

# برقی آلات

خالد خان یوسفزئی

جامعہ کامیٹ، اسلام آباد

khalidyoufazai@comsats.edu.pk



# عنوان

ix

دیباچہ

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

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

57	3	ٹرانسفارمر
58	3.1	ٹرانسفارمر کی اہمیت
61	3.2	ٹرانسفارمر کے اقسام
61	3.3	امالی برقی دباؤ
63	3.4	ہیجان انگیز برقی رد اور قابلی ضیاع
66	3.5	تبادلہ برقی دباؤ اور تبادلہ برقی رو کے خواص
70	3.6	ثانوی جانب بوجھ کا ابتدائی جانب اثر
71	3.7	ٹرانسفارمر کی علامت پر نقطوں کا مطلب
72	3.8	رکاوٹ کا تبادلہ
77	3.9	ٹرانسفارمر کا وولٹ-کمپیئر
79	3.10	ٹرانسفارمر کے امالہ اور مساوی ادوار
79	3.10.1	لچھے کی مزاحمت اور اس کی متعاملہ علیحدہ کرنا
81	3.10.2	رستا امالہ
82	3.10.3	ثانوی برقی رد اور قالب کے اثرات
83	3.10.4	ثانوی لچھے کا امالی برقی دباؤ
83	3.10.5	ثانوی لچھے کی مزاحمت اور متعاملہ کے اثرات
85	3.10.6	رکاوٹ کا ابتدائی یا ثانوی جانب تبادلہ
87	3.10.7	ٹرانسفارمر کے سادہ ترین مساوی ادوار
88	3.11	کھلے دور معائنہ اور کسر دور معائنہ
89	3.11.1	کھلا دور معائنہ
91	3.11.2	کسر دور معائنہ
95	3.12	تین دوری ٹرانسفارمر
103	3.13	ٹرانسفارمر چالو کرتے لمحہ زیادہ محرکی برقی رو کا گزر

105	4	برقی اور میکانیکی توانائی کا باہمی تبادلہ
105	4.1	مقناطیسی نظام میں قوت اور قوت مروڑ . . . . .
111	4.2	تبادلہ توانائی والا ایک لچھے کا نظام . . . . .
117	4.3	توانائی اور ہم-توانائی . . . . .
121	4.4	متعدد لچھوں کا مقناطیسی نظام . . . . .
129	5	گھومتے مشین کے بنیادی اصول
129	5.1	قانون فیئرڈے . . . . .
130	5.2	معاصر مشین . . . . .
140	5.3	محرک برقی دباؤ . . . . .
143	5.4	پچیلے لچھے اور سائن نما مقناطیسی دباؤ . . . . .
145	5.4.1	بدلتا رو والے مشین . . . . .
153	5.5	مقناطیسی دباؤ کی گھومتی امواج . . . . .
153	5.5.1	ایک دور کی لپٹی مشین . . . . .
155	5.5.2	تین دور کی لپٹی مشین کا تحلیلی تجزیہ . . . . .
159	5.5.3	تین دور کی لپٹی مشین کا ترسیبی تجزیہ . . . . .
163	5.6	محرک برقی دباؤ . . . . .
163	5.6.1	بدلتا رو برقی جزیئر . . . . .
168	5.6.2	یک سمت رو برقی جزیئر . . . . .
169	5.7	ہموار قطب مشینوں میں قوت مروڑ . . . . .
170	5.7.1	میکانیکی قوت مروڑ بذریعہ ترکیب توانائی . . . . .
172	5.7.2	میکانیکی قوت مروڑ بذریعہ مقناطیسی دباؤ . . . . .

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
195 . . . . .	6.5 یکساں حال، برقرار چالو مشین کے خواص
195 . . . . .	6.5.1 معاصر جزیر: برقی بوجھ بالقابل $I_m$ کے خط
196 . . . . .	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 جزیر کا برقی دباؤ . . . . . 252
- 8.3 قوت مروڑ . . . . . 254
- 8.4 بیرونی پیمان اور خود پیمان یک سمت جزیر . . . . . 255
- 8.5 یک سمت مشین کی کارکردگی کے خط . . . . . 259
- 8.5.1 حاصل برقی دباؤ بالمتقابل برقی بوجھ . . . . . 259
- 8.5.2 رفتار بالمتقابل قوت مروڑ . . . . . 262





