسب ہو۔ یوں وہی برقی دباؤ استعمال کرنا ہوگا جو وہاں موجود ہو۔ ہاں ضروری ہے کہ قصر دور معائنہ میں ٹرانسفارمر کو ڈیزائن برقی دباؤ کا دو سے بارہ فی صد دیا جائے۔ مثلاً  $220 \text{ V} : 11000 \text{ V}$  ٹرانسفارمر کا کھلا دور معائنہ  $220 \text{ V} \times \frac{2}{100} = 440 \text{ V}$  اور  $11000 \text{ V} \times \frac{12}{100} = 1320 \text{ V}$  کے بیچ دباؤ پر کیا جاسکتا ہے۔ چونکہ ہمارے ہاں  $220 \text{ V}$  اور  $440 \text{ V}$  عام پائے جاتے ہیں لہذا ہم  $220 \text{ V}$  یا  $440 \text{ V}$  ہی استعمال کریں گے۔ اسی طرح دستیاب  $220 \text{ V}$  استعمال کرتے ہوئے کھلا دور معائنہ سرانجام دیا جاسکتا ہے۔

یاد رہے کہ ٹرانسفارمر کی ایک جانب لچھے کے سرے آپس میں جوڑ کر، یعنی قصر دور کر کے، دوسری جانب لچھے پر کسی بھی صورت اس جانب کی پوری برقی دباؤ لاگو نہیں کیجیے گا۔ ایسا کرنا شدید خطرناک اور جان لیوا ثابت ہو سکتا ہے۔

یاد رہے کہ ان معائنوں سے حاصل مساوی دور کے اجزاء اسی جانب کے لئے درست ہوں گے جس جانب انہیں حاصل کیا گیا ہو۔ ان کی قیمتیں دوسری جانب تبادلہ رکاوٹ سے حاصل کی جاسکتی ہیں۔

مثال 3.7: ایک 25 کلو وولٹ، ایمپیئر،  $220 : 11000 \text{ V}$  وولٹ اور 50 ہرٹز پر چلنے والے ٹرانسفارمر کے کھلے دور اور قصر دور معائنے کیے جاتے ہیں جن کے نتائج درج ذیل ہیں۔ ٹرانسفارمر مساوی دور کے اجزاء تلاش کریں۔

- کھلا دور معائنہ میں کم برقی دباؤ جانب  $220 \text{ V}$  لاگو کیا جاتا ہے۔ اسی جانب برقی رو  $39.64 \text{ A}$  اور طاقت کا ضیاع  $600 \text{ W}$  ناپے جاتے ہیں۔

- قصر دور معائنہ میں زیادہ برقی دباؤ جانب 440 V لاگو کیا جاتا ہے۔ اسی جانب برقی رو 2.27 A اور طاقت کا ضیاع 560 W ناپے جاتے ہیں۔

حل کھلا دور:

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

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

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

حل قصر دور:

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

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

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

$R_{ms}$  اور  $X_{ms}$  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

$$R_1 = R_2' = \frac{43.47 \text{ m}\Omega}{2} = 21.7 \text{ m}\Omega$$

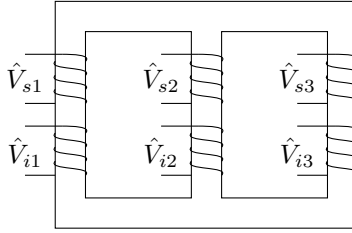
$$X_1 = X_2' = \frac{64 \text{ m}\Omega}{2} = 32 \text{ m}\Omega$$

