

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

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 کا وولٹ-کمپیئر
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 ثانوی جانب تبادلہ
85	3.10.7	ٹرانسفارمر کے سادہ ترین مساوی ادوار
86	3.11	کھلے دور معائنہ اور کسر دور معائنہ
87	3.11.1	کھلا دور معائنہ
89	3.11.2	کسر 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	مقتناطیسی 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 مقتناطیسی نظام
129	5	گھومتے مشین کے بنیادی اصول
129	5.1	قانون فیراڈے
130	5.2	معاصر مشین
141	5.3	محرک برقی دباؤ
144	5.4	پھیلے لچھے اور سائن نما مقتناطیسی دباؤ
146	5.4.1	بدلتارو مشین
155	5.5	مقتناطیسی 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 تریسی 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 مقتناطیسی 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 جزیر: 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 کسر دور معائنہ
199	6.6.1 کھلا دور معائنہ
200	6.6.2 کسر 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 2

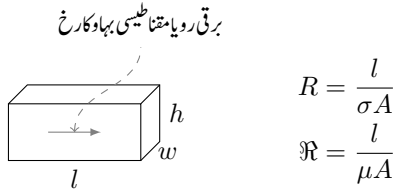
مقناطیسی ادوار

2.1 مزاحمت اور ہچکچاہٹ

شکل 2.1 میں ایک سلاخ دکھائی گئی ہے جس کی لمبائی کے رخ مزاحمت¹

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

ہوگی جہاں σ موصلیت² اور $A = wh$ رقبہ عمودی تراش ہے۔ اس سلاخ کی ہچکچاہٹ³ \Re درج ذیل ہے جہاں μ



شکل 2.1: مزاحمت اور ہچکچاہٹ

resistance¹
conductivity²

مقناطیسی مستقل⁴ کہلاتا ہے۔

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

مقناطیسی مستقل μ 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 μ_r جو مقناطیسی مستقل کہلاتا ہے۔ ہیکچاہٹ کی اکائی ایمپیئر۔ چرلف ویبر ہے جس کی وضاحت جلد کی جائے گی۔

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

حل:

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

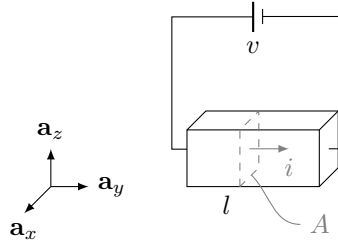
□

2.2 کثافتِ برقی رواور برقی میدان کی شدت

شکل 2.2 میں ایک موصل سلاخ کے سروں پر برقی دباؤ v لاگو کیا گیا ہے۔ سلاخ میں برقی رو i اوہم کے قانون⁵ سے حاصل ہو گا۔

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

³ reluctance
⁴ permeability, magnetic constant
⁵ 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 رد اور برقی دباؤ کی شدت

درج بالا مساوات کو مساوات 2.1 کی مدد سے

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

یعنی

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

یا

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

لکھا جاسکتا ہے جہاں J اور E کی تعریفات درج ذیل ہیں۔

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

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

شکل 2.2 میں سمتیہ J کی مطلق قیمت J اور سمتیہ E کی مطلق قیمت 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 رو i سلاخ کے رقبہ عمودی تراش A سے گزرتا ہے لہذا مساوات 2.8 کے تحت J ، کثافت برقی رو⁶ ہو گا۔ اسی طرح مساوات 2.9 سے واضح ہے کہ E برقی دباؤنی اکائی کو ظاہر کرتی ہے لہذا E کو برقی میدان⁷ کہتے ہیں⁷ یا (جہاں متن سے مقناطیسی میدان واضح ہو) مختصراً میدان⁸ 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 دباؤ⁸ v کی وجہ سے برقی رو¹⁰ i پیدا ہوتا ہے۔ تانبا¹² کی موصلیت $\sigma = 5.9 \times 10^7 \frac{\text{S}}{\text{m}}$ ہے جو بہت بڑی مقدار ہے۔ موصلیت کی اکائی $\frac{\text{S}}{\text{m}}$ ہے۔ تانبا کی موصلیت کی مقدار بہت بڑی ہونے کی بنا اس سے بنی تار کی مزاحمت¹³ $R_{\text{تار}}$ عموماً قابل نظر انداز ہو گی۔ تار میں برقی رو i گزرنے سے تار کے سروں کے بیچ برقی دباؤ $\Delta v = i R_{\text{تار}}$ پیدا ہو گا جس کو $0 \rightarrow R_{\text{تار}}$ کی بنا نظر انداز کیا جاسکتا ہے۔ یوں تانبے کی تار میں برقی دباؤ کے گھٹاؤ کو رد کیا جاسکتا ہے یعنی $\Delta v \rightarrow 0$ لے سکتے ہیں۔

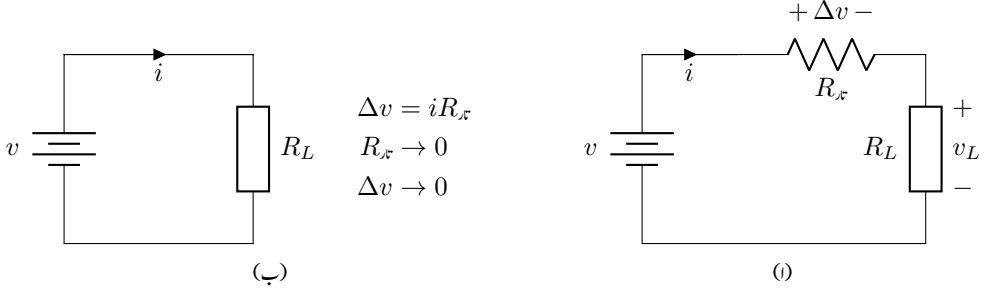
شکل 2.3-الف میں ایک ایسا ہی برقی دور دکھایا گیا ہے جس میں تانبے کی تار کی مزاحمت کو اکٹھے کر کے ایک ہی جگہ $R_{\text{تار}}$ دکھایا گیا ہے۔ اس دور کے لئے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

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

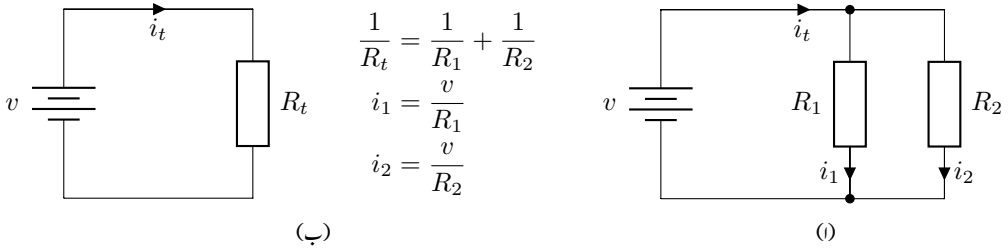
تار میں برقی گھٹاؤ Δv نظر انداز کرتے ہوئے

