

# برقی آلات

خالد خان یوسفزئی

جامعہ کامیٹ، اسلام آباد

khalidyoufazai@comsats.edu.pk



# 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 تکمیل	1.12
19	سطحی تکمیل	1.13
20	مرحلی سمتیہ	1.14
25	مقناطیسی ادوار	2
25	مزامت اور پچکاپاٹ	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
31	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
44	مقناطیسی مادہ کے خصوصیات	2.8
49	بیجان شدہ لچھا	2.9

55	3	ٹرانسفارمر
56	3.1	ٹرانسفارمر کی اہمیت
59	3.2	ٹرانسفارمر کے اقسام
60	3.3	امالی برقی دباؤ
62	3.4	ہیجان انگیز برقی رد اور قابلی ضیاع
65	3.5	تبادلہ برقی دباؤ اور تبادلہ برقی رو کے خصوصیات
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 اس کے مساوی دور
77	3.10.1	لچھے کی مزاحمت اور اس کی متعاملہ علیحدہ کرنا
78	3.10.2	رستا امالہ
79	3.10.3	ثانوی برقی رد اور قالب کے اثرات
80	3.10.4	ثانوی لچھے کی امالی برقی دباؤ
81	3.10.5	ثانوی لچھے کی مزاحمت اور متعاملہ کے اثرات
81	3.10.6	رکاوٹ کا ابتدائی یا ثانوی جانب تبادلہ
84	3.10.7	ٹرانسفارمر کے سادہ ترین مساوی دور
85	3.11	کھلے دور معائنہ اور کسر دور معائنہ
86	3.11.1	کھلے دور معائنہ
88	3.11.2	کسر دور معائنہ
92	3.12	تین مرحلہ ٹرانسفارمر
99	3.13	ٹرانسفارمر چالو کرتے لمحہ زیادہ محرکی برقی رو کا گزر

101	4	برقی اور میکانیکی توانائی کا باہمی تبادلہ
101	4.1	مقتناطیسی نظام میں قوت اور قوت مروڑ . . . . .
107	4.2	تبادلہ توانائی والا ایک لچھے کا نظام . . . . .
113	4.3	توانائی اور ہمہ توانائی . . . . .
117	4.4	متعدد لچھوں کا مقتناطیسی نظام . . . . .
125	5	گھومتے مشین کے بنیادی اصول
125	5.1	قانون فیراڈے . . . . .
126	5.2	معاصر مشین . . . . .
136	5.3	محرک برقی دباؤ . . . . .
140	5.4	پھیلے لچھے اور سائن نما مقتناطیسی دباؤ . . . . .
141	5.4.1	بدلتی رو والے مشین . . . . .
149	5.5	مقتناطیسی دباؤ کی گھومتی موجیں . . . . .
150	5.5.1	ایک دور کی لپٹی مشین . . . . .
151	5.5.2	تین دور کی لپٹی مشین کا تحلیلی تجزیہ . . . . .
156	5.5.3	تین دور کی لپٹی مشین کا تریسی تجزیہ . . . . .
159	5.6	محرک برقی دباؤ . . . . .
159	5.6.1	بدلتی رو برقی جنریٹر . . . . .
164	5.6.2	یک سمتی رو برقی جنریٹر . . . . .
165	5.7	ہموار قطب مشینوں میں قوت مروڑ . . . . .
166	5.7.1	توانائی کے طریقے سے میکانیکی قوت مروڑ کا حساب . . . . .
168	5.7.2	مقتناطیسی بہاؤ سے میکانیکی قوت مروڑ کا حساب . . . . .

175	6 یکساں حال، برقرار چالو معاصر مشین
176 . . . . .	6.1 متعدد مرحلہ معاصر مشین
179 . . . . .	6.2 معاصر مشین کے امالہ
180 . . . . .	6.2.1 خود امالہ
181 . . . . .	6.2.2 مشترکہ امالہ
183 . . . . .	6.2.3 معاصر امالہ
185 . . . . .	6.3 معاصر مشین کا مساوی دور یا ریاضی نمونہ
187 . . . . .	6.4 برقی طاقت کی منتقلی
192 . . . . .	6.5 یکساں حال، برقرار چالو مشین کے خصوصیات
192 . . . . .	6.5.1 معاصر جزیئر: برقی بوجھ بالمقابل $I_m$ کے خطوط
193 . . . . .	6.5.2 معاصر موٹر: $I_a$ بالمقابل $I_m$ کے خط
195 . . . . .	6.6 کھلے دور اور کسر دور معائنہ
195 . . . . .	6.6.1 کھلے دور معائنہ
196 . . . . .	6.6.2 کسر دور معائنہ

- 7.1 ساکن لچھوں کی گھومتی مقناطیسی موج . . . . . 208
- 7.2 مشین کی سرکے اور گھومتی موجوں پر تبصرہ . . . . . 208
- 7.3 ساکن لچھوں میں امالی برقی دباؤ . . . . . 211
- 7.4 ساکن لچھوں کی موج کا گھومتے لچھوں کے ساتھ اضافی رفتار اور ان میں پیدا امالی برقی دباؤ . . . . . 211
- 7.5 گھومتے لچھوں کی گھومتی مقناطیسی دباؤ کی موج . . . . . 215
- 7.6 گھومتے لچھوں کے مساوی فرضی ساکن لچھے . . . . . 216
- 7.7 امالی موٹر کا مساوی برقی دور . . . . . 217
- 7.8 مساوی برقی دور پر غور . . . . . 222
- 7.9 امالی موٹر کا مساوی تھون دور یا ریاضی نمونہ . . . . . 226
- 7.10 پنجرانما امالی موٹر . . . . . 232
- 7.11 بے بوجھ موٹر اور جامد موٹر کے معائنہ . . . . . 233
- 7.11.1 بے بوجھ موٹر کا معائنہ . . . . . 233
- 7.11.2 جامد موٹر کا معائنہ . . . . . 235

- 8.1 میکانی سمت کار کی بنیادی کارکردگی . . . . . 241
- 8.1.1 میکانی سمت کار کی تفصیل . . . . . 243
- 8.2 یک سمتی جزیر کی برقی دباؤ . . . . . 247
- 8.3 قوت مروڑ . . . . . 249
- 8.4 بیرونی پیمان اور خود پیمان یک سمتی جزیر . . . . . 251
- 8.5 یک سمتی مشین کی کارکردگی کے خط . . . . . 255
- 8.5.1 حاصل برقی دباؤ بالمتقابل برقی بوجھ . . . . . 255
- 8.5.2 رفتار بالمتقابل قوت مروڑ . . . . . 257





## باب 2

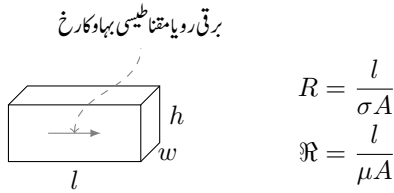
### مقناطیسی ادوار

#### 2.1 مزاحمت اور ہچکچاہٹ

شکل 2.1 میں ایک سلاخ دکھائی گئی ہے جس کی لمبائی کی سمت میں مزاحمت<sup>1</sup>

$$(2.1) \quad R = \frac{l}{\sigma A}$$

ہے جہاں  $\sigma$  موصلیت<sup>2</sup> کو ظاہر کرتی ہے اور  $A = wh$  رقبہ عمودی تراش ہے۔ اس سلاخ کی ہچکچاہٹ<sup>3</sup>  $\Re$  درج



شکل 2.1: مزاحمت اور ہچکچاہٹ

resistance<sup>1</sup>  
conductivity<sup>2</sup>

ذیل ہے جہاں  $\mu$  مقناطیسی مستقل<sup>4</sup> کہلاتا ہے۔

$$(2.2) \quad \mathfrak{R} = \frac{l}{\mu A}$$

مقناطیسی مستقل  $\mu$  کو عموماً خلاء کی مقناطیسی مستقل  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{m}}$  کی نسبت سے لکھا جاتا ہے یعنی

$$(2.3) \quad \mu = \mu_r \mu_0$$

جہاں  $\mu_r$  جو مقناطیسی مستقل کہلاتا ہے۔ ہیکچاہٹ کی اکائی ایمپیئر-پرفیوہیر ہے جس کی وضاحت جلد کی جائے گی۔

مثال 2.1: شکل 2.1 میں دی گئی سلاخ کی ہیکچاہٹ معلوم کریں  $\mu_r = 2000$ ،  $h = 3 \text{ cm}$ ،  $l = 10 \text{ cm}$  اور  $w = 2.5 \text{ cm}$  ہیں۔

حل:

$$\begin{aligned} \mathfrak{R} &= \frac{l}{\mu_r \mu_0 A} \\ &= \frac{10 \times 10^{-2}}{2000 \times 4\pi \times 10^{-7} \times 2.5 \times 10^{-2} \times 3 \times 10^{-2}} \\ &= 53\,044 \text{ A} \cdot \text{turns/Wb} \end{aligned}$$

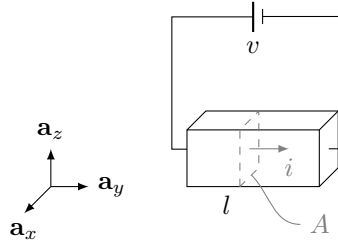
□

## 2.2 کشافتِ برقی رواور برقی میدان کی شدت

اس سلاخ کے سروں پر برقی دباؤ  $v$  (شکل 2.2) لاگو کرنے سے اس میں برقی رو  $i$  گزرے گا جس کو اوہم کے قانون<sup>5</sup> سے حاصل کرتے ہیں۔

$$(2.4) \quad i = \frac{v}{R}$$

<sup>3</sup> reluctance  
<sup>4</sup> permeability, magnetic constant  
<sup>5</sup> Ohm's law



$$R = \frac{l}{\sigma A}$$

$$i = \frac{v}{R} = v \left( \frac{\sigma A}{l} \right)$$

$$\frac{i}{A} = \sigma \frac{v}{l}$$

$$J = \sigma E$$

شکل 2.2: کثافت برقی رواور برقی دباؤ کی شدت

درج بالا مساوات کو مساوات 2.1 کی مدد سے

$$(2.5) \quad i = v \left( \frac{\sigma A}{l} \right)$$

یا

$$(2.6) \quad \frac{i}{A} = \sigma \left( \frac{v}{l} \right)$$

یا

$$(2.7) \quad J = \sigma E$$

لکھا جاسکتا ہے جہاں  $J$  اور  $E$  کی تعریف درج ذیل ہے۔

$$(2.8) \quad J = \frac{i}{A}$$

$$(2.9) \quad E = \frac{v}{l}$$

شکل 2.2 میں سمتیہ  $J$  کی مقدار  $J$  ہو اور سمتیہ  $E$  کی مقدار  $E$  لیتے ہوئے مساوات 2.7 کو درج ذیل لکھا جاسکتا ہے

$$(2.10) \quad J = \sigma E$$

جو قانون اوہم کی دوسری روپ ہے۔  $J$  اور  $E$  دونوں کا رخ  $a_y$  ہے۔

شکل 2.2 سے ظاہر ہے کہ برقی روا  $i$  سلاخ کی رقبہ عمودی تراش  $A$  سے گزرتی ہے لہذا مساوات 2.8 کے تحت  $J$  برقی روا کی کثافت کو ظاہر کرتی ہے لہذا  $J$  کو کثافت برقی روا<sup>6</sup> کہتے ہیں۔ اسی طرح مساوات 2.9 سے واضح ہے کہ

current density<sup>6</sup>

$E$  برقی دباؤنی اکائی لمبائی کو ظاہر کرتی ہے لہذا  $E$  کو برقی میدان کہہ شدت<sup>7</sup> یا (جہاں متن سے مقناطیسی میدان واضح ہو) مختصراً میدان<sup>8</sup> کہتے ہیں۔