□

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



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



شکل 3.27: ایک ہی قالب پر تین ٹرانسفارمر۔

### 3.12 تین دوری ٹرانسفارمر

اب تک ہم ایک دوری<sup>67</sup> ٹرانسفارمر پر غور کرتے رہے ہیں۔ حقیقت میں برقی طاقت کی منتقلی میں عموماً تین دوری<sup>68</sup> ٹرانسفارمر استعمال ہوتے ہیں۔ تین دوری ٹرانسفارمر یکساں تین عدد یک دوری ٹرانسفارمر اکٹھے رکھ کر بنایا جاسکتا ہے۔ یوں ایک ٹرانسفارمر خراب ہونے کی صورت میں اس کو ہٹا کر ٹھیک کرنے کے دوران باقی دو ٹرانسفارمر استعمال کئے جاسکتے ہیں۔ تین دوری ٹرانسفارمر بنانے کا اس سے بہتر طریقہ شکل 3.27 میں دکھایا گیا ہے جہاں ایک ہی مقناطیسی قالب پر تینوں ٹرانسفارمر کے لچھے لپیٹے گئے ہیں۔ اس شکل میں  $\hat{V}_{i1}$  پہلے ٹرانسفارمر کا ابتدائی لچھا اور  $\hat{V}_{s1}$  اس کا ثانوی لچھا ہے۔ اس طرح کے تین دوری 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 نسبتاً کم ہوتا ہے۔

شکل 3.28- الف میں تین ٹرانسفارمر دکھائے گئے ہیں۔ ان ٹرانسفارمروں کے ابتدائی لچھے آپس میں دو طریقوں

single phase<sup>67</sup>  
three phase<sup>68</sup>

سے جوڑے جاسکتے ہیں۔ ایک کو ستارہ نما جوڑ  $Y^{69}$  اور دوسرے کو ٹکونی جوڑ  $\Delta^{70}$  کہتے ہیں۔ اسی طرح ان ٹرانسفارمرز کے ثانوی لچھے بھی انہیں دو طریقوں سے جوڑے جاسکتے ہیں۔ یوں انہیں درج ذیل چار مختلف طریقوں سے جوڑا جاسکتا ہے۔

• ستارہ: ٹکونی  $Y : \Delta$

• ستارہ: ستارہ  $Y : Y$

• ٹکونی: ٹکونی  $\Delta : \Delta$

• ٹکونی: ستارہ  $\Delta : Y$

شکل 3.28 میں  $Y : \Delta$  ٹرانسفارمر دکھایا گیا ہے جس میں بائیں ہاتھ  $Y$  اور دایاں ہاتھ  $\Delta$  جڑا ہے۔ یوں  $Y : \Delta$  لکھتے ہوئے  $Y$  کو بائیں اور  $\Delta$  کو دائیں لکھا جاتا ہے۔ جیسا پہلے ذکر ہو چکا ہے ہم اشکال میں ٹرانسفارمر کا ابتدائی طرف بائیں جانب رکھتے ہیں لہذا  $Y$  ابتدائی اور  $\Delta$  ثانوی طرف ہے۔ رواجی سے پڑھتے ہوئے ابتدائی کو پہلے اور ثانوی کو بعد میں پڑھا جاتا ہے لہذا اس کو  $Y : \Delta$  لکھ کر ستارہ-ٹکونی پڑھیں گے۔

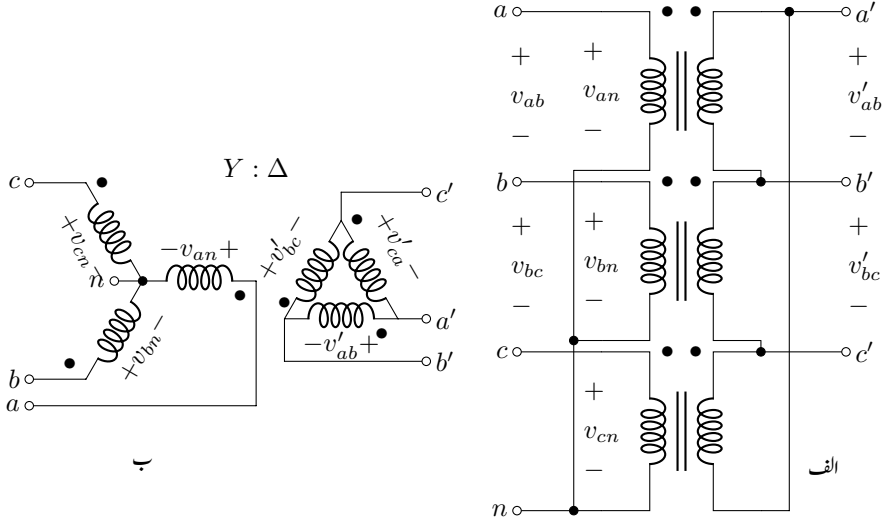
شکل 3.28-الف میں تین ٹرانسفارمرز کے ابتدائی لچھوں کو ستارہ نما جوڑا گیا ہے جبکہ ان کی ثانوی لچھوں کو ٹکونی جوڑا گیا ہے۔ شکل-ب میں تینوں ٹرانسفارمرز کے ابتدائی لچھوں کو ستارہ نما دکھایا گیا ہے۔ اسی طرح ثانوی لچھوں کو ٹکونی دکھایا گیا ہے۔ ان اشکال کی وجہ سے اس طرز کے جوڑ کو ستارہ نما جوڑ اور ٹکونی جوڑ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