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

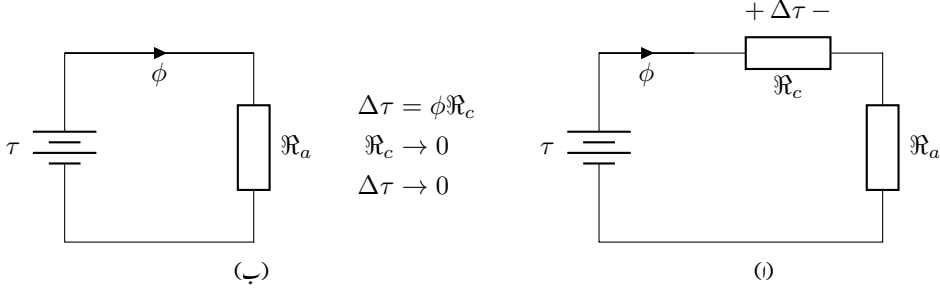
حاصل ہوتا ہے۔ اس کا مطلب ہوا کہ تار میں برقی دباؤ کا گھٹاؤ قابل نظر انداز ہونے کی صورت میں لاگو برقی دباؤ جوں کا توں مزاحمت R_L تک پہنچتا ہے۔ برقی ادوار حل کرتے ہوئے یہی حقیقت بروئے کار لاتے ہوئے تار میں برقی دباؤ کے گھٹاؤ کو نظر انداز کیا جاتا ہے۔ شکل 2.3-الف میں ایسا کرنے سے شکل 2.3-ب حاصل ہوتا ہے۔ 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۔



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 دوسری مثال دی گئی ہے۔ یہاں ہم دیکھتے ہیں کہ برقی رو اس راہ زیادہ ہو گا جس کی مزاحمت کم ہو۔ یوں $R_1 < R_2$ کی صورت میں $i_1 > i_2$ 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 τ^{14} ، برقی رو i کی جگہ مقناطیسی بہاؤ ϕ^{15} اور مزاحمت R کی جگہ ہچکچاہٹ \mathcal{R}^{16} پائے جاتے ہیں۔ یوں بالکل برقی ادوار کی طرح مقناطیسی ادوار بنائے جاسکتے ہیں۔ ایسا ایک مقناطیسی دور شکل 2.5-الف میں دکھایا گیا ہے۔ یہاں بھی کوشش یہی ہے کہ مقناطیسی دباؤ τ بغیر گھٹائے ہچکچاہٹ \mathcal{R}_a تک پہنچایا جائے۔ خلائی درز کی ہچکچاہٹ \mathcal{R}_a اور مقناطیسی راہ کی ہچکچاہٹ \mathcal{R}_c ہے۔ یوں \mathcal{R}_c قابل نظر انداز ہونے کی صورت میں شکل 2.5-ب حاصل ہو گا جس میں مقناطیسی بہاؤ ϕ ، بالکل

⁶ current density

⁷ electric field intensity

⁸ electric voltage

⁹ برقی دباؤ کی اکائی وولٹ ہے جو الٹی کے ایسا نذر و دولہا کے نام ہے جنہوں نے برقی تیزی ایجاد کی۔

¹⁰ electric current

¹¹ برقی رو کی اکائی ایمپیئر ہے جو فرانس کے انڈر میر ایمپیئر کے نام ہے جن کا برقی و مقناطیسی میدان میں اہم کردار ہے۔

¹² copper

¹³ مزاحمت کی اکائی اوہم ہے جو جرمنی کے جارج سائنمن اوہم کے نام ہے جنہوں نے قانون اوہم دریافت کیا۔

¹⁴ magnetomotive force, mmf

¹⁵ flux

¹⁶ reluctance

اوہم کے قانون کی طرح، درج ذیل مساوات سے حاصل ہو گا۔

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

جہاں \mathcal{R}_c قابل نظر انداز ہو وہاں، سلسلہ وار مزاحمتوں کی طرح، دو سلسلہ وار ہچکچاہٹوں کا مجموعی ہچکچاہٹ \mathcal{R}_s استعمال کر کے برقی بہاؤ حاصل ہو گا۔

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

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

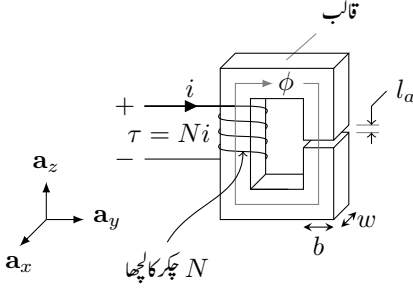
برقی دور کی طرح، مقناطیسی دباؤ کو کم ہچکچاہٹ کی راہ استعمال کرتے ہوئے مقام ضرورت تک پہنچایا جاتا ہے۔ مساوات 2.2 کے تحت ہچکچاہٹ کی قیمت مقناطیسی مستقل μ پر منحصر ہے۔ مقناطیسی مستقل کی اکائی ہینری فی میٹر $\frac{H}{m}$ ہے۔ μ کو عموماً $\mu = \mu_r \mu_0$ لکھا جاتا ہے جہاں $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$ ہینری فی میٹر کے برابر ہے اور μ_r کو جو مقناطیسی مستقل¹⁷ کہتے ہیں۔ لوہا، کچھ دھاتیں اور چند جدید مصنوعی مواد ایسی ہیں جن کی μ_r کی قیمت 2000 اور 80 000 کے بیچ پائی جاتی ہیں۔ مقناطیسی دباؤ کو ایک مقام سے دوسری مقام منتقل کرنے کے لئے ان ہی مقناطیسی مواد کو استعمال کیا جاتا ہے۔

بد قسمتی سے مقناطیسی مواد کے μ کی قیمت اتنی زیادہ نہیں ہوتی ہے کہ ان سے بنی سلاخ کی ہچکچاہٹ ہر موقع پر قابل 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 خاصا 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 قالب¹⁸ کہلاتا ہے (شکل 2.6)۔

برقی مشینوں میں مستعمل مقناطیسی قالب لوہے کی باریک چادر یا پتری¹⁹ تہہ در تہہ رکھ کر بنایا جاتا ہے۔ مقناطیسی قالب کے بارے میں مزید معلومات حصہ 2.8 میں فراہم کی جائے گی۔

¹⁷relative permeability, relative magnetic constant
¹⁸magnetic core
¹⁹laminations



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

$$l_a \ll w$$

$$l_a \ll b$$

شکل 2.6: کثافتِ مقناطیسی بہا اور مقناطیسی میدان کی شدت۔

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 کا $\mu_r = \infty$ تصور کرتے ہوئے آگے بڑھتے 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 τ 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۔ یہاں \mathcal{R}_c کو نظر انداز کرتے ہوئے کل ہچکچاہٹ کو خلائی درز کی ہچکچاہٹ کے برابر تصور کیا جا سکتا ہے:

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

خلائی درز کی لمبائی l_a قالب کے رقبہ عمودی تراش کے اضلاع b اور w سے بہت کم ہونے کی صورت، یعنی $l_a \ll b$ اور $l_a \ll w$ میں خلائی درز کے رقبہ عمودی تراش A_a کو قالب کے رقبہ عمودی تراش \mathcal{R}_c کے برابر تصور کیا جا سکتا ہے:

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

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 τ 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-چکر²⁰ ہے۔ 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 اکائی²¹ ویبر²² اور ہچکچا ہٹ کی اکائی ایمپیئر-چکر فی ویبر²³ ہے۔ اس سلسلہ وار دور کے خلائی درز میں مقناطیسی بہاؤ ϕ_a اور قالب میں مقناطیسی بہاؤ ϕ_c ایک دوسرے کے برابر ہوں گے۔ درج بالا مساوات کو مساوات 2.2 کی مدد سے

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

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 بہاؤ²⁴ B_a اور دائیں ہاتھ مقناطیسی دباؤ فی اکائی لمبائی کو مقناطیسی میدان²⁵ کے شدت²⁵ H_a لکھا جا سکتا ہے:

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

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

کثافتِ مقناطیسی بہاؤ کی اکائی ویبر فی مربع میٹر ہے جس کو ٹسلا²⁶ کا نام دیا گیا ہے۔ مقناطیسی میدان کی شدت کی اکائی ایمپیئر فی میٹر²⁷ 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 میدان²⁸ کے شدت کہا جاتا ہے۔

²⁰ ampere-turn

²¹ Weber

²² یہ اکائی جرمنی کے ولیم اڈورڈ ویبر کے نام ہے جن کا برقی و مقناطیسی میدان میں اہم کردار رہا ہے

²³ ampere-turn per weber

²⁴ magnetic flux density

²⁵ magnetic field intensity

²⁶ Tesla: یہ اکائی سربیا کے نیکولا ٹسلا کے نام ہے جنہوں نے بدلتار و برقی طاقت عام کرنے میں اہم کردار ادا کیا۔

²⁷ ampere per meter

²⁸ field intensity

شکل 2.6 میں خلائی درز میں مقناطیسی بہاو کا رخ اکائی سمتیہ a_z کا مخالف ہے لہذا کثافتِ مقناطیسی بہاو $B_a = B_a a_z$ لکھا جاسکتا ہے۔ اسی طرح خلائی درز میں مقناطیسی دباؤ اکائی سمتیہ a_z کی مخالف رخ دباؤ ڈال رہا ہے لہذا مقناطیسی دباؤ کی شدت $H_a = -H_a a_z$ لکھی جائے گی۔ اس طرح بالا مساوات کو درج ذیل سمتی روپ میں لکھا جاسکتا ہے۔

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

خلاء کی جگہ کوئی دوسرا مادہ ہونے کی صورت میں یہ مساوات درج ذیل روپ اختیار کرتی ہے۔

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

مثال 2.2: شکل 2.6 میں خلائی درز میں کثافتِ مقناطیسی بہاو 0.1 ٹسلا درکار ہے۔ قالب کی $\mu_r = \infty$ ہے، خلائی درز کی لمبائی 1 ملی میٹر اور قالب کے گرد برقی تار کے چکر 100 ہیں۔ درکار برقی رو i تلاش کریں۔

حل: مساوات 2.13 سے

$$\begin{aligned} \tau &= \phi \Re \\ Ni &= \phi \left(\frac{l}{\mu_0 A} \right) \\ \frac{\phi}{A} &= B = \frac{Ni\mu_0}{l} \end{aligned}$$

لکھ کر درج ذیل حاصل ہو گا۔

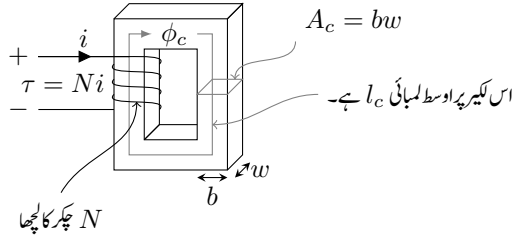
$$\begin{aligned} 0.1 &= \frac{100 \times i \times 4\pi 10^{-7}}{0.001} \\ i &= \frac{0.1 \times 0.001}{100 \times 4\pi 10^{-7}} = 0.79567 \text{ A} \end{aligned}$$

□

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

2.6 مقناطیسی دور حصہ دوم

شکل 2.7 میں ایک سادہ مقناطیسی نظام دکھایا گیا ہے جس میں قالب کے مقناطیسی مستقل کو محدود تصور کرتے ہیں۔ مقناطیسی دباؤ $\tau = Ni$ مقناطیسی قالب میں مقناطیسی بہاو ϕ_c پیدا کرتا ہے۔ قالب کا رقبہ عمودی تراش A_c ہر



شکل 2.7: سادہ مقناطیسی دور۔

مقام پر یکساں ہے اور قالب کی اوسط لمبائی l_c ہے۔ قالب میں مقناطیسی بہاو کا رخ فلیمینگ²⁹ کے دائیں ہاتھ کے قانون³⁰ 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 بہاو 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 بہاو کے رخ لپٹی ہوں گی جو اس برقی رو کی وجہ سے پیدا ہو گا۔

ان دو بیانات میں پہلا بیان لچھے میں مقناطیسی بہاو کا رخ معلوم 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 جاسکتا ہے۔

قالب میں مقناطیسی بہاو گھڑی کے رخ ہے۔ مقناطیسی بہاو ϕ کو شکل 2.7 میں ہلکی سیاہی کے تیر دار لکیر سے ظاہر کیا گیا ہے۔ قالب کی ہچکچاہٹ

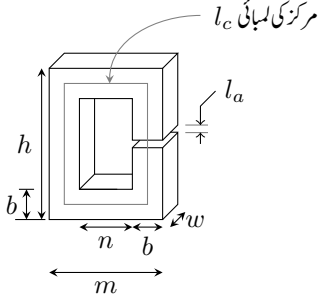
$$\mathcal{R}_c = \frac{l_c}{\mu_c A_c}$$

لکھتے ہوئے مقناطیسی بہاو

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

²⁹فلیمینگ! دایاں ہاتھ قانون

³⁰Fleming's right hand rule



$$A_a = A_c = bw$$

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

$$l_c = 2(h - b) + 2(m - b) - l_a$$

شکل 2.8: خلائی درز اور قالب کے ہچکچاہٹ۔

ہو گا۔ یوں تمام نا معلوم متغیرات حاصل ہو چکے۔

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

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

قالب اور خلائی درز کی ہچکچاہٹیں تلاش کریں۔

حل:

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

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

$$l_c = 2(h - b) + 2(m - b) - l_a$$

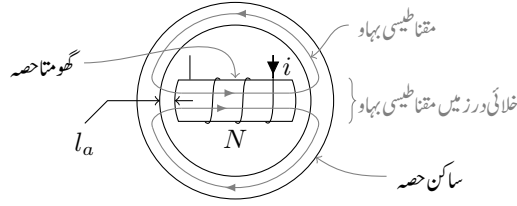
$$= 2(0.2 - 0.01) + 2(0.1 - 0.01) - 0.001 = 0.359 \text{ m}$$

$$\mathcal{R}_c = \frac{l_c}{\mu_r \mu_0 A_c} = \frac{0.359}{40000 \times 4\pi 10^{-7} \times 0.0002} = 55\,605 \text{ A} \cdot \text{t/Wb}$$

$$\mathcal{R}_a = \frac{l_a}{\mu_0 A_a} = \frac{0.001}{4\pi 10^{-7} \times 0.0002} = 3\,978\,874 \text{ A} \cdot \text{t/Wb}$$