بالکل اسی طرح کی مساواتیں مقناطیسی متغیرات کے لئے حصہ 2.5 میں لکھی جائیں گی۔

### 2.3 برقی ادوار

برقی دور میں برقی دباؤ<sup>8</sup>  $v$  کی وجہ سے برقی رو<sup>10</sup>  $i$  پیدا ہوتی ہے۔ تانبا<sup>12</sup> کی موصلیت  $\frac{S}{m} = 5.9 \times 10^7$  ہے جو بہت بڑی مقدار ہے۔  $\frac{S}{m}$  موصلیت کی اکائی ہے۔ تانبا کی موصلیت کی مقدار بہت بڑی ہونے کی بنا اس سے بنی تار کی مزاحمت<sup>13</sup>  $R_L$  عموماً قابل نظر انداز ہوگی۔ تار میں برقی رو  $i$  گزرنے سے تار کے سروں کے بیچ برقی دباؤ  $\Delta v = iR_L$  پیدا ہو گا جس کو  $R_L \rightarrow 0$  کی بنا نظر انداز کیا جاسکتا ہے۔ یوں تانبے کی تار میں برقی دباؤ کے گھٹاؤ کو رد کیا جاسکتا ہے یعنی ہم  $\Delta v \rightarrow 0$  لے سکتے ہیں۔

شکل 2.3-الف میں ایک ایسا ہی برقی دور دکھایا گیا ہے جس میں تانبے کی تار کی مزاحمت کو اکٹھے کر کے ایک ہی جگہ تار  $R_L$  دکھایا گیا ہے۔ اس دور کے لئے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$(2.11) \quad v = \Delta v + v_L$$

تار میں برقی گھٹاؤ  $\Delta v$  نظر انداز کرتے ہوئے

$$(2.12) \quad v = v_L$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس کا مطلب ہے کہ اگر تار میں برقی دباؤ کا گھٹاؤ قابل نظر انداز ہو تب لاگو برقی دباؤ جوں کا توں مزاحمت  $R_L$  تک پہنچتا ہے۔ برقی ادوار حل کرتے ہوئے یہی حقیقت بروئے کار لاتے ہوئے تار میں برقی دباؤ کے گھٹاؤ کو نظر انداز کیا جاتا ہے۔ شکل 2.3-الف میں ایسا کرنے سے شکل 2.3-ب حاصل ہوتا ہے۔ یہاں یہ سمجھ لینا ضروری ہے کہ برقی تار کو اس غرض سے استعمال کیا جاتا ہے کہ لاگو برقی دباؤ کو مقام استعمال تک بغیر گھٹائے پہنچایا جائے۔

<sup>7</sup> electric field intensity

<sup>8</sup> electric voltage

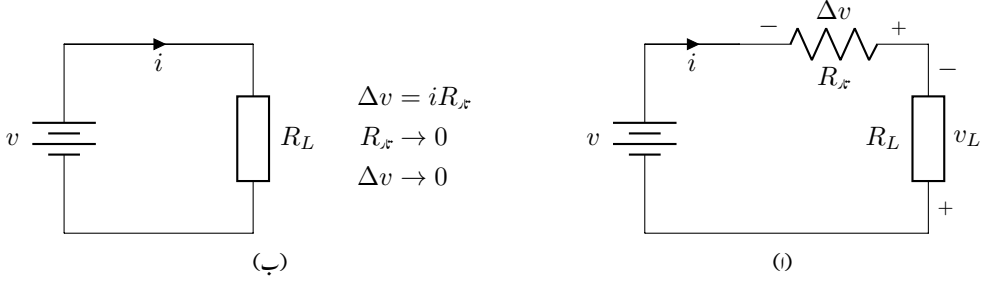
<sup>9</sup> برقی دباؤ کی اکائی وولٹ ہے جو اٹلی کے ایسا نڈرو وولٹا کے نام ہے جنہوں نے برقی بیڑی ایجاد کی۔

<sup>10</sup> electric current

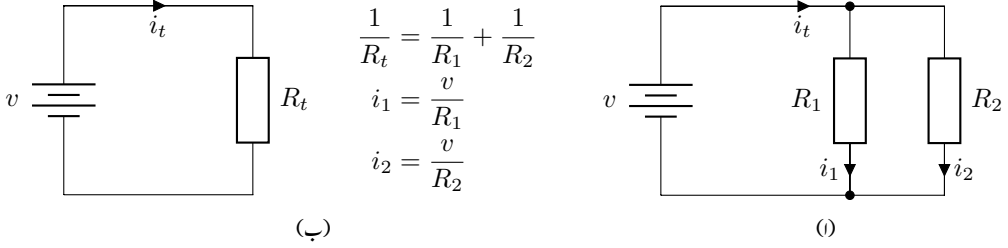
<sup>11</sup> برقی رو کی اکائی ایمپیئر ہے جو فرانس کے انڈر میئر ایمپیئر کے نام ہے جن کا برقی و مقناطیسی میدان میں اہم کردار ہے۔

<sup>12</sup> copper

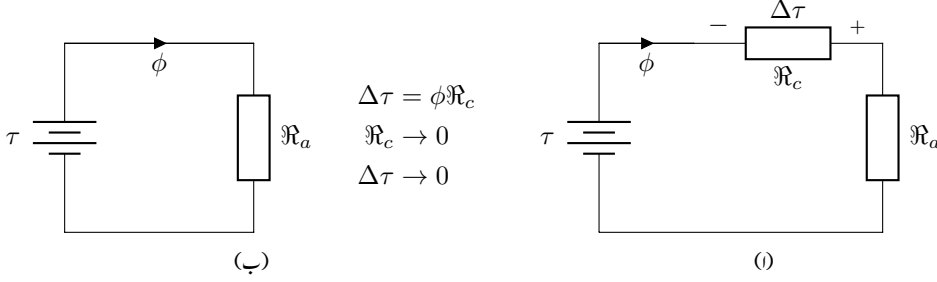
<sup>13</sup> مزاحمت کی اکائی اوہم ہے جو جرمنی کے خارج سائنس اوہم کے نام ہے جنہوں نے قانون اوہم دریافت کیا۔



شکل 2.3: برقی ادوار میں برقی تار کی مزاحمت کو نظر انداز کیا جاسکتا ہے۔



شکل 2.4: کم مزاحمتی راہ میں برقی رو کی مقدار زیادہ ہوگی۔



شکل 2.5: مقناطیسی دور

شکل 2.4 میں ایک اور مثال دی گئی ہے۔ یہاں ہم دیکھتے ہیں کہ برقی رو اس راستے زیادہ ہوتی ہے جس کی مزاحمت کم ہو۔ لہذا اگر  $R_1 < R_2$  ہو تب  $i_1 > i_2$  ہو گا۔

## 2.4 مقناطیسی دور حصہ اول

مقناطیسی ادوار بالکل برقی ادوار کی طرح ہوتے ہیں۔ بس ان میں برقی دباؤ  $v$  کی جگہ مقناطیسی دباؤ  $\tau$ <sup>14</sup>، برقی رو  $i$  کی جگہ مقناطیسی بہاؤ  $\phi$ <sup>15</sup> اور مزاحمت  $R$  کی جگہ ہچکچاہٹ  $\mathcal{R}$ <sup>16</sup> پائے جاتے ہیں۔ یوں بالکل برقی ادوار کی طرح مقناطیسی ادوار بنائے جاسکتے ہیں۔ ایک ایسا دور شکل 2.5-الف میں دکھایا گیا ہے۔ یہاں بھی کوشش یہی ہے کہ کسی طرح مقناطیسی دباؤ  $\tau$  کو بغیر گھٹائے ہچکچاہٹ  $\mathcal{R}_a$  تک پہنچایا جائے۔ عموماً خلائی درز کی ہچکچاہٹ ہوتی ہے اور  $\mathcal{R}_c$  مقناطیسی قالب کی۔ یہاں بھی اگر  $\mathcal{R}_c$  قابل نظر انداز ہو تب شکل 2.5-ب حاصل ہو گا جس میں مقناطیسی بہاؤ  $\phi$ ، بالکل اوہم کے قانون کی طرح، درج ذیل مساوات سے حاصل ہو گا۔

$$(2.13) \quad \tau = \phi \mathcal{R}_a$$

اگر  $\mathcal{R}_c$  کو نظر انداز کرنا ممکن نہ ہو تب بالکل سلسلہ وار مزاحمتوں کی طرح ہم دو سلسلہ وار ہچکچاہٹوں کا مجموعی ہچکچاہٹ  $\mathcal{R}_s$  استعمال کر کے برقی رو حاصل کریں گے، یعنی

$$(2.14) \quad \mathcal{R}_s = \mathcal{R}_a + \mathcal{R}_c$$

$$(2.15) \quad \tau = \phi \mathcal{R}_s$$

magnetomotive force, mmf<sup>14</sup>  
flux<sup>15</sup>  
reluctance<sup>16</sup>

برقی دور کی طرح، مقناطیسی دباؤ کو کم ہچکچاہٹ والی راہ سے مقام ضرورت تک پہنچایا جاتا ہے۔ مساوات 2.2 کے تحت ہچکچاہٹ کی قیمت مقناطیسی مستقل  $\mu$  پر منحصر ہے۔ مقناطیسی مستقل کی اکائی <sup>17</sup> ہینری فی میٹر  $\frac{\text{H}}{\text{m}}$  ہے۔  $\mu$  کو عموماً  $\mu = \mu_r \mu_0$  لکھا جاتا ہے جہاں  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$  ہینری فی میٹر کے برابر ہے اور  $\mu_r$  کو جزو مقناطیسی مستقل <sup>18</sup> کہتے ہیں۔ لوہا، کچھ دھاتیں اور چند جدید مصنوعی مواد ایسی ہیں جن کی  $\mu_r$  کی قیمت 2000 اور 80 000 کے بیچ پائی جاتی ہیں۔ مقناطیسی دباؤ کو ایک جگہ سے دوسری جگہ منتقل کرنے کے لئے انہی مقناطیسی مواد کو استعمال کیا جاتا ہے۔ بد قسمتی سے مقناطیسی مواد کے  $\mu$  کی مقدار اتنی زیادہ نہیں ہوتی ہے کہ ان سے بنی سلاخ کی ہچکچاہٹ ہر موقع پر قابلِ نظر انداز ہو۔ مساوات 2.2 کے تحت ہچکچاہٹ کم سے کم کرنے کی خاطر رقبہ عمودی تراش کو زیادہ سے زیادہ اور لمبائی کو کم سے کم کرنا ہو گا۔ یوں مقناطیسی دباؤ منتقل کرنے کے لئے باریک تار نہیں بلکہ خاصی زیادہ رقبہ عمودی تراش کا مقناطیسی راستہ درکار ہوتا ہے۔ مقناطیسی مشین، مثلاً موٹر اور ٹرانسفارمر، کا بیشتر حصہ مقناطیسی دباؤ منتقل کرنے والے ان مقناطیسی مواد پر مشتمل ہوتا ہے۔ ایسے مشینوں کے قلب میں عموماً یہی مقناطیسی مادہ پایا جاتا ہے لہذا ایسا مواد مقناطیسی قالب <sup>19</sup> کہلاتا ہے (شکل 2.6)۔ برقی مشینوں میں استعمال مقناطیسی قالب لوہے کی باریک چادر یا پتہ <sup>20</sup> تہہ در تہہ رکھ کر بنائی جاتی ہے۔ مقناطیسی قالب کے بارے میں مزید معلومات حصہ 2.8 میں فراہم کی جائے گی۔