## باب 8

### یک سمت رو مشین

یکے سمت رو مشین<sup>1</sup> یک سمت رو<sup>1</sup> برقی طاقت پیدا کرتی ہیں یا ایک سمت رو برقی طاقت سے چلتی ہیں۔ یک سمت رو موٹروں کی اہمیت بتدریج کم ہو رہی ہے اور ان کی جگہ امالی موٹر لے رہے ہیں جن کی رفتار قوی برقیات<sup>2</sup> سے قابو کی جاتی ہے۔ موجودہ دور میں گاڑیوں کے یک سمت جزیئر بھی دراصل سادہ بدلتا رو جزیئر ہوتے ہیں جن کے اندر نسب ڈایوڈ<sup>3</sup> بدلتا محرک برقی دباؤ کو یک سمت محرک برقی دباؤ میں تبدیل کرتے ہیں۔

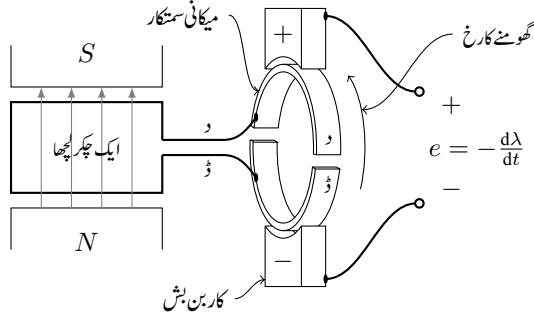
اس باب میں دو قطب کے یک سمت مشینوں کا مطالعہ کیا جائے گا۔ میکانی سمت کار والے یک سمت مشینوں میں میدانی لچھا ساکن جبکہ قوی لچھا گھومتا ہے۔

#### 8.1 میکانی سمت کار کی بنیادی کارکردگی

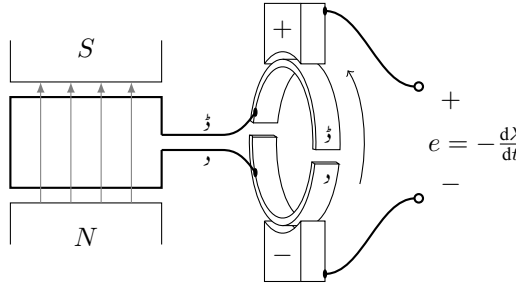
جزیئر بنیادی طور پر بدلتا برقی دباؤ پیدا کرتا ہے۔ یک سمت جزیئر کے اندر نسب میکانی سمت کار<sup>4</sup> میکانی طریقہ سے بدلتا دباؤ کو یک سمت دباؤ میں تبدیل کر کے برقی سروں پر فراہم کرتا ہے۔

---

dc, direct current<sup>1</sup>  
power electronics<sup>2</sup>  
diode<sup>3</sup>  
commutator<sup>4</sup>



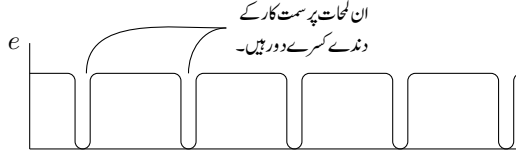
شکل 8.1: میکانی سمت کار۔



شکل 8.2: آدھے چکر کے بعد بھی بالائی بُش مثبت ہی ہے۔

میکانی سمت کار کو شکل 8.1 میں دکھایا گیا ہے جہاں جنریٹر کے قوی لچھے کو ایک چکر کا دکھایا گیا ہے اگرچہ حقیقت میں ایسا نہیں ہو گا۔ قوی لچھے کے برقی سروں کو د اور ڈ سے ظاہر کیا گیا ہے جو سمت کار کے د اور ڈ حصوں کے ساتھ جڑے ہیں۔ قوی لچھا اور سمت کار ایک ہی دھرے پر نسب ہوتے ہیں لہذا دونوں ایک ساتھ حرکت کرتے ہیں۔ تصور کریں کہ دونوں خلاف گھڑی مقناطیسی میدان میں گھوم رہے ہیں۔ مقناطیسی میدان افقی سطح میں N سے S رخ ہو گا جسے نوکدار لکیروں سے دکھایا گیا ہے۔ سمت کار کے ساتھ ساکن کاربن بُش، اسپرنگ کی مدد سے دبا کر رکھے جاتے ہیں۔ ان کاربن بُشوں سے برقی دباؤ کو جنریٹر کے باہر منتقل کیا جاتا ہے۔ بُشوں کو مثبت علامت + اور منفی علامت - سے ظاہر کیا گیا ہے۔