قالب کی لمبائی خلائی درز کی لمبائی سے 359 گنا زیادہ ہونے کے باوجود خلائی درز کی ہچکچاہٹ قالب کی ہچکچاہٹ سے 72 گنا زیادہ ہے۔ یوں $\mathcal{R}_a \gg \mathcal{R}_c$ ہو گا۔

□



شکل 2.9: سادہ گھومنے والا مشین

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 بہاو 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 حصہ³¹ کہتے ہیں۔ ساکن حصے کے اندر مشین کا گھومتا حصہ پایا جاتا ہے لہذا اس حصے کو مشین کا گھومتا حصہ³² کہتے ہیں۔ اس مثال میں ان دونوں حصوں (قالب) کا $\mu_r = \infty$ تصور کیا گیا ہے لہذا ان کی ہچکچاہٹ صفر ہو گی۔ مقناطیسی بہاو کو ہلکی سیابی کی لکیر سے ظاہر کیا گیا ہے۔ مقناطیسی بہاو کی ایک مکمل چکر کے دوران مقناطیسی بہاو دو خلائی درزوں سے گزرتا ہے۔ یہ دو خلائی درز ہر لحاظ سے ایک دوسرے جیسے ہیں لہذا ان دونوں خلائی درز کی ہچکچاہٹ بھی ایک دوسرے کے برابر ہو گی۔ مزید دونوں خلائی درزوں کی ہچکچاہٹ سلسلہ وار ہیں۔ شکل 2.9 میں مقناطیسی بہاو کو گھومتے حصہ، ساکن حصہ اور دو خلائی درزوں سے گزرتا ہوا دکھایا گیا ہے۔ خلائی درز کی لمبائی l_a ، قالب کے رقبہ A_c کی اضلاع سے بہت کم ہے لہذا خلائی درز کا عمودی رقبہ تراش A_a گھومتے حصہ کے رقبہ تراش کے برابر تصور کیا جائے گا۔

یوں $A_a = A_c$ لیتے ہوئے ایک خلائی درز کی ہچکچاہٹ

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

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

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

stator³¹
rotor³²

خلائی درز میں مقناطیسی بہاؤ ϕ_a اور کشافتِ مقناطیسی بہاؤ B_a درج ذیل ہوں گے۔

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

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

دی گئی معلومات پر کرتے ہوئے درج ذیل حاصل ہو گا۔

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

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

□

روایتی موٹروں اور جزیٹروں کی خلاء میں تقریباً ایک ٹسلا کشافتِ برقی بہاؤ ہوتی ہے۔

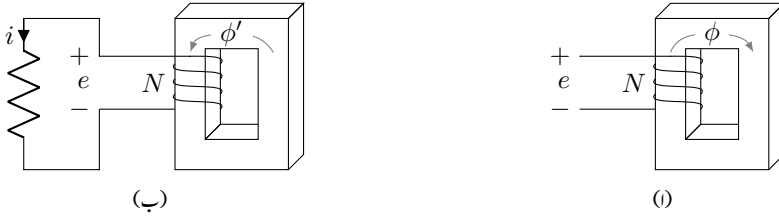
2.7 خود امالہ، مشترکہ امالہ اور توانائی

وقت کے ساتھ بدلتا مقناطیسی میدان برقی دباؤ پیدا کرتا ہے جس کو قانونِ فیراڈے³³ کے تحت³⁴

$$\oint_C \mathbf{E} \cdot d\mathbf{s} = -\frac{d}{dt} \int_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}$$

سے حاصل کیا جاسکتا ہے۔ یہ مساوات کہتی ہے کہ کسی بند راہ کی ہمراہ مقناطیسی سمتی میدان \mathbf{E} کا ارتقاعی مکمل اس راہ کے ارتباط بہاؤ کے (وقت کے ساتھ) تفرق کے برابر ہو گا۔ برقی ادوار میں مستعمل برقی تاروں کی کی ہمراہ \mathbf{E} قابلِ نظر انداز ہوتا ہے لہذا اس مساوات کا بائیں ہاتھ تاروں کے سروں پر امالہ برقی دباؤ³⁵ e کے منفی کے برابر ہو گا۔ ساتھ ہی مساوات کی دائیں ہاتھ مکمل کا بیشتر حصہ $N\phi$ کے برابر ہو گا۔ یوں یہ مساوات درج ذیل صورت اختیار کرتی ہے۔

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



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

یوں شکل 2.10-ا کے قالب میں مقناطیسی بہاو ϕ کی تبدیلی کی بنا لچھے میں برقی دباؤ e پیدا ہو گا جو لچھے کے سروں پر نمودار ہو گا۔

امالی برقی دباؤ کو منبع برقی دباؤ تصور کریں۔

امالی برقی دباؤ کا رخ تعین کرنے کی خاطر لچھے کے سروں کو کسر دور³⁶ کریں۔ لچھے میں پیدا برقی دباؤ اس رخ ہو گا جو مقناطیسی بہاو کی تبدیلی کو روکے۔

فرض کریں شکل 2.10-ا میں بہاو ϕ گھڑی کی سوئیوں کے گھومنے کے رخ ہے اور بہاو کی مقدار بڑھ رہی ہے۔ بہاو کی تبدیلی کا مخالف بہاو ϕ' پیدا کرنے کی خاطر لچھے کا بالائی سر مثبت 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 کا رخ قالب میں گھڑی کے مخالف رخ بہاو ϕ' پیدا کرے گا۔

قالب میں مقناطیسی بہاو ϕ ، قالب پر لپیٹے گئے لچھے کے تمام چکروں N کے اندر سے گزرتا ہے۔ $N\phi$ کو لچھے کا ارتباط بہاو³⁷ λ کہتے ہیں جس کی اکائی ویبر۔ چکر³⁸ ہے۔

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

³³ Faraday's law

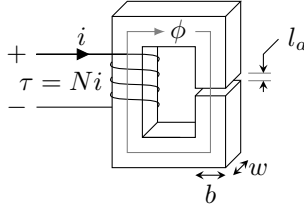
³⁴ ہاگل فیرو اے انگلستانی سائنسدان تھے جنہوں نے محرک برقی دباؤ دریافت کی۔

³⁵ induced voltage

³⁶ short circuit

³⁷ flux linkage

³⁸ weber-turn



شکل 2.11: امالہ (مثال 2.5)

جن مقناطیسی ادوار میں مقناطیسی مستقل μ کو اٹل مقدار تصور کیا جاسکے یا جن میں خلائی درز کی ہچکچاہٹ قالب کی ہچکچاہٹ سے بہت زیادہ ہو، $\mathcal{R}_a \gg \mathcal{R}_c$ ، ان میں لچھے کی امالہ L^{39} کی تعریف درج ذیل مساوات دیتی ہے۔

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

امالہ کی اکائی ویبر۔ چکر فی ایمپیر ہے جس کو ہینری H^{40} کا نام دیا گیا ہے۔ مساوات 2.29 میں $\lambda = N\phi$ ، $\phi = B_c A_c$ اور $\phi = \frac{Ni}{\mathcal{R}}$ پر کرتے ہوئے درج ذیل حاصل ہوگا