## 2.5 کثافتِ مقناطیسی بہا اور مقناطیسی میدان کی شدت

حصہ 2.2 میں برقی دور کی مثال دی گئی۔ یہاں شکل 2.6 میں دکھائے گئے مقناطیسی دور پر غور کرتے ہیں۔ مقناطیسی قالب کی  $\mu_r = \infty$  تصور کرتے ہیں۔ یوں قالب کی ہچکچاہٹ  $\mathcal{R}_c$  صفر ہو گی۔ حصہ 2.2 میں تانبا کی تار کی طرح یہاں مقناطیسی قالب کو مقناطیسی دباؤ  $\tau$  ایک مقام سے دوسری مقام تک منتقل کرنے کے لئے استعمال کیا گیا ہے۔ شکل 2.6 میں مقناطیسی دباؤ کو خلائی درز کی ہچکچاہٹ  $\mathcal{R}_a$  تک پہنچایا گیا ہے۔ لہذا یہاں کل ہچکچاہٹ صرف خلائی درز کی ہچکچاہٹ ہی ہے یعنی:

$$(2.16) \quad \mathcal{R}_a = \frac{l_a}{\mu_0 A_a}$$

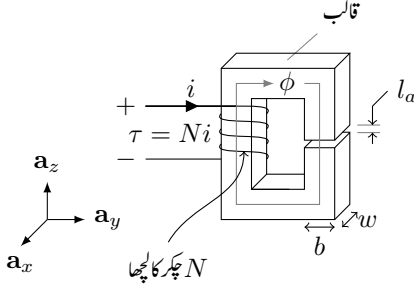
<sup>17</sup> Henry per meter

<sup>18</sup> relative permeability, relative magnetic constant

<sup>19</sup> magnetic core

<sup>20</sup> laminations





$$H_a = \frac{\tau}{l_a} \quad B_a = \frac{\phi_a}{A_a}$$

$$l_a \ll w$$

$$l_a \ll b$$

شکل 2.6: کثافت مقناطیسی بہاؤ اور مقناطیسی میدان کی شدت۔

اگر خلائی درز کی لمبائی  $l_a$  قالب کے رقبہ عمودی تراش کے اضلاع  $b$  اور  $w$  سے بہت کم ہوں، یعنی  $l_a \ll b$  اور  $l_a \ll w$  تب خلائی درز کے رقبہ عمودی تراش  $A_a$  کو قالب کے رقبہ عمودی تراش  $A_c$  کے برابر لیا جاتا ہے، یعنی:

$$(2.17) \quad A_a = A_c = wb$$

اس کتاب میں جہاں بتلایا نہ گیا ہو وہاں  $l_a \ll w$  اور  $l_a \ll b$  تصور کرتے ہوئے  $A_a = A_c$  لیا جائے گا۔

مقناطیسی دباؤ  $\tau$  کی تعریف درج ذیل مساوات پیش کرتی ہے۔

$$(2.18) \quad \tau = Ni$$

یوں برقی تار کے چکر ضرب تار میں برقی رو کو مقناطیسی دباؤ کہتے ہیں۔ مقناطیسی دباؤ کی اکائی ایمپیئر-چکر<sup>21</sup> ہے۔ بالکل حصہ 2.2 کی طرح ہم مساوات 2.15 کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$(2.19) \quad \phi_a = \frac{\tau}{\mathcal{R}_a}$$

مقناطیسی بہاؤ کی اکائی<sup>22</sup> ویبر<sup>23</sup> ہے اور ہیکٹاچاٹ کی اکائی ایمپیئر-چکر فی ویبر<sup>24</sup> ہے۔ اس سلسلہ وار دور کی خلائی درز میں مقناطیسی بہاؤ  $\phi_a$  اور قالب میں مقناطیسی بہاؤ  $\phi_c$  ایک دوسرے کے برابر ہوں گے۔ درج بالا مساوات کو مساوات 2.2 کی مدد سے

$$\phi_a = \tau \left( \frac{\mu_0 A_a}{l_a} \right)$$

<sup>21</sup> ampere-turn

<sup>22</sup> Weber

<sup>23</sup> یہ اکائی جرمنی کے ولیم وڈویر کے نام ہے جن کا برقی و مقناطیسی میدان میں اہم کردار رہا ہے

<sup>24</sup> ampere-turn per weber

یا

$$(2.20) \quad \frac{\phi_a}{A_a} = \mu_0 \left( \frac{\tau}{l_a} \right)$$

لکھ سکتے ہیں جہاں درز کی نشاندہی زیر نوشت میں  $a$  لکھ کر کی گئی ہے۔ اس مساوات میں بائیں ہاتھ مقناطیسی بہاؤ فی اکائی رقبہ کو کثافتِ مقناطیسی بہاؤ  $B_a$ <sup>25</sup> اور دائیں ہاتھ مقناطیسی دباؤ فی اکائی لمبائی کو مقناطیسی میدان  $H_a$  کے شدت<sup>26</sup> لکھا جا سکتا ہے، یعنی:

$$(2.21) \quad B_a = \frac{\phi_a}{A_a}$$

$$(2.22) \quad H_a = \frac{\tau}{l_a}$$

کثافتِ مقناطیسی بہاؤ کی اکائی ویبر فی میٹر ہے جس کو ٹسلا<sup>27</sup> کا نام دیا گیا ہے۔ مقناطیسی میدان کی شدت کی اکائی ایسپیئر فی میٹر<sup>28</sup> ہے۔ یوں مساوات 2.20 کو درج ذیل لکھا جا سکتا ہے۔

$$(2.23) \quad B_a = \mu_0 H_a$$

جہاں متن سے واضح ہو کہ مقناطیسی میدان کی بات ہو رہی ہے وہاں مقناطیسی میدان کی شدت کو مختصراً میدان<sup>29</sup> کے کہا جاتا ہے۔ شکل 2.6 میں ہم دیکھتے ہیں کہ خلائی درز میں مقناطیسی بہاؤ کا رخ اکائی سمتیہ  $a_z$  کے ہے لہذا ہم کثافتِ مقناطیسی بہاؤ کو  $B_a = -B_a a_z$  لکھ سکتے ہیں۔ اسی طرح خلائی درز میں مقناطیسی دباؤ اکائی سمتیہ  $a_z$  کی الٹ رخ دباؤ ڈال رہا ہے لہذا ہم مقناطیسی دباؤ کی شدت کو  $H_a = -H_a a_z$  لکھ سکتے ہیں۔ یوں درج بالا مساوات کو درج ذیل لکھا جا سکتا ہے۔

$$(2.24) \quad B_a = \mu_0 H_a$$

اگر خلاء کی جگہ کوئی اور مادہ ہو تب ہم اس مساوات کو درج ذیل لکھتے۔

$$(2.25) \quad B = \mu H$$

مثال 2.2: شکل 2.6 میں خلائی درز میں کثافتِ مقناطیسی بہاؤ 0.1 ٹسلا درکار ہے۔ قالب کی  $\mu_r = \infty$  ہے اور خلائی درز کی لمبائی 1 ملی میٹر ہے۔ اگر قالب کے گرد برقی تار کے 100 چکر ہوں تب درکار برقی رو  $i$  کتنا ہو گا۔

<sup>25</sup> magnetic flux density

<sup>26</sup> magnetic field intensity

<sup>27</sup> Tesla: یہ اکائی سربیا کے نپولا ٹسلا کے نام ہے جنہوں نے برقی رو برقی طاقت عام کرنے میں اہم کردار ادا کیا

<sup>28</sup> ampere per meter

<sup>29</sup> field intensity

حل:

$$\tau = \phi \Re$$

$$Ni = \phi \left( \frac{l}{\mu_0 A} \right)$$

$$\frac{\phi}{A} = B = \frac{Ni\mu_0}{l}$$

لہذا

$$0.1 = \frac{100 \times i \times 4\pi 10^{-7}}{0.001}$$

$$i = \frac{0.1 \times 0.001}{100 \times 4\pi 10^{-7}} = 0.79567 \text{ A}$$

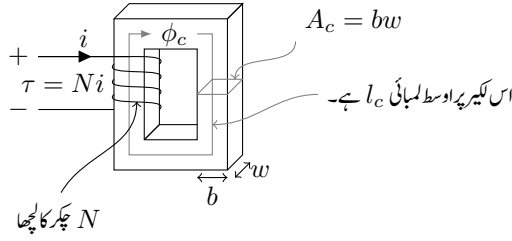
□

$i = 0.79567 \text{ A}$  برقی رو خلائی درز میں  $B = 0.1 \text{ T}$  کثافتِ مقناطیسی بہاؤ پیدا کرے گا۔

## 2.6 مقناطیسی دور حصہ دوم

شکل 2.7 میں ایک سادہ مقناطیسی نظام دکھایا گیا ہے جس میں قالب کی مقناطیسی مستقل کو محدود تصور کرتے ہیں۔ مقناطیسی دہاؤ  $\tau = Ni$  مقناطیسی قالب میں مقناطیسی بہاؤ  $\phi_c$  پیدا کرتا ہے۔ قالب کا رقبہ عمودی تراش  $A_c$  ہر جگہ ایک یکساں ہے اور قالب کی اوسط لمبائی  $l_c$  ہے۔ قالب میں مقناطیسی بہاؤ کا رخ فلیمینگ<sup>30</sup> کے دائیں ہاتھ کے قانون سے معلوم کیا جاسکتا ہے۔ اس قانون کو دو طریقوں سے بیان کیا جاسکتا ہے۔