دکھائے گئے لمحے پر لچھے میں پیدا برقی دباؤ e کی وجہ سے لچھے کا سر د مثبت اور ڈ منفی ہے۔ یوں سمت کار کا حصہ د مثبت اور حصہ ڈ منفی ہوں گے لہذا کاربن کا + علامت والا بُش مثبت اور - علامت والا بُش منفی ہو گا۔ یوں بیرونی بالائی تار مثبت اور چلی تار منفی ہوں گے۔ آدھا چکر بعد، جیسا شکل 8.2 میں دکھایا گیا ہے، خلائی درز میں لچھا کے د



شکل 8.3: دو دندی سمت کار سے حاصل یک سمت برقی دباؤ۔

اور ڈاٹراف آپس میں جگہیں تبدیل کر چکے ہوں گے۔ لچھا کے د اور ڈاٹراف اب بھی سمت کار کے د اور ڈ حصوں کے ساتھ جڑے ہیں۔ لچھے پر برقی دباؤ الٹ ہے اور اس کا سر د منفی اور ڈ مثبت ہیں۔ یہاں سمت کار کی کارکردگی پر نظر رکھیں۔ اب بھی کاربن کا + علامت والا بش مثبت اور - علامت والا بش منفی ہے۔ یوں جزیئر کے بیرونی برقی سروں پر اب بھی بالائی سر مثبت اور نچلا سر منفی ہے۔ سمت کار کے دانتوں کے مابین برقی دباؤ ہوتا ہے لہذا ان کو غیر موصل کی مدد سے ایک دوسرے اور دھڑے سے دور رکھا جاتا ہے۔

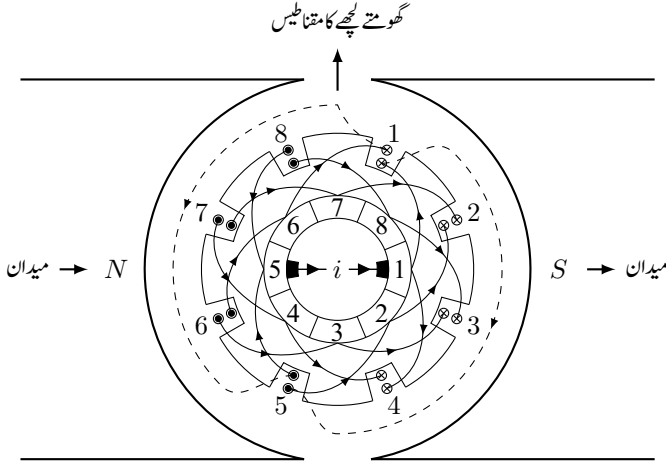
گھومتے وقت ایک ایسا لمحہ آتا ہے جب سمت کار کے دانتوں کو کاربن بش کسر دور کرتے ہیں۔ کاربن بش محیط پر اس طرح رکھے جاتے ہیں کہ جس لمحہ لچھے میں برقی دباؤ مثبت سے منفی یا منفی سے مثبت ہونا چاہے اسی لمحہ کاربن کے بش لچھے کو کسر دور کرتے ہوں۔ چونکہ اس لمحہ لچھے پر محرک دباؤ صفر ہوتا ہے لہذا اسے کسر دور کرنے سے کوئی نقصان نہیں ہوتا ہے۔ یوں حاصل برقی دباؤ شکل 8.3 میں دکھایا گیا ہے۔

یہاں دو دندی سمت کار اور دو مقناطیسی قطب کے درمیان گھومتا ہوا ایک قوی لچھا دکھایا گیا ہے۔ حقیقت میں جزیئر کے متعدد قطبین ہوں گے اور فی قطب سمت کار کے کئی دندے ہوں گے۔ چھوٹی مشینوں میں مقناطیس ہی مقناطیسی میدان فراہم کرتا ہے جبکہ بڑی مشینوں میں مقناطیسی میدان ساکن میدانی لچھے فراہم کرتے ہیں۔ دونوں اقسام کی مشینوں کے لچھے تقسیم شدہ ہوتے ہیں۔

اب ہم زیادہ دندوں کے ایک سمت کار کو دیکھتے ہیں۔

### 8.1.1 میکانی سمت کار کی تفصیل

پچھلے حصہ میں سمت کار کی بنیادی کارکردگی پر غور کیا گیا۔ اس حصہ میں اس پر تفصیلی بات کی جائے گی۔ شکل 8.4 میں امالی مشین دکھائی گئی ہے۔ اس شکل میں اندر کو سمت کار ہے جس کے دندوں کو گنتی لگائی گئی ہے۔ سمت کار کی