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

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 کا $\mu_r = \infty$ ہے۔

• قالب کا $\mu_r = 500$ ہے۔

³⁹ inductance

⁴⁰ Henry

⁴¹ امریکی سائنسدان جوزف ہینری جنہوں نے مانگل فیراڈ سے علیحدہ طور پر محرک برقی دباؤ دریافت کی

حل: (i) قالب کے $\mu_r = \infty$ کی بنا قالب کی ہچکچاہٹ قابل نظر انداز ہو گی لہذا امالہ درج ذیل ہو گا۔

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

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

$$\begin{aligned} \mathcal{R}_a &= \frac{l_a}{\mu_0 w b} = \frac{0.003}{4\pi 10^{-7} \times 0.04 \times 0.05} = 1193507 \text{ A} \cdot \text{t/Wb} \\ \mathcal{R}_c &= \frac{l_c}{\mu_r \mu_0 w b} = \frac{0.3}{500 \times 4\pi 10^{-7} \times 0.04 \times 0.05} = 238701 \text{ A} \cdot \text{t/Wb} \end{aligned}$$

یوں بہاؤ، ارتباط اور امالہ درج ذیل ہوں گے۔

$$\begin{aligned} \phi &= \frac{Ni}{\mathcal{R}_a + \mathcal{R}_c} \\ \lambda &= N\phi = \frac{N^2 i}{\mathcal{R}_a + \mathcal{R}_c} \\ L &= \frac{\lambda}{i} = \frac{N^2}{\mathcal{R}_a + \mathcal{R}_c} = \frac{1000^2}{1193507 + 238701} = 0.698 \text{ H} \end{aligned}$$

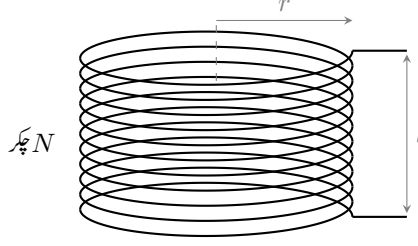
□

مثال 2.6: شکل 2.12 میں ایک پیچدار لچھا⁴² 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 ϕ 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 ہو گی۔ لچھے کے اندر محوری رخ مقناطیسی شدت درج ذیل ہو گی۔

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



شکل 2.12: پیچدار لچھا

اس لچھے کی خود امالہ حاصل کریں۔

حل:

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

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

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

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

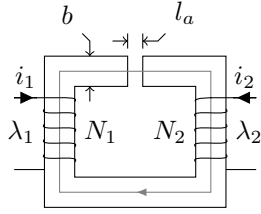
N ، r اور l کی قیمتیں پر کرتے ہوئے درج ذیل امالہ حاصل ہو گا⁴³۔

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

□

شکل 2.13 میں دو لچھوں کا 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 رخ مقناطیسی دباؤ پیدا کرتے ہیں۔ اگر قالب کا \mathcal{R}_c قابل نظر انداز ہو تب مقناطیسی بہاؤ ϕ درج ذیل ہو گا۔

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



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 لپٹے والا مقناطیسی دور۔

دونوں لپٹوں کا مجموعی مقناطیسی دباؤ، $N_1 i_1 + N_2 i_2$ ، مقناطیسی بہاؤ ϕ پیدا کرتا ہے۔ اس مقناطیسی بہاؤ کا پہلے لپٹے 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 لپٹے کا خود امالہ⁴⁴ ہے اور $L_{11} i_1$ اس لپٹے کے اپنے برقی رو i_1 سے پیدا ہوا مقناطیسی بہاؤ کے ساتھ ارتباط بہاؤ ہے جسے خود ارتباط بہاؤ⁴⁵ کہتے ہیں۔ $L_{12} i_2$ ان دونوں لپٹوں کا مشترکہ امالہ⁴⁶ ہے اور $L_{12} i_2$ لپٹا-1 کے ساتھ i_2 سے پیدا بہاؤ کے ساتھ ارتباط بہاؤ ہے جسے مشترکہ ارتباط بہاؤ⁴⁷ کہتے ہیں۔ بالکل اسی طرح ہم دوسرے لپٹے کے لئے درج ذیل لکھ سکتے ہیں

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

⁴² spiral coil

⁴³ یہ پیچہ لپٹاؤ کے لئے 3000 کلو گرام لوہا بگھلانے والی بجلی میں استعمال کیا ہے۔

⁴⁴ self inductance

⁴⁵ self flux linkage

⁴⁶ mutual inductance

⁴⁷ mutual flux linkage

جہاں L_{22} اور L_{21} 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 کا خود امالہ اور $L_{21} = L_{12}$ دونوں لچھوں کا مشترکہ امالہ ہے۔ امالہ کا تصور اس وقت کارآمد ہوتا ہے جب مقناطیسی مستقل μ 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 جزیٹروں میں ہوتا ہے، تب درج ذیل ہو گا۔

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

توانائی⁴⁸ کی اکائی جاول⁴⁹ J^{50} ہے اور طاقت⁵¹ کی اکائی⁵² جاول فی سیکنڈ ہے جس کو واٹ⁵³ W کا نام دیا گیا ہے۔

اس کتاب میں توانائی یا کام کو W سے ظاہر کیا جائے گا اگرچہ 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 t کے ساتھ توانائی W کی تبدیلی کی شرح کو طاقت⁵⁴ p کہتے ہیں۔ یوں درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$(2.42) \quad p = \frac{dW}{dt} = i e = i \frac{d\lambda}{dt}$$

⁴⁸energy

⁴⁹Joule

⁵⁰تیسویں پریسٹوٹ جاول انگلستانی سائنسدان جنہوں نے حرارت اور میکانیکی کام کا رشتہ دریافت کیا

⁵¹power

⁵²کالمیڈیٹ کے جیمز واٹ جنہوں نے بخارات پر چلنے والے انجن پر کام کیا

⁵³Watt

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

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

ایک لمحے کا مقناطیسی دور، جس میں امالہ کی قیمت اٹل ہو، کے لئے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

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

یوں t_1 پر $\lambda_1 = 0$ تصور کرتے ہوئے کسی بھی λ پر مقناطیسی توانائی درج ذیل ہوگی۔

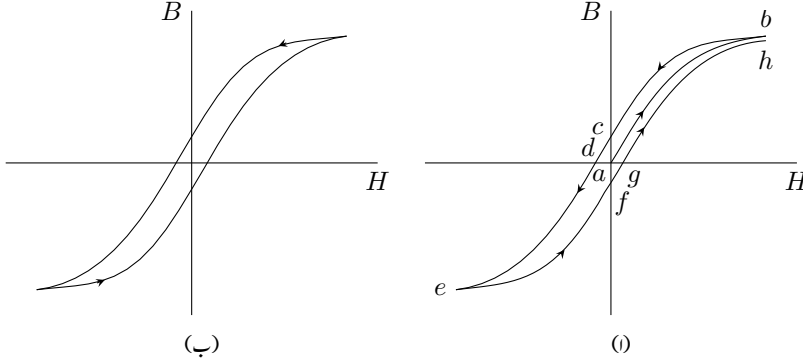
$$(2.45) \quad \Delta W = \frac{\lambda^2}{2L} = \frac{Li^2}{2}$$