- اگر ایک لچھے کو دائیں ہاتھ سے یوں پکڑا جائے کہ ہاتھ کی چار انگلیاں لچھے میں برقی رو کے رخ لپٹی ہوں تب انگوٹھا اُس مقناطیسی بہاؤ کے رخ ہو گا جو اس برقی رو کی وجہ سے وجود میں آیا ہو۔
- اگر ایک تار جس میں برقی رو کا گزر ہو کو دائیں ہاتھ سے یوں پکڑا جائے کہ انگوٹھا برقی رو کے رخ ہو تب باقی چار انگلیاں اُس مقناطیسی بہاؤ کے رخ لپٹی ہوں گی جو اس برقی رو کی وجہ سے پیدا ہوگا۔



شکل 2.7: سادہ مقناطیسی دور۔

ان دو بیانات میں پہلا بیان لچھے میں مقناطیسی بہاو کا ر ضعلوم کرنے کے لئے زیادہ آسان ثابت ہوتا ہے جبکہ سیدھی تار کے گرد مقناطیسی بہاو کا رخ دوسرے بیان سے زیادہ آسانی سے معلوم کیا جا سکتا ہے۔

قالب میں مقناطیسی بہاو گھڑی کے سمت میں ہے۔ مقناطیسی بہاو  $\phi$  کو شکل 2.7 میں تیر والے ہلکی سیاہی کے لکیر سے ظاہر کیا گیا ہے۔ قالب کی ہچکچاہٹ

$$\mathfrak{R}_c = \frac{l_c}{\mu_c A_c}$$

لکھتے ہوئے مقناطیسی بہاو

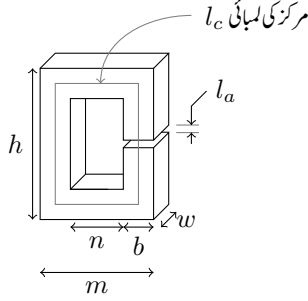
$$\phi_c = \frac{\tau}{\mathfrak{R}_c} = Ni \left( \frac{\mu_c A_c}{l_c} \right)$$

ہو گا۔ اس طرح ہم تمام نا معلوم متغیرات حاصل کر پائے ہیں۔

مثال 2.3: شکل 2.8 میں ایک مقناطیسی قالب دکھایا گیا ہے جس کی معلومات درج ذیل ہے۔

$$(2.26) \quad \text{قالب} = \begin{cases} h = 20 \text{ cm} & m = 10 \text{ cm} \\ n = 8 \text{ cm} & w = 2 \text{ cm} \\ l_a = 1 \text{ mm} & \mu_r = 40\,000 \end{cases}$$

قالب اور خلائی درز کی ہچکچاہٹیں حاصل کریں۔



$$A_a = A_c = bw$$

$$b = \frac{m - n}{2}$$

$$l_c = 2(h + n) - l_a$$

شکل 2.8: خلائی درز اور قالب کے ہچکچاہٹ۔

حل:

$$b = \frac{m - n}{2} = \frac{0.1 - 0.08}{2} = 0.01 \text{ m}$$

$$A_a = A_c = bw = 0.01 \times 0.02 = 0.0002 \text{ m}^2$$

$$l_c = 2(h + n) - l_a = 2(0.2 + 0.08) - 0.001 = 0.559 \text{ m}$$

$$\mathcal{R}_c = \frac{l_c}{\mu_r \mu_0 A_c} = \frac{0.559}{40000 \times 4\pi 10^{-7} \times 0.0002} = 55\,598 \text{ A} \cdot \text{t/Wb}$$

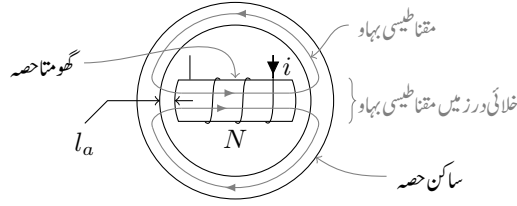
$$\mathcal{R}_a = \frac{l_a}{\mu_0 A_a} = \frac{0.001}{4\pi 10^{-7} \times 0.0002} = 3\,978\,358 \text{ A} \cdot \text{t/Wb}$$

ہم دیکھتے ہیں اگرچہ قالب کی لمبائی خلائی درز کی لمبائی سے 559 گنا زیادہ ہے تب بھی خلائی درز کی ہچکچاہٹ 71 گنا زیادہ ہے۔ یوں  $\mathcal{R}_a \gg \mathcal{R}_c$  ہو گا۔

مثال 2.4: شکل 2.9 سے رجوع کریں۔ خلائی درز 5 ملی میٹر لمبا ہے اور گھومتے حصہ پر 1000 چکر ہیں۔ خلائی درز میں 0.95 T کثافتِ برقی بہاؤ حاصل کرنے کی خاطر درکار برقی رو معلوم کریں۔

حل: اس شکل میں گھومتے مشین، مثلاً موٹر، کی ایک سادہ صورت دکھائی گئی ہے۔ ایسی مشینوں کا بیرونی حصہ ساکن رہتا ہے لہذا اس حصے کو مشین کا ساکن حصہ<sup>31</sup> کہتے ہیں۔ ساکن حصے کے اندر مشین کا گھومتا حصہ پایا جاتا ہے لہذا اس حصے کو مشین کا گھومتا حصہ<sup>32</sup> کہتے ہیں۔ اس مثال میں ان دونوں حصوں کا  $\mu_r = \infty$  ہے لہذا ان کی ہچکچاہٹ صفر

<sup>31</sup> stator  
<sup>32</sup> rotor



شکل 2.9: سادہ گھومنے والا مشین

ہو گی۔ مقناطیسی بہاؤ کو ہلکی سیابی کی لکیر سے ظاہر کیا گیا ہے۔ مقناطیسی بہاؤ کی ایک مکمل چکر کے دوران مقناطیسی بہاؤ دو خلائی درزوں سے گزرتا ہے۔ یہ دو خلائی درز ہر لحاظ سے ایک جیسے ہیں لہذا ان دونوں خلائی درز کی ہچکچاہٹ بھی ایک دوسرے کے برابر ہوں گی۔ مزید دونوں خلائی درزوں کی ہچکچاہٹ سلسلہ وار ہیں۔ شکل 2.9 میں مقناطیسی بہاؤ کو گھومتے حصہ، ساکن حصہ اور دو خلائی درزوں سے گزرتا ہوا دکھایا گیا ہے۔ خلائی درز کی لمبائی  $l_a$  بہت کم ہے لہذا خلائی درز کا عمودی رقبہ تراش  $A_a$  وہی ہو گا جو گھومتے حصہ کا ہے یعنی  $A_a = A_c$  ہو گا۔

ایک خلائی درز کی ہچکچاہٹ

$$\mathcal{R}_a = \frac{l_a}{\mu_0 A_a} = \frac{l_a}{\mu_0 A_c}$$

ہے لہذا دو سلسلہ وار خلائی درزوں کی کل ہچکچاہٹ درج ذیل ہو گی۔

$$\mathcal{R}_s = \mathcal{R}_a + \mathcal{R}_a = \frac{2l_a}{\mu_0 A_c}$$

خلائی درز میں مقناطیسی بہاؤ  $\phi_a$  اور کشاف مقناطیسی بہاؤ  $B_a$  درج ذیل ہوں گے۔

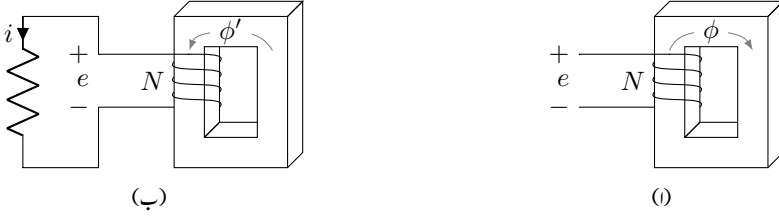
$$\phi_a = \frac{\tau}{\mathcal{R}_s} = (Ni) \left( \frac{\mu_0 A_c}{2l_a} \right)$$

$$B_a = \frac{\phi_a}{A_a} = \frac{\mu_0 Ni}{2l_a}$$

اس مساوات میں اعداد استعمال کرتے ہیں۔

$$0.95 = \frac{4\pi \times 10^{-7} \times 1000 \times i}{2 \times 0.005}$$

$$i = \frac{0.95 \times 2 \times 0.005}{4\pi \times 10^{-7} \times 1000} = 7.56 \text{ A}$$



شکل 2.10: قالب میں مقناطیسی بہاو میں تبدیلی لچھے میں برقی دباؤ پیدا کرتی ہے۔

□

موٹر اور جنریٹروں کی خلاء میں تقریباً ایک ٹیلا کثافت برقی بہاو ہوتی ہے۔

## 2.7 خود امالہ، مشترکہ امالہ اور توانائی

مقناطیسی بہاو کی وقت کے ساتھ تبدیلی برقی دباؤ کو جنم دیتی ہے۔ لہذا شکل 2.10-ا کے قالب میں مقناطیسی بہاو  $\phi$  کی تبدیلی کی بنا لچھے میں برقی دباؤ  $e$  پیدا ہو گا جو لچھے کے سروں پر نمودار ہو گا۔ اس طرح پیدا ہونے والی برقی دباؤ کو امالہ برقی دباؤ<sup>33</sup> کہتے ہیں۔ قانون فیراڈے<sup>34</sup> کے تحت<sup>35</sup> درج ذیل ہو گا۔

$$(2.27) \quad e = N \frac{\partial \phi}{\partial t} = \frac{\partial \lambda}{\partial t}$$

امالی برقی دباؤ کو منبع برقی دباؤ تصور کریں۔

امالی برقی دباؤ کی سمت کا تعین یوں کیا جاتا ہے کہ اگر دیئے گئے لچھے کی سروں کو کسر دور<sup>36</sup> کیا جائے تو اس میں برقی رواں رخ ہو گی جو مقناطیسی بہاو کی تبدیلی کو روکے۔ یوں اگر شکل 2.10-ا میں بہاو کی سمت گھڑی کی سوئیوں کے گھومنے کے رخ ہو اور اگر بہاو بڑھ رہا ہو تب بہاو کی تبدیلی کے مخالف بہاو پیدا کرنے کی خاطر لچھے کا بالائی سر مثبت دباؤ پر ہو گا۔ شکل 2.10-ب میں لچھے کے سروں کے بیچ مزاحمت نسب کیا گیا ہے۔ لچھے کو منبع دباؤ تصور کرتے ہوئے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ مزاحمت میں رو کی سمت قالب میں گھڑی کی الٹ رخ بہاو  $\phi'$  پیدا کرے گا۔

<sup>33</sup> induced voltage

<sup>34</sup> Faraday's law

<sup>35</sup> ہاگل فیراڈے انگلستانی سائنسدان تھے جنہوں نے حرکت برقی دباؤ دریافت کی