ایسا شکل بناتے ہوئے ہر ٹرانسفارمر کے ابتدائی اور ثانوی لچھے کو ایک ہی زاویہ پر دکھایا جاتا ہے۔ یوں شکل 3.28-الف میں بالائی ٹرانسفارمر، جس کے ابتدائی سرے  $an$  اور ثانوی سرے  $a'n'$  ہیں، کو شکل 3.28-ب میں صفر زاویہ پر دکھایا 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 جوڑ کو پہلے اور دائیں جوڑ کو بعد میں پکارتے ہیں۔ یوں شکل 3.28-ب میں ٹرانسفارمر کو ستارہ-ٹکونی جڑا ٹرانسفارمر یا مختصراً ستارہ-ٹکونی 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 ٹکونی ہے۔

<sup>69</sup>star connected  
<sup>70</sup>delta connected





شکل 3.28: تین دوری ستارہ-تکونی ٹرانسفارمر

ستارہ نما سے چار برقی تاریں نکلتی ہیں۔ ان میں مشترک تار  $n$  کو عموماً ٹرانسفارمر کے نزدیک زمین میں گہرائی تک دھنسا 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 تاریں  $a, b, c$  گرم تار<sup>74</sup> کہلاتے ہیں۔

ٹرانسفارمر کے لچھے پر برقی دباؤ کو یکے دوری برقی دباؤ پر عمل<sup>75</sup>  $\hat{V}$  کہتے ہیں اور لچھے میں برقی رو کو یکے دوری برقی رو یا کرنٹ<sup>76</sup>  $\hat{I}$  کہتے ہیں۔ جبکہ ٹرانسفارمر سے باہر نکلتی کسی دو گرم تاروں کے بیچ برقی دباؤ کو تار کا برقی دباؤ<sup>77</sup>  $\hat{V}$  کہتے ہیں اور کسی بھی گرم تار میں برقی رو کو تار کا برقی رو<sup>78</sup>  $\hat{I}$  کہتے ہیں۔ زمینی تار میں برقی رو کو زمینی برقی رو<sup>79</sup>  $\hat{I}$  کہتے ہیں۔

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>

ستارہ Y جانب یک دوری مقداروں اور تار کے مقداروں کا تعلق درج ذیل ہو گا۔

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

تکوئی  $\Delta$  جانب یک دوری اور تار کی مقداروں کا تعلق درج ہے۔

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

مساوات 3.41 اور مساوات 3.42 دوری سمتیہ کے رشتے نہیں بلکہ غیر سمتی مطلق قیمتوں کے رشتے دیتی ہیں۔ ان رشتوں کو شکل 3.29 میں دکھایا گیا ہے۔ مساوات 3.41 اور مساوات 3.42 سے درج ذیل حاصل ہوتا ہے۔

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

یک دوری ٹرانسفارمر کے وولٹ-ایمپیئر یکرحلہ  $I_{\text{یکرحلہ}} V_{\text{یکرحلہ}}$  ہوتے ہیں اور ایسے تین ٹرانسفارمر مل کر ایک عدد تین دوری ٹرانسفارمر بناتے ہیں لہذا تین مرحلہ ٹرانسفارمر کے وولٹ-ایمپیئر تین گنا ذیل ہوں گے۔