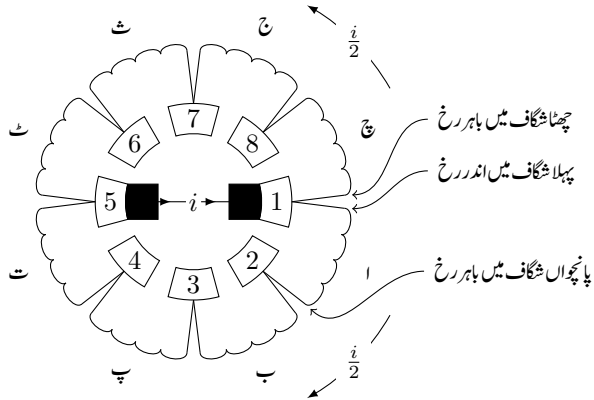


شکل 8.4: کاربن بش ستار کے دندوں کو کسر دور نہیں کر رہا ہے۔

اندر جانب دو عدد کاربن بش ہیں جن سے حاصل بیرون برقی رو  $i$  ہے۔ شگافوں کو بھی گنتی لگائی گئی ہے۔ جزیئر کے دو قطب اور آٹھ شگاف ہیں۔ اس طرح اگر ایک شگاف ایک قطب کے سامنے ہو تو تین شگاف چھوڑ کر موجود شگاف دوسرے قطب کے سامنے ہو گا۔ ہم کہتے ہیں کہ ایسے دو شگاف "ایک قطب فاصلہ" پر ہیں۔ یوں شگاف 1 اور 5 ایک دوسرے سے ایک قطب کے فاصلے پر ہیں جبکہ شگاف 2 اور 6 ایک دوسرے سے ایک قطب کے فاصلے پر ہیں۔

جیسا شکل 8.2 میں دکھایا گیا، اگر لچھے کا ایک طرف شمالی قطب کے سامنے ہو تب اس کا دوسرا طرف، ایک قطب فاصلہ پر، جنوبی قطب کے سامنے ہو گا۔ لچھوں کو شگافوں میں رکھا جاتا ہے۔ یوں شکل 8.4 میں اگر ایک لچھے کا ایک طرف شگاف 1 میں ہو تب اس کا دوسرا طرف، ایک قطب فاصلہ پر، شگاف 5 میں ہو گا۔ حقیقت میں ہر شگاف میں دو لچھے رکھے جاتے ہیں۔ ایک لچھے کو شگاف میں محور کے قریب اور دوسرے کو شگاف میں محور سے دور رکھا جاسکتا ہے۔ ایسا کرنے کے لئے ہمیں دو مختلف جسامت کے لچھے تیار کرنے ہوں گے۔ محور کے قریب رکھا گیا لچھا جسامت میں چھوٹا جبکہ محور سے دور لچھا بڑا ہو گا۔ لچھوں کو پہلے تیار کر کے بعد میں شگافوں میں رکھا جاتا ہے۔ اس سے بہتر ترکیب موجود ہے جو حقیقت میں استعمال ہوتی ہے۔

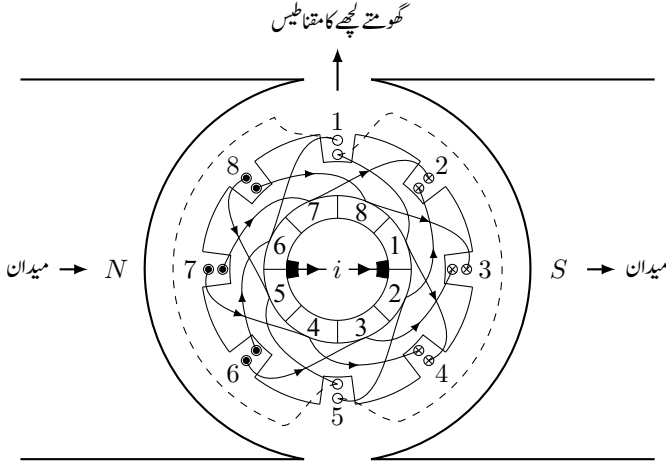
بہتر ترکیب میں ایک لچھے کے ایک طرف کو ایک شگاف میں محور کے قریب اور، ایک قطب فاصلہ پر، دوسرے شگاف میں محور کے دور رکھا جاتا ہے۔ دوسرے لچھے کو انہیں شگافوں میں باقی دو مقامات پر رکھا جاتا ہے۔ یوں دونوں لچھوں کی جسامت ایک دوسرے جیسے ہو گی اور ان میں اتنی ڈھیل ہو گی کہ انہیں شگافوں میں با آسانی رکھا جاسکے۔