<sup>36</sup> short circuit

قالب میں مقناطیسی بہاؤ  $\phi$  لچھے کے تمام چکروں کے اندر سے گزرتا ہے۔  $N\phi$  کو لچھے کی ارتباط بہاؤ  $\lambda$  کہتے ہیں جس کی اکائی ویبر۔ چکر<sup>38</sup> ہے۔

$$(2.28) \quad \lambda = N\phi$$

جن مقناطیسی ادوار میں مقناطیسی مستقل  $\mu$  کو اٹل مقدار تصور کیا جاسکے یا جن میں خلائی درز کی ہچکچاہٹ قالب کی ہچکچاہٹ سے بہت زیادہ ہو  $\mathbb{R}_a \gg \mathbb{R}_c$  ان میں لچھے کی امالہ  $L$ <sup>39</sup> کی تعریف درج ذیل ہے۔

$$(2.29) \quad L = \frac{\lambda}{i}$$

امالہ کی اکائی ویبر۔ چکر فی ایمپیئر ہے جس کو ہینری<sup>40</sup>  $H$  کا نام دیا گیا ہے۔ یوں  $\lambda = N\phi$  ،  $\phi = B_c A_c$  اور  $\phi = \frac{Ni}{\mathbb{R}}$  پر کرتے ہوئے درج ذیل حاصل ہوتا ہے

$$(2.30) \quad L = \frac{N\phi}{i} = \frac{NB_c A_c}{i} = \frac{N^2 \mu_0 A_a}{l_a}$$

جہاں قالب کا رقبہ عمودی تراش  $A_c$  اور درز کا رقبہ عمودی تراش  $A_a$  ایک دوسرے کے برابر لیے گئے ہیں۔

مثال 2.5: شکل 2.11 میں  $b = 5 \text{ cm}$ ,  $w = 4 \text{ cm}$ ,  $l_a = 3 \text{ mm}$  جبکہ لچھے کے 1000 چکر اور قالب کی اوسط لمبائی  $l_c = 30 \text{ cm}$  ہے۔ درج ذیل دو صورتوں میں لچھے کی امالہ تلاش کریں۔

• قالب کی  $\mu_r = \infty$  ہے۔

• قالب کی  $\mu_r = 500$  ہے۔

حل: (i) قالب کی  $\mu_r = \infty$  کی بنا قالب کی ہچکچاہٹ نظر انداز کی جاسکتی ہے۔ یوں امالہ درج ذیل ہو گی۔

$$\begin{aligned} L &= \frac{N^2 \mu_0 w b}{l_a} \\ &= \frac{1000^2 \times 4\pi 10^{-7} \times 0.04 \times 0.05}{0.003} \\ &= 0.838 \text{ H} \end{aligned}$$

flux linkage<sup>37</sup>

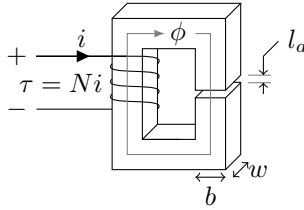
weber-turn<sup>38</sup>

inductance<sup>39</sup>

Henry<sup>40</sup>

<sup>41</sup> امریکی سائنسدان جوزف ہینری جنہوں نے مانگل فیروڈ سے علیحدہ طور پر محرک برقی دہاؤ دریافت کی





شکل 2.11: مالہ (مثال 2.5)

(ب)  $\mu_r = 500$  کی صورت میں قالب کی ہچکچاہٹ قابل نظر انداز نہیں ہوگی۔ خلاء اور قالب کی ہچکچاہٹ دریافت کرتے ہیں۔

$$\mathfrak{R}_a = \frac{l_a}{\mu_0 w b} = \frac{0.003}{4\pi 10^{-7} \times 0.04 \times 0.05} = 1193507 \text{ A} \cdot \text{t/Wb}$$

$$\mathfrak{R}_c = \frac{l_c}{\mu_r \mu_0 w b} = \frac{0.3}{500 \times 4\pi 10^{-7} \times 0.04 \times 0.05} = 238701 \text{ A} \cdot \text{t/Wb}$$

یوں درج ذیل ہوگا۔

$$\phi = \frac{Ni}{\mathfrak{R}_a + \mathfrak{R}_c}$$

$$\lambda = N\phi = \frac{N^2 i}{\mathfrak{R}_a + \mathfrak{R}_c}$$

$$L = \frac{\lambda}{i} = \frac{N^2}{\mathfrak{R}_a + \mathfrak{R}_c} = \frac{1000^2}{1193507 + 238701} = 0.698 \text{ H}$$

□

مثال 2.6: شکل 2.12 میں ایک پیچدار لچھا<sup>42</sup> دکھایا گیا ہے جس کی جسامت درج ذیل ہے۔

$$N = 11, r = 0.49 \text{ m}, l = 0.94 \text{ m}$$

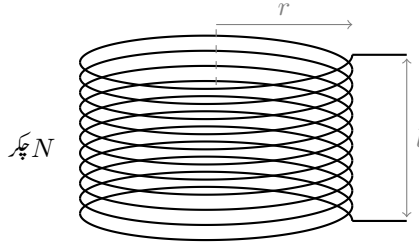
پیچدار لچھے کے اندر مقناطیسی بہاؤ  $\phi$  کا بیشتر حصہ محوری رخ ہوتا ہے۔ لچھے کے باہر بھی بہاؤ پوری کائنات سے گزرتے ہوئے واپس لچھے میں داخل ہوتا ہے۔ چونکہ پوری کائنات کا رقبہ عمودی تراش  $A$  لامتناہی ہے لہذا لچھے کے باہر کثافت مقناطیسی بہاؤ  $B = \frac{\phi}{A}$  کی مقدار قابل نظر انداز ہوتی ہے۔ لچھے کے اندر محوری رخ مقناطیسی شدت

<sup>42</sup>spiral coil

درج ذیل ہوگی۔

$$H = \frac{Ni}{l}$$

اس لچھے کی خود امالہ حاصل کریں۔



شکل 2.12: پیچدار لچھا

حل:

$$B = \mu_0 H = \frac{\mu_0 N i}{l}$$

$$\phi = B \pi r^2 = \frac{\mu_0 N i \pi r^2}{l}$$

$$\lambda = N \phi = \frac{\mu_0 N^2 i \pi r^2}{l}$$

$$L = \frac{\lambda}{i} = \frac{\mu_0 N^2 \pi r^2}{l}$$

عددی  $N$ ،  $r$  اور  $l$  کی قیمتیں پر کرتے ہوئے درج ذیل امالہ حاصل ہوگا<sup>43</sup>۔

$$L = \frac{4\pi 10^{-7} \times 11^2 \times \pi \times 0.49^2}{0.94} = 122 \mu\text{H}$$

□

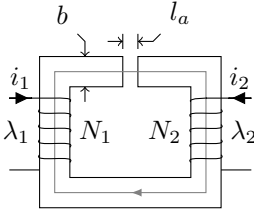
شکل 2.13 میں دو لچھے والا ایک مقناطیسی دور دکھایا گیا ہے۔ ایک لچھے کے چکر  $N_1$  اور اس میں برقی رو  $i_1$  ہے، دوسرا لچھا  $N_2$  چکر کا ہے اور اس میں برقی رو  $i_2$  ہے۔ دونوں لچھوں میں مثبت برقی رو قالب میں ایک جیسے

<sup>43</sup> یہ پیچدار لچھا میں نے 3000 کلو گرام لوہا بکھلانے والی بجلی میں استعمال کیا ہے۔

رخ مقناطیسی دباؤ پیدا کرتے ہیں۔ اگر قالب کا  $\mathcal{R}_c$  قابل نظر انداز ہو تب مقناطیسی بہاؤ  $\phi$  درج ذیل ہو گا۔

$$(2.31) \quad \phi = (N_1 i_1 + N_2 i_2) \frac{\mu_0 A_a}{l_a}$$

دونوں لچھوں کے مجموعی مقناطیسی دباؤ یعنی  $N_1 i_1 + N_2 i_2$  سے پیدا ہونے والا مقناطیسی بہاؤ  $\phi$  ہے۔ اس مقناطیسی



موٹائی =  $b$   
گہرائی =  $w$

$$A_a = A_c = bw$$

$$\lambda_1 = N_1 \phi$$

$$\lambda_2 = N_2 \phi$$

$$\phi = \frac{N_1 i_1 + N_2 i_2}{\mathcal{R}_a + \mathcal{R}_c}$$

شکل 2.13: دو لچھے والا مقناطیسی دور۔

بہاؤ کا پہلے لچھے کے ساتھ ارتباط

$$(2.32) \quad \lambda_1 = N_1 \phi = N_1^2 \frac{\mu_0 A_a}{l_a} i_1 + N_1 N_2 \frac{\mu_0 A_a}{l_a} i_2$$

یعنی

$$(2.33) \quad \lambda_1 = L_{11} i_1 + L_{12} i_2$$

ہے جہاں  $L_{11}$  اور  $L_{12}$  سے مراد درج ذیل ہے۔

$$(2.34) \quad L_{11} = N_1^2 \frac{\mu_0 A_a}{l_a}$$

$$(2.35) \quad L_{12} = N_1 N_2 \frac{\mu_0 A_a}{l_a}$$

$L_{11}$  پہلے لچھے کی خود امالہ<sup>44</sup> ہے اور  $L_{11} i_1$  اس لچھے کی اپنے برقی رو  $i_1$  سے پیدا مقناطیسی بہاؤ کے ساتھ ارتباط بہاؤ ہے جسے خود ارتباط بہاؤ<sup>45</sup> کہتے ہیں۔  $L_{12}$  ان دونوں لچھوں کا مشترکہ امالہ<sup>46</sup> ہے اور  $L_{12} i_2$  لچھا-1 کے ساتھ  $i_2$  سے

self inductance<sup>44</sup>  
self flux linkage<sup>45</sup>  
mutual inductance<sup>46</sup>

پیدا بہاو کے ساتھ ارتباط بہاو ہے جسے مشترکہ ارتباط بہاو<sup>47</sup> کہتے ہیں۔ بالکل اسی طرح ہم دوسرے لچھے کے لئے درج ذیل لکھ سکتے ہیں

$$\begin{aligned}\lambda_2 &= N_2 \phi = N_2 N_1 \frac{\mu_0 A_a}{l_a} i_1 + N_2^2 \frac{\mu_0 A_a}{l_a} i_2 \\ (2.36) \quad &= L_{21} i_1 + L_{22} i_2\end{aligned}$$

جہاں  $L_{21}$  اور  $L_{22}$  سے مراد درج ذیل ہے۔

$$(2.37) \quad L_{22} = N_2^2 \frac{\mu_0 A_a}{l_a}$$

$$(2.38) \quad L_{21} = L_{12} = N_2 N_1 \frac{\mu_0 A_a}{l_a}$$

$L_{22}$  لچھا-2 کی خود امالہ اور  $L_{21} = L_{12}$  دونوں لچھوں کی مشترکہ امالہ ہے۔ امالہ کا تصور اس وقت کارآمد ہوتا ہے جب مقناطیسی مستقل  $\mu$  کو اٹل تصور کرنا ممکن ہو۔

مساوات 2.29 کو مساوات 2.27 میں پر کرتے ہیں۔

$$(2.39) \quad e = \frac{\partial \lambda}{\partial t} = \frac{\partial (Li)}{\partial t}$$