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

یہ مساوات تین دوری ادوار میں کثرت سے استعمال ہوتی ہے۔

ٹرانسفارمر جس طرح بھی جوڑے جائیں وہ اپنی بنیادی کارکردگی تبدیل نہیں کرتے ہیں لہذا انہیں ستارہ نما یا تکوئی جوڑنے کے بعد بھی ان میں ہر ایک ٹرانسفارمر انفرادی طور پر صفحہ 66 پر دئے مساوات 3.16 اور صفحہ 71 پر دئے مساوات 3.26 پر پورا اترے گا۔ انہیں استعمال کر کے شکل 3.29 میں دیے گئے ٹرانسفارمر کے ابتدائی اور ثانوی جانب کی یک دوری 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 دوری ٹرانسفارمر کے چکر کا تناسب ہے۔ تین دوری ٹرانسفارمر پر لگی تختی پر دونوں جانب تار کے برقی دباؤ کا تناسب لکھا جاتا ہے۔

شکل 3.29 میں ستارہ-تکوئی ٹرانسفارمر کی تار پر برقی دباؤ کا تناسب

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



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

جکبہ ستارہ-ستارہ کا

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

تکونی-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 درج ذیل ہو گا۔

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

مثال 3.8: یک دوری تین یکساں ٹرانسفارمرز کو ستارہ-تکونی  $\Delta$ : Y جوڑ کر تین دوری ٹرانسفارمر بنایا گیا ہے۔ یک دوری 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 تین دوری دباو تار لاگو کیا گیا۔ اس تین دوری ٹرانسفارمر کی ثانوی جانب دباو تار معلوم کریں۔

حل: حل کرتے وقت ہم ایک عدد ایک دوری ٹرانسفارمر پر نظر رکھیں گے۔ ایک دوری ٹرانسفارمر کے چکر کا تناسب درج ذیل ہو گا۔

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

مساوات 3.41 سے دباوتار درج ذیل حاصل ہوتا ہے۔

$$V_{\text{ابتدائی، تار}} = \sqrt{3} \times 6350 \approx 11000 \text{ V}$$

ایک دوری ٹرانسفارمر کی ثانوی جانب 440 V ہوں گے جس کو مساوات 3.16 کی مدد سے بھی حاصل کیا جاسکتا ہے۔

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

ثانوی جانب تین ایک دوری ٹرانسفارمر کو تکنیکی جوڑا گیا ہے۔ یوں مساوات 3.42 کی مدد سے ثانوی دباوتار یہی ہو گا۔ تین دوری ٹرانسفارمر کے دباوتار کا تناسب درج ذیل ہو گا۔

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

ایک دوری ٹرانسفارمر 50 کلو وولٹ-ایمپیئر کا ہے لہذا تین دوری ٹرانسفارمر 150 کلو وولٹ-ایمپیئر کا ہو گا۔ یوں تین دوری ٹرانسفارمر کی سکت<sup>81</sup> درج ذیل ہو گی۔

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

ٹرانسفارمر تختی<sup>82</sup> پر ٹرانسفارمر کی سکت بیان ہوتی ہے۔ اس تختی پر تین دوری ٹرانسفارمر کے دونوں جانب دباو تار لکھا جاتا ہے نہ کہ لچھوں کے چکر۔

□

ستارہ-ستارہ ٹرانسفارمر میں تین دوری برقی دباو کے بنیادی اجزاء آپس میں 120° زاویائی فاصلے پر جبکہ تیسرے موسیقائی اجزاء آپس میں ہم قدم ہوتے ہیں۔ قالب کی غیر تدریجی خاصیت کی بنا ٹرانسفارمر میں ہر صورت تیسری موسیقائی اجزاء پائے جاتے ہیں۔ تیسری موسیقائی اجزاء ہم قدم ہونے کی وجہ سے جمع ہو کر برقی دباو کا ایک بڑا موج

<sup>81</sup> rating  
<sup>82</sup> name plate



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

پیدا کرتے ہیں جو کبھی کبھار برقی دباؤ کے بنیادی جزو سے بھی زیادہ بڑھا ہوتا ہے۔ اس وجہ سے ستارہ-ستارہ ٹرانسفارمر عام طور استعمال نہیں ہوتا ہے۔