2.8 مقناطیسی مادہ کے خواص

قالب کے استعمال سے دو فوائد حاصل ہوتے ہیں۔ قالب کے استعمال سے کم مقناطیسی دباؤ، زیادہ مقناطیسی بہاؤ پیدا کرتا ہے اور مقناطیسی بہاؤ کو پسند کی راہ پر رہنے کا پابند بنایا جاسکتا ہے۔ ایک دوری ٹرانسفارمر میں قالب کے استعمال سے مقناطیسی بہاؤ کو اس طرح پابند کیا جاتا ہے کہ تمام لمبھوں میں یکساں بہاؤ پایا جاتا ہو۔ موٹروں میں قالب کے استعمال سے مقناطیسی بہاؤ کو یوں پابند کیا جاتا ہے کہ زیادہ سے زیادہ قوت پیدا ہو جبکہ جنریٹروں میں زیادہ سے زیادہ برقی دباؤ حاصل کرنے کی نیت سے بہاؤ کو پابند کیا جاتا ہے۔

مقناطیسی مواد کی B اور H کا تعلق ترسیم کی صورت میں پیش کیا جاتا ہے۔ 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 درج ذیل ہوں گے۔

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



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

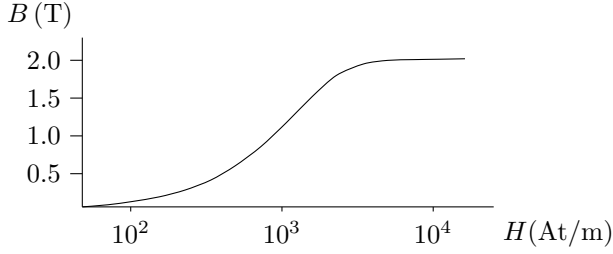
اس مادہ کو لچھے میں رکھ کر اس پر مقناطیسی دباؤ لاگو کیا جاسکتا ہے۔ مقناطیسی میدان کی شدت H لاگو کرنے سے لوہا نما مقناطیسی مادے میں کثافت مقناطیسی بہاو B پیدا ہوگی۔ میدان شدت بڑھانے سے کثافت مقناطیسی بہاو بھی بڑھے گی۔ اس عمل کو نقطہ a سے ابتدا کرتے ہوئے ایک تیردار قوس سے دکھایا گیا ہے۔ میدان شدت کو نقطہ b تک بڑھایا گیا ہے جہاں H_b اور B_b ہوں گے۔

نقطہ b تک پہنچنے کے بعد میدان شدت کم کرتے ہوئے دیکھا گیا ہے کہ واپسی قوس ایک مختلف راستہ اختیار کرتا ہے۔ یوں نقطہ b سے میدان شدت کم کرتے ہوئے صفر کرنے سے لوہا نما مادہ کی کثافت مقناطیسی بہاو کم ہو کر نقطہ c پر آن پہنچتی ہے۔ نقطہ b سے نقطہ c تک تیردار قوس اس عمل کو ظاہر کرتا ہے۔ نقطہ c پر بیرونی میدان شدت صفر ہے لیکن لوہا نما مادے کی کثافت مقناطیسی بہاو صفر نہیں ہے۔ یہ مادہ ایک مقناطیس بن گیا ہے جس کی کثافت مقناطیسی بہاو B_c ہے۔ اس مقدار کو بھایا کثافت⁵⁴ مقناطیسی بہاو⁵⁴ کہتے ہیں۔ مصنوعی مقناطیس اسی طرح بنایا جاتا ہے۔

نقطہ c 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 مختصر آغام شدت⁵⁵ کہتے ہیں۔

منفی رخ میدان شدت مزید بڑھانے سے نقطہ e حاصل ہوگا۔ اس کے بعد منفی رخ کی میدان شدت کی مطلق قیمت کم کرنے سے نقطہ f حاصل ہوگا جہاں میدان شدت صفر ہونے کے باوجود کثافت مقناطیسی بہاو صفر نہیں

⁵⁴magnetic flux/residual
⁵⁵coercivity



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

ہے۔ اس نقطہ پر لوہا نما مادہ الٹ رخ مقناطیس بن چکا ہے اور B_f بقایا کثافت مقناطیسی بہاؤ ہے۔ اسی طرح اس رخ مقناطیسیت ختم کرنے کی شدت $|H_g|$ ہے۔ میدان شدت بڑھاتے ہوئے نقطہ b کی بجائے نقطہ h پہنچا جاتا ہے۔

برقی شدت کو متواتر اسی طرح پہلے ایک رخ اور پھر مخالف (دوسری) رخ ایک خاص حد تک پہنچانے سے آخر کار $B-H$ منحنی کا ایک بند دائرہ حاصل ہو گا جسے شکل 2.14-ب میں دکھایا گیا ہے۔ اس دائرہ پر گھڑی کے مخالف رخ سفر ہو گا۔ شکل 2.14-ب کو مقناطیسی چال کا دائرہ⁵⁶ 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 دکھائی گئی $B-H$ ترسیم حاصل ہو گی۔ ٹرانسفارمرز میں استعمال ہونے والی 0.3048 ملی میٹر موٹی $M5$ قالبی پٹری کی $B-H$ ترسیم شکل 2.15 میں دکھائی گئی ہے۔ اس ترسیم 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 کی ترسیم استعمال کی جاتی ہے۔ دھیان رہے کہ اس ترسیم میں H کا پیمانہ لاگ⁵⁷ ہے۔

لوہا نما مقناطیسی مادے پر لاگو مقناطیسی شدت بڑھانے سے کثافت مقناطیسی بہاؤ بڑھنے کی شرح بتدریج کم ہوتی جاتی ہے حتیٰ کہ آخر کار یہ شرح خلاء کی شرح μ_0 کے برابر ہو جاتی ہے:

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

اس اثر کو سیراہیت⁵⁸ کہتے ہیں جو شکل 2.15 میں واضح ہے۔

hysteresis loop⁵⁶
log⁵⁷
saturation⁵⁸

شکل 2.14 سے واضح ہے کہ H کی کسی بھی قیمت پر B کے دو ممکنہ قیمتیں ہوں گی۔ بڑھتے مقناطیسی بہاؤ کی صورت میں ترسیم میں نیچے سے اوپر جانے والی منحنی B اور H کا تعلق پیش کرے گی جبکہ گھٹے ہوئے مقناطیسی بہاؤ کی صورت میں اوپر سے نیچے جانے والی منحنی اس تعلق کو پیش کرے گی۔ چونکہ $\mu = B/H$ ہے لہذا B کی مقدار تبدیل ہونے سے μ کی قیمت بھی تبدیل ہوگی۔ باوجود اس کے ہم مقناطیسی ادوار میں μ کو ایک مستقل تصور کرتے ہیں۔ ایسا کرنے سے عموماً نتائج پر زیادہ اثر انداز نہیں ہوتا۔

مثال 2.7: شکل 2.15 یا اس کے مساوی جدول 2.1 میں دی گئی مواد استعمال کرتے ہوئے شکل 2.6 کی خلاء میں ایک ٹسلا اور دو ٹسلا کثافت مقناطیسی بہاؤ حاصل کرنے کے لئے درکار برقی رو معلوم کریں۔ درج ذیل معلومات استعمال کریں۔ قالب اور خلاء کا رقبہ عمودی تراش ایک دوسرے جتنا لیں۔