اگر امالہ کی قیمت اٹل ہو جیسا کہ ساکن مشینوں میں ہوتا ہے تب ہمیں امالہ کی جانی پہچانی مساوات

$$(2.40) \quad e = L \frac{\partial i}{\partial t}$$

ملتی ہے۔ اگر امالہ بھی تبدیل ہو جیسا کہ موٹروں اور جزیروں میں ہوتا ہے تب درج ذیل ہو گا۔

$$(2.41) \quad e = L \frac{\partial i}{\partial t} + i \frac{\partial L}{\partial t}$$

توانائی<sup>48</sup> کی اکائی جاول<sup>49</sup>  $J$  ہے اور طاقت<sup>51</sup> کی اکائی<sup>52</sup> جاول فی سیکنڈ یا واٹ<sup>53</sup>  $W$  ہے۔

<sup>47</sup>mutual flux linkage

<sup>48</sup>energy

<sup>49</sup>Joule

<sup>50</sup>تیس پریسٹوٹ جاول انگلستانی سائنسدان جنہوں نے حرارت اور میکانیکی کام کا رشتہ دریافت کیا

<sup>51</sup>power

<sup>52</sup>کالڈینز کے جیمزوات جنہوں نے بخارات پر چلنے والے انجن پر کام کیا

<sup>53</sup>Watt

اس کتاب میں توانائی یا کام کو  $W$  سے ظاہر کیا جائے لیکن طاقت کی اکائی واٹ  $W$  کے لئے بھی یہی علامت استعمال ہوتی ہے۔ امید کی جاتی ہے کہ متن سے اصل مطلب جاننا ممکن ہو گا۔

وقت کے ساتھ توانائی کی تبدیلی کی شرح کو طاقت کہتے ہیں۔ اس طرح درج ذیل لکھا جا سکتا ہے۔

$$(2.42) \quad p = \frac{dW}{dt} = ie = i \frac{\partial \lambda}{\partial t}$$

مقناطیسی دور میں لمحہ  $t_1$  تا  $t_2$  مقناطیسی توانائی کی تبدیلی کو مکمل کے ذریعہ حاصل کیا جا سکتا ہے:

$$(2.43) \quad \Delta W = \int_{t_1}^{t_2} p dt = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} i d\lambda$$

اگر مقناطیسی دور میں ایک ہی لچھا ہو اور دور میں امالہ کی قیمت اٹل ہو تب درج ذیل ہو گا۔

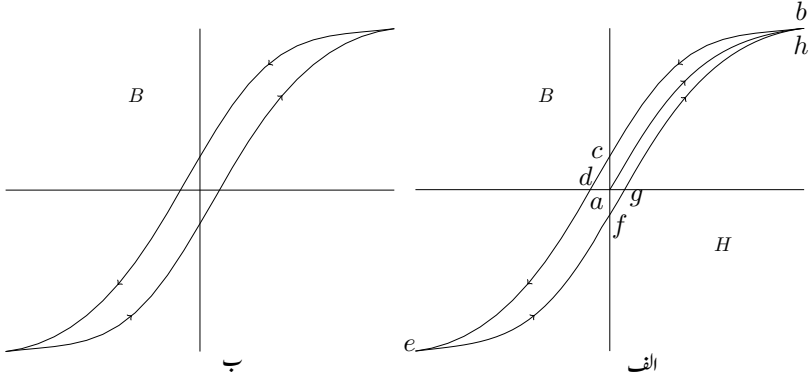
$$(2.44) \quad \Delta W = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} i d\lambda = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{\lambda}{L} d\lambda = \frac{1}{2L} (\lambda_2^2 - \lambda_1^2)$$

اگر لمحہ  $t_1$  پر  $\lambda_1 = 0$  تصور کیا جائے تب کسی دیئے گئے  $\lambda$  پر مقناطیسی توانائی درج ذیل ہو گی۔

$$(2.45) \quad \Delta W = \frac{\lambda^2}{2L} = \frac{Li^2}{2}$$

## 2.8 مقناطیسی مادہ کے خصوصیات

قالب کی استعمال سے دو فوائد حاصل ہوتے ہیں۔ قالب کے استعمال سے کم مقناطیسی دباؤ، زیادہ مقناطیسی بہاو پیدا کرتا ہے اور مقناطیسی بہاو کو پسند کی راہ پابند کیا جا سکتا ہے۔ ایک مرحلہ ٹرانسفارمر میں قالب کی استعمال سے مقناطیسی بہاو کو یوں پابند کیا جاتا ہے کہ تمام لچھوں میں یکساں بہاو پایا جاتا ہو۔ موٹروں میں قالب کی استعمال سے مقناطیسی بہاو کو یوں پابند کیا جاتا ہے کہ زیادہ سے زیادہ قوت پیدا ہو جبکہ جزیروں میں زیادہ سے زیادہ برقی دباؤ حاصل کرنے کی نیت سے بہاو کو پابند کیا جاتا ہے۔ مقناطیسی مواد کی  $B$  اور  $H$  کا تعلق ترسیم کی صورت میں پیش کیا جاتا ہے۔



شکل 2.14:  $B - H$  خطوط یا مقناطیسی چال کے دائرے

لوہا نما مقناطیسی مادے کی  $B - H$  ترسیم شکل 2.14-الف میں دکھائی گئی ہے۔ ایک لوہا نما مقناطیسی مادہ جس میں مقناطیسی اثر نہیں پایا جاتا ہو کو نقطہ  $a$  سے ظاہر کیا گیا ہے۔ اس نقطہ پر

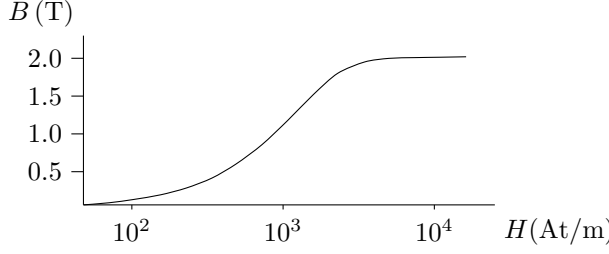
$$(2.46) \quad \begin{aligned} H_a &= 0 \\ B_a &= 0 \end{aligned}$$

ہیں۔

ایسے مادہ کو لچھے میں رکھ کر اس پر مقناطیسی دباؤ لاگو کی جاسکتی ہے۔ مقناطیسی میدان کی شدت  $H$  لاگو کرنے سے لوہا نما مقناطیسی مادے میں کثافت مقناطیسی بہاؤ  $B$  پیدا ہوگی۔ میدانی شدت بڑھانے سے کثافت مقناطیسی بہاؤ بھی بڑھے گی۔ اس عمل کو نقطہ  $a$  سے شروع ایک نوکدار خط سے دکھایا گیا ہے۔ میدانی شدت کو نقطہ  $b$  تک بڑھایا گیا ہے جہاں یہ غیر سمتیں  $H_b$  اور  $B_b$  ہیں۔

اگر اس نقطہ تک پہنچنے کے بعد میدانی شدت کم کی جائے تو دیکھا یہ گیا ہے کہ واپسی کا خط مختلف راستہ اختیار کرتا ہے۔ یوں نقطہ  $b$  سے میدانی شدت کم کرتے ہوئے صفر کرنے سے لوہا نما مادہ کی کثافت مقناطیسی بہاؤ کم ہو کر نقطہ  $c$  پر آ پہنچتی ہے۔ نقطہ  $b$  سے نقطہ  $c$  تک نوکدار خط اس عمل کو ظاہر کرتا ہے۔ اس نقطہ پر بیرونی میدانی شدت صفر ہے لیکن لوہا نما مادے کی کثافت مقناطیسی بہاؤ صفر نہیں ہے۔ یہ اب ایک مقناطیس بن گیا ہے جس کی کثافت مقناطیسی بہاؤ  $B_c$  ہے۔ اس مقدار کو بقایا کثافت مقناطیسی بہاؤ<sup>54</sup> کہتے ہیں۔ مصنوعی مقناطیس اسی طرح بنایا جاتا ہے۔

<sup>54</sup>magnetic flux/residual



شکل 2.15:  $M5$  سٹیل کی  $0.3048$  ملی میٹر موٹی پٹری کا خط۔ میدان شدت کا پیمانہ لاگ ہے۔

یہاں سے میدان شدت منفی رخ بڑھانے سے  $B$  کم ہوتے ہوئے آخر کار ایک مرتبہ دوبارہ صفر ہو جائے گی۔ اس نقطہ کو  $d$  سے ظاہر کیا گیا ہے۔ مقناطیسیت ختم کرنے کے لئے درکار میدان شدت کی مقدار  $|H_d|$  کو مقناطیسیت ختم کرنے والی شدت یا غائم شدت<sup>55</sup> کہتے ہیں۔

منفی رخ میدان شدت بڑھانے سے نقطہ  $e$  حاصل ہوتا ہے جہاں سے منفی رخ کی میدان شدت کی مقدار ایک مرتبہ پھر کم کی جاتی ہے۔ یوں نقطہ  $f$  حاصل ہوتا ہے جہاں میدان شدت صفر ہونے کے باوجود کثافتِ مقناطیسی بہاؤ صفر نہیں۔ اس نقطہ پر لوہا نمادہ الٹ رخ مقناطیس بن چکا ہے اور  $B_f$  بقایا کثافتِ مقناطیسی بہاؤ ہے۔ اسی طرح اس رخ مقناطیسیت ختم کرنے کی شدت  $|H_g|$  ہے۔ میدان شدت بڑھاتے ہوئے ہم نقطہ  $b$  کی بجائے نقطہ  $h$  پہنچتے ہیں۔

اگر برقی شدت کو متواتر اسی طرح پہلے ایک رخ اور پھر اس کے الٹ رخ ایک خاص حد تک لے جایا جائے تو آخر کار  $B - H$  خط ایک بند دائرہ کی صورت اختیار کر لیتا ہے جسے شکل 2.14-ب میں دکھایا گیا ہے۔ شکل 2.14-ب کو مقناطیسی چال کا دائرہ<sup>56</sup> کہتے ہیں۔