باقی تین قسم جڑے ٹرانسفارمر میں تکنونی جوڑ پایا جاتا ہے جس میں تیسری موسیقیائی اجزاء کی موج گردش رو پیدا کرتی ہے۔ یہ گردش رو تیسری موسیقیائی اجزاء کی موج کے اثر کو ختم کرتا ہے۔

تین دوری ٹرانسفارمر کے متوازن دور حل کرتے وقت ہم تصور کرتے ہیں کہ ٹرانسفارمر ستارہ جڑا ہے۔ یوں ی دوری برقی رو، تار کا برقی رو ہو گا اور یک دوری لاگو برقی دباؤ، یک دوری برقی دباؤ ہو گا۔ اسی طرح ہم اس پر لدے برقی بوجھ کو بھی ستارہ جڑا تصور کرتے ہیں۔ یوں تین دوری دور کی بجائے ہم نسبتاً آسان یک دوری دور حل کرتے ہیں۔ ایسا کرنے سے مسئلہ پر غور کرنا آسان ہو جاتا ہے۔ انہیں ایک مثال سے اس عمل کو سمجھیں۔

مثال 3.9: شکل 3.30 میں تین دوری  $\Delta : Y$ ، 2000 کلو وولٹ-ایمپیر، 600 : 11000 وولٹ اور 50 ہرٹز پر چلنے والا کامل ٹرانسفارمر تین دوری متوازن تکنونی بوجھ کو طاقت مہیا کر رہا ہے۔ بوجھ کا ہر حصہ  $0.504 + j0.1917$  کے برابر ہے۔

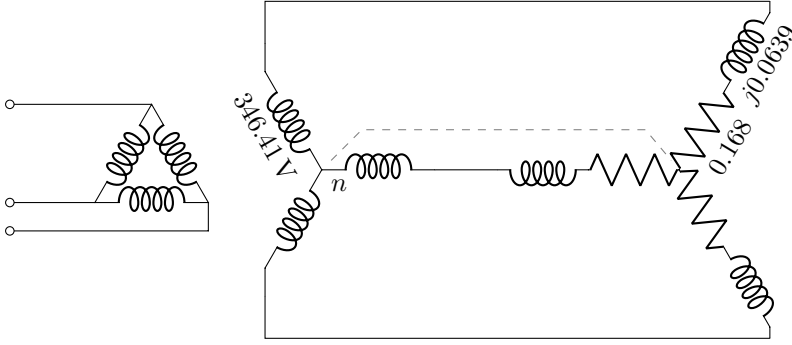
• اس شکل میں تمام برقی رو معلوم کریں۔

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

حل: پہلے تکنونی بوجھ کو ستارہ بوجھ میں تبدیل کرتے ہیں:

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

electrical load<sup>83</sup>



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

ستارہ بوجھ کو شکل 3.31 میں دکھایا گیا ہے جہاں 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 رو صفر ہو گا۔ حل کرنے کی نیت سے ہم اس متوازن دور سے یک دوری حصہ لے کر حل کرتے ہیں۔

مساوی ستارہ بوجھ میں برقی رو

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

اور یک دوری طاقت درج ذیل ہوگی۔

$$p = 346.41 \times 1927.262 \times \cos(-20.825^\circ) = 624\,007 \text{ W}$$

کل طاقت تین گنا ہوگی یعنی 1872 kW جس بوجھ کا جزو طاقت<sup>84</sup> درج ذیل ہو گا۔

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

تکتونی بوجھ میں برقی رو  $\frac{1927.262}{\sqrt{3}} = 1112.7$  ایمپیئر ہو گا۔ ٹرانسفارمر کی ابتدائی جانب برقی تاروں میں برقی رو درج ذیل ہو گا۔