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

حل: ایک ٹسلا کے لئے۔
جدول 2.1 کے تحت قالب میں 1 ٹسلا کے لئے قالب کو 11.22 ایمپیر چکر فی میٹر قیمت کی شدت H درکار ہو گی۔ یوں 30 سم لمبے قالب کو $0.3 \times 11.22 = 3.366$ ایمپیر چکر درکار ہوں گے۔

خلاء کو درج ذیل ایمپیر چکر فی میٹر شدت درکار ہے۔

$$H = \frac{B}{\mu_0} = \frac{1}{4\pi 10^{-7}} = 795\,671$$

یوں 3 ملی میٹر خلاء کو $0.003 \times 795\,671 = 2387$ ایمپیر چکر درکار ہوں گے۔ اس طرح کل ایمپیر چکر $3.366 + 2387 = 2390.366$ ہیں جن سے درج ذیل حاصل کیا جاسکتا ہے۔

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

حل: دو ٹسلا کے لئے۔

جدول 2.1 کے تحت قالب میں 2 ٹسلا کثافت کے لئے قالب کو 10000 ایمپیر چکر فی میٹر H درکار ہو گی۔ یوں 30 سم قالب کو $0.3 \times 10000 = 3000$ ایمپیر چکر درکار ہوں گے۔ خلاء کو

$$H = \frac{B}{\mu_0} = \frac{2}{4\pi 10^{-7}} = 1\,591\,342$$

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

ایمپیئر-چکر فی میٹر درکار ہیں لہذا 3 ملی میٹر لمبی خلاء کو $4774 = 0.003 \times 1591342$ ایمپیئر چکر درکار ہوں گے۔ یوں کل ایمپیئر-چکر $7774 = 3000 + 4774$ ہیں جن سے درج ذیل حاصل کیا جاسکتا ہے۔

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

□

اس مثال میں مقناطیسی سیرانیت واضح ہے۔

2.9 ہیجان شدہ لچھا

بدلتا رو بجلی میں برقی دباؤ اور مقناطیسی بہاؤ عموماً سائن نما ہوتے ہیں جن کا وقت کے ساتھ تعلق $\sin \omega t$ یا $\cos \omega t$ ہوگا۔ اس حصہ میں بدلتا رو سے لچھا ہیجان کرنا اور اس سے نمودار ہونے والی برقی توانائی کے ضیاع پر تذکرہ کیا جائے گا۔ قالب میں کثافت مقناطیسی بہاؤ

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

کی صورت میں قالب میں درج ذیل بدلتا مقناطیسی بہاؤ φ پیدا ہوگا۔

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

اس مساوات میں مقناطیسی بہاو کا جیٹ ϕ_0 ، کثافت مقناطیسی بہاو کا جیٹ B_0 ، قالب کا رقبہ عمودی تراش A_c (جو ہر مقام پر یکساں ہے)، زاویائی تعدد $\omega = 2\pi f$ اور تعدد f ہے۔

فیراڈے کے قانون (مساوات 2.27) کے تحت یہ مقناطیسی بہاو لچھے میں $e(t)$ امالی برقی دباؤ⁵⁹ پیدا کرے گا

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

جس کا جیٹ درج ذیل ہو گا۔

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

ہم بدلتے رو مقداروں کے مربع کی اوسط کے جذر میں دلچسپی رکھتے ہیں جو ان مقداروں کی موثر⁶⁰ قیمت ہوتی ہے۔ جیسا صفحہ 19 پر مساوات 1.42 میں دیکھا گیا، سائن نما موج کی موثر قیمت موج کے جیٹ کی $1/\sqrt{2}$ گنتا ہو گی لہذا امالی برقی دباؤ کی موثر قیمت E_{rms} درج ذیل ہو گی۔

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

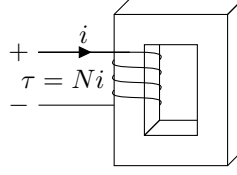
یہ مساوات بہت اہم ہے جس کو ہم بار بار استعمال کریں گے۔ بدلتے برقی دباؤ یا بدلتے برقی رو کی قیمت سے مراد ان کی موثر قیمت ہو گی۔ پاکستان میں گھریلو برقی دباؤ کی موثر قیمت 220 وولٹ ہے۔ اس سائن نما برقی دباؤ کی چوٹی $\sqrt{2} \times 220 = 311$ وولٹ ہو گی۔

مثال 2.8: شکل 2.16 میں لچھے کے 27 چکر ہیں۔ قالب کی لمبائی 30 سم جبکہ اس کا رقبہ عمودی تراش 229.253 مربع سم ہے۔ لچھے کو گھریلو 220 وولٹ موثر برقی دباؤ سے ہیجان 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 ہو گی۔

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

⁵⁹ induced voltage
⁶⁰ root mean square, rms



شکل 2.16: سادہ مقناطیسی دور (مثال 2.8)۔

ωt	B	H	$0.3H$	$i_\phi = \frac{0.3H}{27}$	ωt	B	H	$0.3H$	$i_\phi = \frac{0.3H}{27}$
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

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

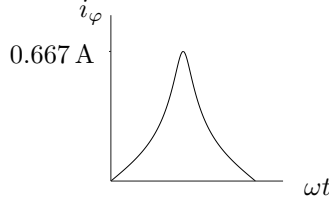
$$(2.54) \quad B_0 = \frac{220}{4.44 \times 50 \times 27 \times 0.0229253} = 1.601 \text{ T}$$

یوں قالب میں کثافتِ مقناطیسی بہاو کا حیثہ 1.601 ہو گا اور قالب میں کثافتِ مقناطیسی بہاو کی مساوات درج ذیل ہو گی۔

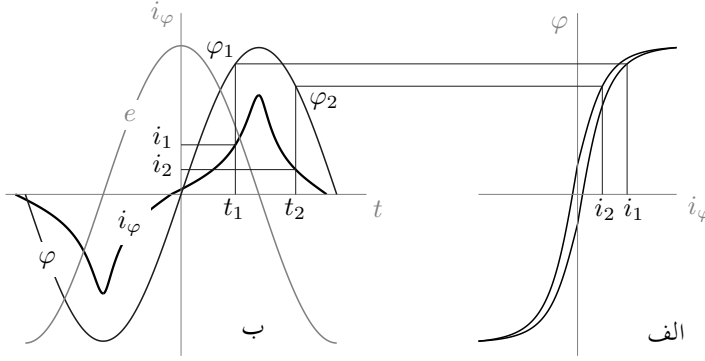
$$(2.55) \quad B = 1.601 \sin \omega t$$

ہم جدول کی مدد سے 0 اور 1.601 ٹسلا کے بیچ مختلف قیمتوں پر درکار محرک برقی رو i_ϕ معلوم کرنا چاہتے ہیں۔ ہم مختلف B پر جدول 2.1 سے قالب کی H حاصل کریں گے جو ایک میٹر لمبی قالب کے لئے درکار ایمپیر۔ چکر ہوں گے۔ اس سے 30 سم لمبی قالب کے لئے درکار ایمپیر۔ چکر کر معلوم 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 ωt مساوات 2.55 کی مدد سے حاصل کی گئی ہے۔ ωt بالقابل محرک برقی رو کا خط شکل 2.17 میں دیا گیا ہے۔ □