مختلف  $H$  کے لئے شکل 2.14-ب حاصل کر کے ایک ہی کاغذ پر کھینچنے کے بعد ان تمام کے  $b$  نقطے جوڑنے سے شکل 2.15 میں دکھایا  $B - H$  خط حاصل ہوتا ہے۔ شکل 2.15 میں ٹرانسفارمر میں استعمال ہونے والی  $0.3048$  ملی میٹر موٹی  $M5$  قالب کی پٹری کا  $B - H$  خط دکھایا گیا ہے۔ اس خط میں موجود مواد جدول 2.1 میں بھی دیا گیا ہے۔ عموماً مقناطیسی مسائل حل کرتے ہوئے شکل 2.14 کی جگہ شکل 2.15 طرز کا خط استعمال کیا جاتا ہے۔ دھیان رہے کہ اس خط میں  $H$  کا پیمانہ لاگ<sup>57</sup> میں دکھایا گیا ہے۔

coercivity<sup>55</sup>  
hysteresis loop<sup>56</sup>  
log<sup>57</sup>

لوہا نما مقناطیسی مادے پر لاگو مقناطیسی شدت بڑھانے سے کشافیتِ مقناطیسی بہاو بڑھنے کی شرح بتدریج کم ہوتی جاتی ہے حتیٰ کہ آخر کار یہ شرح خلاء کی شرح  $\mu_0$  رہ جاتی ہے یعنی

$$(2.47) \quad \frac{\Delta B}{\Delta H} = \mu_0$$

اس اثر کو سیہ ایبٹ<sup>58</sup> کہتے ہیں جو شکل 2.15 میں واضح ہے۔

شکل 2.14 سے واضح ہے کہ  $H$  کی کسی بھی قیمت پر  $B$  کے دو ممکنہ قیمتیں ہوں گی۔ بڑھتے مقناطیسی بہاو کی صورت میں ترسیم میں نیچے سے اوپر جانے والا خط  $B$  اور  $H$  کا تعلق پیش کرے گا جبکہ گھٹے ہوئے مقناطیسی بہاو کی صورت میں اوپر سے نیچے جانے والا خط اس تعلق کو پیش کرے گا۔ چونکہ  $\mu = B/H$  ہے لہذا  $B$  کی مقدار تبدیل ہونے سے  $\mu$  بھی تبدیل ہوگی۔ باوجود اس کے ہم مقناطیسی ادوار میں  $\mu$  کو ایک مستقل تصور کرتے ہیں۔ یہ تصور کر لینے سے عموماً جواب پر زیادہ اثر نہیں پڑتا۔

مثال 2.7: شکل 2.15 یا اس کے مساوی جدول 2.1 میں دیئے گئے مواد کو استعمال کرتے ہوئے شکل 2.6 کی خلاء میں ایک ٹسلا اور دو ٹسلا کشافیتِ مقناطیسی بہاو حاصل کرنے کے لئے درکار برقی رو معلوم کریں۔ اس شکل میں

$$b = 5 \text{ cm}, w = 4 \text{ cm}, l_a = 3 \text{ mm}, l_c = 30 \text{ cm}, N = 1000$$

ہیں۔ قالب اور خلاء کا رقبہ عمودی تراش ایک دوسرے جتنا لیں۔

حل: ایک ٹسلا کے لئے۔

جدول 2.1 سے ہم دیکھتے ہیں کہ قالب میں 1 ٹسلا حاصل کرنے کے لئے قالب کو 11.22 ایمپیئر-چکر فی  $H$  میٹر درکار ہے۔ یوں 30 سم لمبے قالب کو  $3.366 \times 11.22 = 37.66$  ایمپیئر-چکر درکار ہوں گے۔

خلاء کو

$$H = \frac{B}{\mu_0} = \frac{1}{4\pi \times 10^{-7}} = 795671$$

ایمپیئر-چکر فی میٹر درکار ہیں۔ لہذا 3 ملی میٹر لمبی خلاء کو  $2387 = 0.003 \times 795671$  ایمپیئر-چکر درکار ہوں گے۔ یوں کل ایمپیئر-چکر  $3.366 + 2387 = 2390.366$  ہیں جن سے

$$i = \frac{2390.366}{1000} = 2.39 \text{ A}$$



$B$	$H$	$B$	$H$	$B$	$H$	$B$	$H$	$B$	$H$	$B$	$H$
0.000	0	0.700	9	1.480	30	1.720	200	1.852	1000	1.998	9000
0.040	2	0.835	10	1.540	40	1.752	300	1.900	2000	2.000	10000
0.095	3	1.000	11.22	1.580	50	1.780	400	1.936	3000	2.020	20000
0.160	4	1.100	12.59	1.601	60	1.800	500	1.952	4000	2.040	30000
0.240	5	1.200	14.96	1.626	70	1.810	600	1.968	5000	2.048	40000
0.330	6	1.300	17.78	1.640	80	1.824	700	1.975	6000	2.060	50000
0.440	7	1.340	20	1.655	90	1.835	800	1.980	7000	2.070	60000
0.560	8	1.400	23.77	1.662	100	1.846	900	1.985	8000	2.080	70000

جدول 2.1: مقناطیسی بہاؤ بالقابل شدت

حاصل ہوتا ہے۔

حل: دو ٹسلا کے لئے۔

جدول 2.1 سے ہم دیکھتے ہیں کہ قالب میں 2 ٹسلا حاصل کرنے کے لئے قالب کو 10000 ایمپیئر-چکر فی میٹر  $H$  درکار ہے۔ یوں 30 سم لمبے قالب کو  $3000 = 0.3 \times 10000$  ایمپیئر چکر درکار ہیں۔ خلاء کو

$$H = \frac{B}{\mu_0} = \frac{2}{4\pi 10^{-7}} = 1591342$$

ایمپیئر-چکر فی میٹر درکار ہیں۔ لہذا 3 ملی میٹر لمبی خلاء کو  $4774 = 0.003 \times 1591342$  ایمپیئر چکر درکار ہیں۔ یوں کل ایمپیئر-چکر  $7774 = 3000 + 4774$  ہیں جن سے

$$i = \frac{7774}{1000} = 7.774 \text{ A}$$

حاصل ہوتا ہے۔

□

اس مثال میں مقناطیسی سیرانیت کے اثرات واضح ہیں۔

## 2.9 ہیجان شدہ لچھا

عموماً بدلتی رو بجلی میں برقی دباؤ اور مقناطیسی بہاؤ سائن نما ہوتے ہیں یعنی یہ وقت کے ساتھ  $\sin \omega t$  یا  $\cos \omega t$  کا تعلق رکھتے ہیں۔ اس سبق میں ہم بدلتی رو سے لچھے کو ہیجان کرنا اور اس سے نمودار ہونے والے برقی توانائی کے ضیاع کا تذکرہ کریں گے۔ ہم فرض کرتے ہیں کہ قالب میں کثافتِ مقناطیسی بہاؤ درج ذیل ہے۔

$$(2.48) \quad B = B_0 \sin \omega t$$

یوں قالب میں بدلتا مقناطیسی بہاؤ  $\varphi$  درج ذیل ہو گا۔

$$(2.49) \quad \varphi = A_c B = A_c B_0 \sin \omega t = \phi_0 \sin \omega t$$

اس مساوات میں مقناطیسی بہاؤ کا حیث  $\phi_0$  اور  $B$  کا حیث  $B_0$  ہیں۔  $A_c$  قالب کا رقبہ عمودی تراش ہے جو ہر جگہ یکساں ہے۔  $\omega = 2\pi f$  ہے جہاں  $f$  تعدد ہے۔

فیراڈے کے قانون یعنی مساوات 2.27 کے تحت اس مقناطیسی بہاؤ کی وجہ سے لچھے میں  $e(t)$  برقی دباؤ پیدا ہو گا

$$(2.50) \quad \begin{aligned} e(t) &= \frac{\partial \lambda}{\partial t} \\ &= \omega N \phi_0 \cos \omega t \\ &= \omega N A_c B_0 \cos \omega t \\ &= E_0 \cos \omega t \end{aligned}$$

جس کا حیث

$$(2.51) \quad E_0 = \omega N \phi_0 = 2\pi f N A_c B_0$$

ہے۔  $e(t)$  کو امپلٹڈ برقی دباؤ<sup>59</sup> کہتے ہیں۔

ہم بدلتی رو مقداروں کے مربع کی اوسط کے جذر میں دلچسپی رکھتے ہیں جو ان مقداروں کی موثر<sup>60</sup> قیمت ہوتی ہے۔ جیسا صفحہ 19 پر مساوات 1.42 میں دیکھا گیا ہے، ایک سائن نما موج کی موثر قیمت اس کے حیث کے  $1/\sqrt{2}$  گنا ہوتی ہے لہذا امپلٹڈ برقی دباؤ کی موثر قیمت  $E_{rms}$  درج ذیل ہو گی۔

$$(2.52) \quad E_{rms} = \frac{E_0}{\sqrt{2}} = \frac{2\pi f N A_c B_0}{\sqrt{2}} = 4.44 f N A_c B_0$$

induced voltage<sup>59</sup>  
root mean square, rms<sup>60</sup>

یہ مساوات بہت اہمیت رکھتی ہے جس کو ہم بار بار استعمال کریں گے۔ بدلتی برقی دباؤ یا بدلتی برقی رو کی مقدار کا جب بھی ذکر ہو، یہ ان کی مربع کی اوسط کے جذر یعنی اس کی موثر قیمت کا ذکر ہوتا ہے۔ پاکستان میں گھریلو برقی دباؤ 220 وولٹ ہے۔ اس کا مطلب ہے کہ اس برقی دباؤ کی موثر قیمت 220 وولٹ ہے۔ چونکہ یہ سائن نما ہے لہذا اس کی چوٹی  $311 = \sqrt{2} \times 220$  وولٹ ہے۔

مثال 2.8: شکل 2.7 میں 27 چکر ہیں۔ قالب کی لمبائی 30 سم جبکہ اس کا رقبہ عمودی تراش 229.253 مربع سم ہے۔ لچھے میں گھریلو 220 وولٹ موثر برقی دباؤ سے ہیجان پیدا کیا جاتا ہے۔ جدول 2.1 کی مدد سے مختلف برقی دباؤ پر محرک برقی رو معلوم کریں اور اس کا خط کھینچیں۔

حل: گھریلو برقی دباؤ 50 ہرٹز کی سائن نما موج ہوتی ہے یعنی:

$$(2.53) \quad v = \sqrt{2} \times 220 \cos(2\pi 50t)$$

مساوات 2.52 کی مدد سے ہم کثافتِ مقناطیسی بہاو کی چوٹی حاصل کرتے ہیں:

$$(2.54) \quad B_0 = \frac{220}{4.44 \times 50 \times 27 \times 0.0229253} = 1.601 \text{ T}$$

یوں قالب میں کثافتِ مقناطیسی بہاو صفر تا  $\pm 1.601$  ٹسلا تبدیل ہوتی رہتی ہے لہذا قالب میں کثافتِ مقناطیسی بہاو کی مساوات درج ذیل ہوگی۔

$$(2.55) \quad B = 1.601 \sin \omega t$$

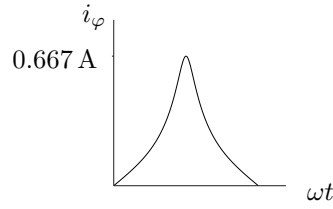
ہم فہرست کی مدد سے کثافتِ مقناطیسی بہاو کا 0 تا 1.601 ٹسلا مختلف قیمتوں پر درکار محرک برقی رو  $i_\phi$  معلوم کرنا چاہتے ہیں۔ ہم مختلف  $B$  پر جدول 2.1 سے قالب کی  $H$  حاصل کریں گے جو کہ ایک میٹر لمبی قالب کے لئے درکار ایمپیر۔ چکر دیتی ہے۔ اس سے 30 سم لمبی قالب کے لئے درکار ایمپیر۔ چکر حل کر کے برقی رو حاصل کریں گے۔

جدول 2.2 مختلف کثافتِ مقناطیسی بہاو کے لئے درکار محرک برقی رو دیتی ہے۔ جدول میں ہر  $B$  کی قیمت پر  $\omega t$  مساوات 2.55 کی مدد سے حاصل کی گئی ہے۔  $\omega t$  بالمقابل محرک برقی رو کا خط شکل 2.16 میں دیا گیا ہے۔ □