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

□

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

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

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

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

<sup>85</sup> steady state  
<sup>86</sup> time period

یعنی کثافتِ مقناطیسی بہاو کا طول معمول سے دگنا ہو گا۔ اگر یہی حساب  $\theta = 0$  لمحہ کے لئے کیا جائے تو زیادہ سے زیادہ کثافتِ مقناطیسی بہاو بالکل مساوات 3.49 کے عین مطابق ہو گا۔ ان دو زاویوں کے مابین زیادہ سے زیادہ کثافتِ مقناطیسی بہاو 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 52 پر دکھائے شکل 2.17 سے رجوع کریں۔ قومی ٹرانسفارمرز میں ہیبانی کثافتِ مقناطیسی بہاو کی چوٹی  $1.3 \leq B_0 \leq 1$  ہوتی ہے۔ ٹرانسفارمر چالو کرتے لمحہ یوں کثافتِ مقناطیسی بہاو 2 سے 2.6 ٹسلا تک ہو سکتی ہے جس کے لئے درکار ہیبان انگیز برقی رو نہایت زیادہ ہو گی۔

<sup>87</sup> 2000 کلودولٹ - انسپیکٹر ٹرانسفارمر سے چالو کرتے وقت تھر تھراہٹ کی آواز آتی ہے





- earth, 95
- eddy current loss, 62
- eddy currents, 61, 130
- electric field
  - intensity, 10
- electrical rating, 59
- electromagnet, 135
- electromotive force, 61, 142
- electronics
  - power, 211
- emf, 142
- enamel, 62
- energy, 44
  - co, 115
- Euler, 20
- excitation current, 52, 60, 61
- excitation voltage, 61
- excite, 61
- excited coil, 61
  
- Faraday's law, 38, 129
- field coil, 135, 255
- flux, 30
- Fourier series, 63, 146
- frequency, 134
- fundamental, 147
- fundamental component, 64
  
- generator
  - ac, 165
- ground current, 95
- ground wire, 95
  
- ampere-turn, 33
- armature coil, 135, 255
  
- capacitor, 198
- carbon bush, 181
- cartesian system, 4
- charge, 10, 141
- circuit breaker, 183
- coercivity, 46
- coil
  - high voltage, 56
  - low voltage, 56
  - primary, 55
  - secondary, 55
- commutator, 170, 245
- conductivity, 25
- conservative field, 111
- core, 55, 130
- 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, 94
- differentiation, 18
- dot product, 15
  
- E,I, 62

Ohm's law, 26  
 open circuit test, 87  
 orthonormal, 3  
  
 parallel connected, 258  
 permeability, 26  
     relative, 26  
 phase current, 95  
 phase difference, 22  
 phase voltage, 95  
 phasor, 21  
 pole  
     non-salient, 144  
     salient, 144  
 power, 44  
 power factor, 22  
     lagging, 22  
     leading, 22  
 power factor angle, 22  
 power-angle law, 192  
 primary  
     side, 55  
  
 rating, 97, 98  
 rectifier, 170  
 relative permeability, 26  
 relay, 103  
 reluctance, 25  
 residual magnetic flux, 46  
 resistance, 25  
 rms, 19, 50, 169  
 rotor, 37  
 rotor coil, 106  
 rpm, 161  
  
 saturation, 47  
 scalar, 1  
 self excited, 255  
 self flux linkage, 43  
 self inductance, 43  
 separately excited, 255  
 side

harmonic, 147  
 harmonic components, 64  
 Henry, 40  
 hunting, 182  
 hysteresis loop, 47  
  
 impedance transformation, 71  
 induced voltage, 38, 50, 61  
 inductance, 40  
     leakage, 187  
 induction  
     motor, 211  
  
 Joule, 44  
  
 lagging, 22  
 laminations, 31, 62, 130  
 leading, 22  
 leakage inductance, 79  
 leakage reactance, 79  
 line current, 95  
 line voltage, 95  
 linear circuit, 230  
 load, 99  
 Lorentz law, 141  
 Lorenz equation, 104  
  
 magnetic constant, 26  
 magnetic core, 31  
 magnetic field  
     intensity, 11, 33  
 magnetic flux  
     density, 33  
     leakage, 79  
 magnetizing current, 64  
 mmf, 30  
 model, 81, 211  
 mutual flux linkage, 43  
 mutual inductance, 43  
  
 name plate, 98  
 non-salient poles, 181

transformer  
     air core, 59  
     communication, 59  
     ideal, 65  
     oil, 77  
 transient state, 179  
 turbine, 181

unit vector, 2

VA, 76  
 vector, 2  
 volt, 141  
 volt-ampere, 76  
 voltage, 141  
     DC, 170  
     transformation, 65