شکل 2.17: M5 پتری کے قالب میں 1.6 ٹسلا تک ہیجان پیدا کرنے کے لئے درکار ہیجان انگیز برقی رو۔



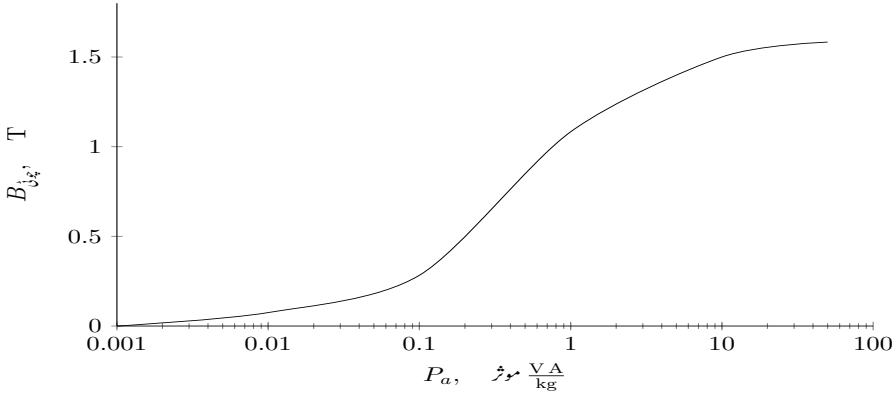
شکل 2.18: ہیجان انگیز برقی رو۔

برقی لچھے میں برقی دباؤ سے ہیجان پیدا کیا جاتا ہے۔ ہیجان شدہ لچھا میں گزرتے برقی رو i_ϕ کی بنا قالب میں مقناطیسی بہاؤ پیدا ہو گا۔ اس برقی رو i_ϕ کو ہیجان انگیز برقی رو⁶¹ کہتے ہیں۔

مثال 2.8 میں ہیجان انگیز برقی رو معلوم کی گئی جسے شکل 2.17 میں دکھایا گیا۔ اسے حاصل کرتے وقت مقناطیسی چال⁶² کو نظر انداز کیا گیا۔ شکل 2.18 میں ہیجان انگیز برقی رو i_ϕ دکھائی گئی ہے جو مقناطیسی چال کو مد نظر رکھ کر حاصل کی گئی ہے۔ اس کو سمجھنا ضروری ہے۔

شکل 2.18-الف میں مقناطیسی چال کا دائرہ دکھایا گیا ہے۔ درج ذیل تعلقات کی بنا مقناطیسی چال کے خط کو

⁶¹excitation current
⁶²hysteresis



شکل 2.19: پچاس ہرٹز پر 0.3 ملی میٹر موٹی پتہ کے لئے درکار موثر وولٹ-ایمپیر فی کلو گرام قالب

$i_\phi - \phi$ کا خط لکھا جاسکتا ہے۔

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

قالب میں سائن نما مقناطیسی بہاؤ ϕ کو شکل 2.18-ب میں دکھایا گیا ہے۔ سائن نما مقناطیسی بہاؤ وقت کے ساتھ تبدیل ہوتا ہے۔ لمحہ t_1 پر اس کی قیمت ϕ_1 ہوگی۔ مقناطیسی بہاؤ ϕ_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 درست حصہ استعمال کرنا ضروری ہے۔ شکل 2.18-الف میں $i_\phi - \phi$ کے خط میں گھڑی کی سوئیوں کے مخالف رخ گھومتے ہوئے یوں نیچے سے اوپر جاتا ہوا حصہ استعمال کیا گیا ہے۔ شکل 2.14-ب میں تیر کے نشان مقناطیسی بہاؤ بڑھنے (نیچے سے اوپر) اور گھٹنے (اوپر سے نیچے) والے حصوں کی نشاندہی کرتے ہیں۔

لمحہ t_2 پر مقناطیسی بہاؤ گھٹ رہا ہے۔ اس لمحہ پر مقناطیسی بہاؤ ϕ_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 2.18-ب کا i_ϕ خط ملتا ہے جو غیر سائن نما ہے۔

آپ جانتے ہیں کہ $\varphi = \phi_0 \sin \omega t$ کی صورت میں برقی دباؤ $e = N \frac{d\varphi}{dt} = N \phi_0 \omega \cos \omega t$ ہو گا۔ شکل 2.18-ب میں اس برقی دباؤ کو بھی دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ برقی دباؤ سے مقناطیسی بہاؤ 90° تاخیر سے ہے۔

قالب میں $B = B_0 \sin \omega t$ کی صورت میں H اور i_φ 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 حاصل ہو گا

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

جہاں $A_c l_c$ قالب کا حجم ہے۔ یوں $A_c l_c$ حجم کے قالب کو B_0 کثافت مقناطیسی بہاؤ تک ہیجان کرنے کے لئے درکار $E_{rms} i_{\varphi,rms}$ مساوات 2.58 دے گی۔ ایک مقناطیسی قالب جس کا حجم $A_c l_c$ اور میکانی کثافت ρ_c ہو، کی کمیت $m_c = \rho_c A_c l_c$ ہو گی لہذا ایک کلو گرام قالب کے لئے مساوات 2.58 کو درج ذیل روپ میں لکھا جاسکتا 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 چینی 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 چینی B پیدا کرنے کے لئے درکار $E_{rms} i_{\varphi,rms}$ کی B_0 بالقابل P_a ترسیم مہیا کرتے ہیں۔ قالب کی 0.3 ملی میٹر موٹی پٹری کے لئے ایسی ترسیم شکل 2.19 میں دکھایا گیا 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
ایک پیسہ 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

ایک 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
تائیری، 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 کثافت، 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 بڑا مرکب، 258
قطب
ایہرے، 181، 144
ہموار، 181، 144
قوت مروڑ، 170، 213
انتہائی، 182
قوی برقیات، 245
قوی لچھے، 255
کاربن بش، 181
کارگزاری، 204
کشافت
برقی رو، 28
کشافت مقناطیسی بہاو
بقایا، 46
کسر دور، 39
گرم ہمار، 95
گھومتا حصہ، 37
گھومتا لچھا، 106
لچھا
ابتدائی، 55
پھیلے، 144
پتھچدار، 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
محوری
لمبائی، 166
مخلوط عدد، 196
مرکب جزئیہ، 258
مزاحمت، 25
مزاحمت پتیا، 241
مساوات لورینز، 104
مسئلہ
تھونن، 230
زیادہ سے زیادہ طاقت کی منتقلی، 233
مشیر کہ ارتباط امالہ، 43
مشیر کہ 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 بہاو، 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
 موسیقائی جزو، 64، 147
 موصلیت، 25
 میدانی لچھے، 255
 واٹ، 44
 وولٹ، 141
 وولٹ-ایمپیر، 76
 ویر، 33
 ویر-پھر، 39
 پنکچا ہٹ، 25، 30
 ہیجان، 61
 بیرونی، 255
 خود، 255
 لچھا، 61