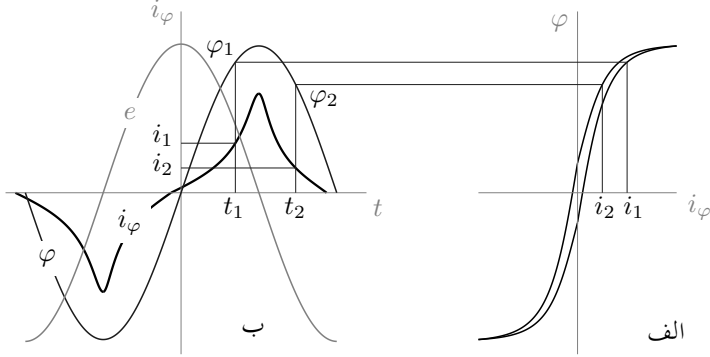
برقی لچھے میں برقی دباؤ سے ہیجان پیدا کیا جاتا ہے۔ ہیجان شدہ لچھے میں برقی رو کی بنا قالب میں مقناطیسی بہاو پیدا ہوتا ہے۔ اس برقی رو  $i_\phi$  کو ہیجان انگیز برقی رو<sup>61</sup> کہتے ہیں۔

$\omega t$	$B$	$H$	$0.3H$	$i_\varphi = \frac{0.3H}{27}$	$\omega t$	$B$	$H$	$0.3H$	$i_\varphi = \frac{0.3H}{27}$
0.675	1.000	11.22	3.366	0.125	0.000	0.000	0	0.000	0.000
0.757	1.100	12.59	3.777	0.140	0.025	0.040	2	0.600	0.022
0.847	1.200	14.96	4.488	0.166	0.059	0.095	3	0.900	0.033
0.948	1.300	17.78	5.334	0.198	0.100	0.160	4	1.200	0.044
0.992	1.340	20	6.000	0.222	0.150	0.240	5	1.500	0.056
1.064	1.400	23.77	7.131	0.264	0.208	0.330	6	1.800	0.067
1.180	1.480	30	9.000	0.333	0.278	0.440	7	2.100	0.078
1.294	1.540	40	12.000	0.444	0.357	0.560	8	2.400	0.089
1.409	1.580	50	15.000	0.556	0.453	0.700	9	2.700	0.100
1.571	1.601	60	18.000	0.667	0.549	0.835	10	3.000	0.111

جدول 2.2: محرک برقی رو



شکل 2.16: M5 پتری کے قالب میں 1.6 ٹسلا تک ہیجان پیدا کرنے کے لئے درکار ہیجان انگیز برقی رو۔



شکل 2.17: ہیجان انگیز برقی رو۔

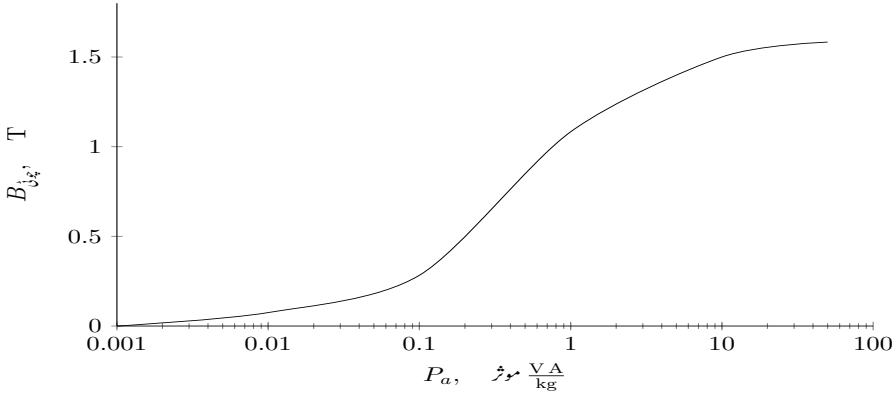
مثال 2.8 میں ہیجان انگیز برقی رو معلوم کی گئی جسے شکل 2.16 میں دکھایا گیا۔ اسے حاصل کرتے وقت مقناطیسی چال<sup>62</sup> کو نظر انداز کیا گیا۔ شکل 2.17 میں ہیجان انگیز برقی رو  $i_\phi$  دکھائی گئی ہے جو مقناطیسی چال کو مد نظر رکھ کر حاصل کی گئی ہے۔ اس کو سمجھنا نہایت ضروری ہے۔ شکل 2.17-الف میں مقناطیسی چال کا خط ہے۔ چونکہ

$$(2.56) \quad \begin{aligned} Hl &= Ni \\ \phi &= BA_c \end{aligned}$$

ہیں لہذا مقناطیسی چال کے خط کو  $i_\phi - \phi$  کا خط لکھا جاسکتا ہے۔ شکل 2.17-ب قالب میں سائن نما مقناطیسی بہاؤ  $\phi$  دکھا رہا ہے۔ سائن نما مقناطیسی بہاؤ وقت کے ساتھ تبدیل ہوتی ہے۔ لمحہ  $t_1$  پر اس کی مقدار  $\phi_1$  ہے۔ مقناطیسی بہاؤ  $\phi_1$  حاصل کرنے کے لئے درکار ہیجان انگیز برقی رو  $i_1$  شکل-الف سے حاصل کی جاسکتی ہے۔ اسی ہیجان انگیز برقی رو کو شکل-ب میں لمحہ  $t_1$  پر دکھایا گیا ہے۔

دھیان رہے کہ لمحہ  $t_1$  پر مقناطیسی بہاؤ بڑھ رہا ہے لہذا مقناطیسی چال کے خط کا صحیح حصہ استعمال کرنا ضروری ہے۔ شکل 2.17-الف میں  $i_\phi - \phi$  کے خط میں گھڑی کی سوئیوں کے الٹ رخ گھومتے ہوئے یوں نیچے سے اوپر جاتا ہوا حصہ استعمال کیا گیا ہے۔ مقناطیسی بہاؤ بڑھنے کی صورت میں شکل 2.14-ب میں نیچے سے اوپر جاتے ہوئے حصے پر تیر کا نشان صحیح حصہ دیتا ہے۔ اسی طرح مقناطیسی بہاؤ گھٹنے کی صورت میں اوپر سے نیچے جاتے ہوئے حصے پر تیر کا نشان صحیح حصہ دیتا ہے۔

<sup>62</sup> hysteresis



شکل 2.18: پچاس ہرٹز پر 0.3 ملی میٹر موٹی پٹری کے لئے درکار موثر دواؤں۔ اسپیرنی کلو گرام قالب

لحہ  $t_2$  پر مقناطیسی بہاؤ گھٹ رہا ہے۔ اس لحہ پر مقناطیسی بہاؤ  $\varphi_2$  ہے اور اسے حاصل کرنے کے لئے درکار ہیجان انگیز برقی رو  $i_2$  ہے۔

اسی طرح مختلف لمحات پر درکار ہیجان انگیز برقی رو حاصل کرنے سے شکل 2.17-ب میں دکھایا گیا  $i_\varphi$  کا خط ملتا ہے۔ یہ ایک غیر سائن نما خط ہے۔

آپ جانتے ہیں کہ اگر  $\varphi = \phi_0 \sin \omega t$  ہو تب برقی دباؤ  $e = N \frac{d\varphi}{dt} = N \phi_0 \omega \cos \omega t$  ہو گا۔ شکل 2.17-ب میں اس برقی دباؤ کو بھی دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ مقناطیسی بہاؤ برقی دباؤ سے  $90^\circ$  پیچھے ہے۔

قالب میں  $B = B_0 \sin \omega t$  کی صورت میں  $H$  اور  $i_\varphi$  غیر سائن نما ہوں گے جن کی موثر قیمتوں  $H_{c,rms}$  اور  $i_{\varphi,rms}$  کا تعلق درج ذیل ہو گا۔

$$(2.57) \quad N i_{\varphi,rms} = l_c H_{c,rms}$$

مساوات 2.52 اور مساوات 2.57 سے درج ذیل ملتا ہے۔

$$(2.58) \quad E_{rms} i_{\varphi,rms} = \sqrt{2} \pi f B_0 H_{c,rms} A_c l_c$$

یہاں  $A_c l_c$  قالب کا حجم ہے۔ لہذا یہ مساوات ہمیں  $A_c l_c$  حجم کی قالب کو  $B_0$  کثافت مقناطیسی بہاؤ تک ہیجان کرنے کے لئے درکار  $E_{rms} i_{\varphi,rms}$  دیتی ہے۔ ایک مقناطیسی قالب جس کا حجم  $A_c l_c$  اور میکانی کثافت  $\rho_c$  ہو کی کیت

$m_c = \rho_c A_c l_c$  یوں ایک کلوگرام قالب کے لئے مساوات 2.58 درج ذیل لکھی جاسکتی ہے۔

$$(2.59) \quad P_a = \frac{E_{rms} i_{\varphi, rms}}{m_c} = \frac{\sqrt{2} \pi f}{\rho_c} B_0 H_{c, rms}$$

دیکھا جائے تو کسی ایک تعدد  $f$  پر  $P_a$  کی قیمت صرف قالب اور اس میں  $B_0$  یعنی  $B$  چٹنی پر منحصر ہے، چونکہ  $H_{c, rms}$  خود  $B_0$  پر منحصر ہے۔ یہی وجہ ہے کہ قالب بنانے والے اکائی کمیت کے قالب میں مختلف چٹنی  $B$  پیدا کرنے کیلئے درکار  $E_{rms} i_{\varphi, rms}$  کی  $B_0$  بالقابل  $P_a$  کی ترسیم مہیا کرتے ہیں۔ قالب کی 0.3 ملی میٹر موٹی پٹری کے لئے ایسا ترسیم شکل 2.18 میں دکھایا گیا 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  
محرك، 137  
پہچانی، 185  
یک سمتی، 164  
برقی رو، 28  
بھنور نما، 126  
تبادلہ، 66  
پہچان انگیز، 50  
برقی سکت، 59  
برقی میدان، 10  
شدت، 10، 28  
بش، 177  
بناوٹ، 86  
بنیادی جزو، 64، 142  
بو جھ، 98  
بھنی، 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  
پچھے، 80  
پیش زاویہ، 22  
تاخیری زاویہ، 22  
تار کی برقی دباؤ، 94  
تار کی برقی رو، 94  
تانبہ، 28  
تبادلہ  
رکاوٹ، 71  
تختی، 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  
ٹائوی 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  
 مزاحمت، 25  
 مساوات اور نیز، 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  
 وپیر، 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

ویرجہ پھر، 39  
پچکا ہٹ، 25، 30  
ہم قدم، 69  
ہیجان، 61  
ہیرونی، 251  
خود، 251  
لچھا، 61  
ہیجان انگیز  
برقی دباؤ، 61  
برقی رو، 61  
ہیجان انگیز برقی رو، 60  
ہیجانی برقی دباؤ، 185