Watt, 44

Weber, 33

winding  
     distributed, 144  
 winding factor, 152

    secondary, 55  
 single phase, 23, 59  
 slip, 213  
 slip rings, 181, 233  
 squirrel cage, 236  
 star connected, 94  
 stator, 37  
 stator coil, 106, 131  
 steady state, 179  
 step down transformer, 58  
 step up transformer, 58  
 surface density, 11  
 synchronous, 134  
 synchronous inductance, 188  
 synchronous speed, 160, 161, 180

Tesla, 33

theorem

    maximum power transfer, 233

Thevenin theorem, 230

three phase, 59, 93

time period, 101, 146

torque, 170, 213

    pull out, 182

بھنور نما برقی رو، 130  
بے بوجھ، 60

پتری، 130، 31  
پتریاں، 62  
پیش زاویہ، 22

تاخیری، 80  
تاخیری زاویہ، 22  
تار کا برقی دباؤ، 95  
تار کا برقی رو، 95  
تانا، 28  
تبادلہ

رکاوٹ، 71  
تختی، 98

تعدد، 134  
تعقب، 182  
تفرق، 18

جزوی، 18  
تکونی جوڑ، 94  
توانائی، 44

ہمہ، 115  
تین دوری، 93، 59

ٹرانسفارمر

برقی دباؤ والا، 59  
بوجھ بردار، 68  
تیل، 77

خلائی قالب، 59  
دباؤ بڑھاتا، 58  
دباؤ گھٹاتا، 58

ذرائع ابلاغ، 59  
رووالا، 59  
کامل، 65

ٹسلا، 33  
ٹھنڈی تار، 95

ثانوی جانب، 55

چاول، 44  
جزو

پھیلاؤ، 152

ابتدائی

جانب، 55  
لچھا، 55

ارتباط بہاؤ، 39  
اضافی

زاویائی رفتار، 216  
اکائی سمتیہ، 2  
امالی

برقی دباؤ، 50  
امالہ، 40

رستا، 187  
امالی برقی دباؤ، 61، 38  
ایک، تین پتریاں، 62  
ایمپیسر چکر، 33

بار، 141  
برقرار چالو، 179، 101

برقی گھیر، 198  
برقیات

قوی، 211  
برقی بار، 141، 10

برقی دباؤ، 141، 28  
تبادلہ، 65، 56

محرک، 142  
پہچانی، 189

یک سمت، 170  
برقی رو، 28

بھنور نما، 130  
تبادلہ، 66

پہچان انگیز، 52  
برقی سکت، 59

برقی میدان، 10  
شدت، 28، 10

بش، 181  
بناوٹ، 87

بنیادی جزو، 147، 64  
بوجھ، 99

بھتی، 117  
بھنور نما

برقی رو، 61  
ضیاع، 62

- جزو طاقت، 22  
پیش، 22  
تائخیری، 22  
جزیر  
بدلتارو، 165  
جوڑ  
تکونی، 94  
ستارہ نما، 94  
چرخاب، 181  
چکر فی منٹ، 130  
چوٹی، 215  
حال  
عارضی، 179  
یکساں، 179  
خطی  
برقی دور، 230  
خودار تہا بہاؤ، 43  
خودامالہ، 43  
داخلی پیمان  
سلسلہ وار، 258  
متوازی، 258  
مرکب، 258  
دور پڑا مرکب، 258  
دور شکن، 183  
دوری سمتیہ، 190، 21  
دوری عرصہ، 146، 101  
رستا  
امالہ، 79  
متعاملہ، 79  
رستائے تعاملیت، 221  
رفقار  
اضافی زاویائی، 216  
روغن، 62  
روک، 232  
ریاضی نمونہ، 81، 211  
ریلے، 103  
زاویائی فرق، 22  
زاویہ جزو طاقت، 22  
زمین، 95  
زمینی برقی رو، 95  
زمینی تار، 95  
ساکن حصہ، 37  
ساکن لچھا، 106، 131  
ستارہ نما جوڑ، 94  
سرکاو، 213  
سرک چھلے، 181، 233  
سطحی عمل، 185  
سطحی کشاف، 11  
سکت، 97، 98  
سلسلہ وار، 150  
سمت کار، 245  
برقیاتی، 170  
میکانی، 170  
سمتیہ، 2  
عمودی اکائی، 3  
سمتی رفقار، 104  
سیرابیت، 47  
ضرب  
نقطہ، 15  
ضرب صلیبی، 13  
طاقت، 44  
طاقت بالقابل زاویہ، 192  
طول موج، 18  
عمودی تراش، 9  
رقبہ، 9  
غیر سمتی، 1  
غیر معاصر، 182  
فوریز، 254  
فوریز سلسل، 63، 146  
فیراڈے  
قانون، 38، 129  
قالب، 130

- قالبی ضیاع، 62  
جزو، 64  
قانون  
اوہم، 26  
کولمب، 10  
لورینز، 141  
قدامت پسند میدان، 111  
قریب جڑا مرکب، 258  
قصر دور، 39  
قطب  
ابھری، 181، 144  
ہموار، 181، 144  
قوت مروڑ، 213، 170  
انتہائی، 182  
قوی برقیات، 245  
قوی کچھے، 255  
کاربن بش، 181  
کارگزاری، 204  
کشافت  
برقی رو، 28  
کشافت مقناطیسی بہاؤ  
بقایا، 46  
گرم ہمار، 95  
گھومتا حصہ، 37  
گھومتا لچھا، 106  
لچھا  
ابتدائی، 55  
پھیلے، 144  
پتھپدار، 41  
ثانوی، 55  
رخ، 137  
زیادہ برقی دباؤ، 56  
ساکن، 106  
قوی، 135  
کم برقی دباؤ، 56  
گھومتا، 106  
میدانی، 135  
محدود  
کار تیشی، 4  
تکلی، 5  
محرک برقی دباؤ، 61  
مجوری  
لبائی، 166  
مخلوط عدد، 196  
مرکب جزئی، 258  
مزاحمت، 25  
مزاحمت پیا، 241  
مساوات لورینز، 104  
مسئلہ  
تھون، 230  
زیادہ سے زیادہ طاقت کی منتقلی، 233  
مشترکہ ارتباطی امالہ، 43  
مشترکہ امالہ، 43  
معاصر، 134  
مشین، 180  
معاصر امالہ، 188  
معاصر رفتار، 180، 161، 160  
معائنہ  
کھلا دور، 87  
مقناطیس  
برقی، 135  
چال کا دائرہ، 47  
خاتم شدت، 46  
مقناطیسی برقی رو، 64  
مقناطیسی بہاؤ، 30  
رستا، 79  
کشافت، 33  
مقناطیسی چال، 52  
مقناطیسی دباؤ، 30  
رخ، 146  
مقناطیسی قالب، 31، 55  
مقناطیسی مستقل، 26، 171  
جزو، 26، 31  
مقناطیسی میدان  
شدت، 11، 33  
موٹر  
امالی، 211

- ہیجان انگیز  
برقی دباؤ، 61  
برقی رو، 61  
ہیجان انگیز برقی رو، 60  
ہیجانی برقی دباؤ، 189  
یک دوری، 23، 59  
یک دوری برقی دباؤ، 95  
یک دوری برقی رو، 95  
یک سمت رو  
مشین، 245  
یو لرمساوات، 20
- پنجرہ نما، 236  
موثر، 19، 50  
موثر قیمت، 169  
موسیقیائی جزو، 64، 147  
موصیلت، 25  
میدانی لچھے، 255  
واٹ، 44  
دولٹ، 141  
دولٹ۔ ایمپیر، 76  
ویبر، 33  
ویبر۔ پھر، 39  
چمکیا ہٹ، 25، 30  
ہیجان، 61  
بیرونی، 255  
خود، 255  
لچھا، 61