شکل 8.5: سمت کار سے جڑے لچھے۔

اب شکل 8.4 کو تفصیل سے سمجھتے ہیں۔ شگافوں میں موجود لچھوں میں برقی رو کے رخ نقطہ اور صلیب سے ظاہر کئے گئے ہیں۔ نقطہ کا نشان، صفحہ سے عمودی باہر رخ رو کو ظاہر کرتا ہے جبکہ صلیب کا نشان اس کے مخالف رخ رو کو ظاہر کرتا ہے۔ یوں پہلا (1) شگاف میں برقی رو عمودی صفحہ کے اندر رخ ہے۔

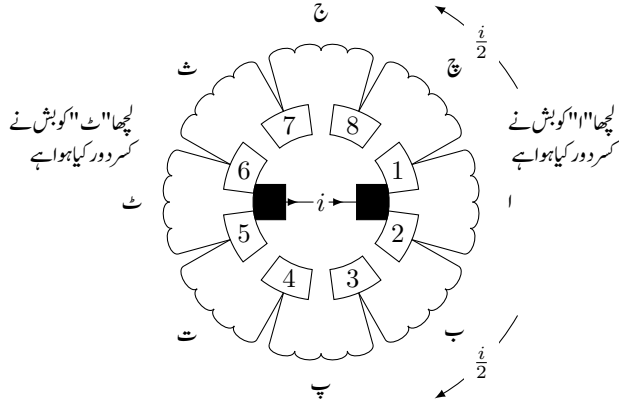
شکل 8.4 میں مشین کا عمودی تراش دکھایا گیا ہے۔ مشین کا محور کتاب کے صفحہ کو عمودی ہو گا۔ ہمیں مشین کا (قریبی، بالائی) "سامنے" طرف نظر آ رہا ہے جبکہ (ہم سے دور) "پچلا" طرف ہمیں نظر نہیں آ رہا ہے۔ "سامنے" طرف کی تاروں کو ٹھوس جبکہ "نچلے" طرف (نظر نہ آنے والے) تاروں کو نقطہ دار دکھایا گیا ہے۔ ہر شگاف میں دو لچھے دکھائے گئے ہیں جن میں سے ایک مشین کی محور کے قریب "اندر" جانب اور دوسرا محور سے دور "باہر" جانب ہے۔ پہلے (1) شگاف میں "اندر" جانب موجود لچھا، سمت کار کے پہلے دانت سے جڑا ہے۔ اس جوڑ کو موٹی لکیر سے دکھایا گیا ہے۔ شگاف 1 کے "نچلے" طرف سے نکل کر یہ لچھا شگاف 5 میں "نچلے" طرف سے داخل ہوتا ہے۔ اس بات کو نقطہ دار لکیر سے دکھایا گیا ہے۔ اسی طرح دو عدد لچھے شگاف 2 اور 6 میں پائے جاتے ہیں۔ ان میں ایک لچھا شگاف 2 میں "اندر" جانب اور شگاف 6 میں "باہر" جانب ہے جبکہ دوسرا لچھا دوسرے شگاف میں "باہر" جانب اور چھٹے شگاف میں "اندر" جانب ہے۔ نقطہ دار لکیریں صرف پہلی اور پانچویں شگافوں کے لئے دکھائی گئی ہیں۔ آپ خود باقی شگافوں کے لئے انہیں بنا سکتے ہیں۔ ہر لچھے کا ایک طرف شگاف میں "اندر" جانب اور دوسرا طرف ایک قطب دور شگاف میں "باہر" جانب ہو گا۔ سمت کار کا پہلا (1) دانت چوتھے (4) شگاف کے "باہر" جانب موجود لچھے سے بھی جڑا ہے۔ آپ یہاں رکھ کر شکل 8.5 کی مدد سے مشین میں برقی رو کے رخ سمجھیں اور تسلی کر لیں کہ یہ درست دکھائے گئے ہیں۔ اس شکل میں لچھوں کو 'ا، ب، پ، وغیرہ سے ظاہر کیا گیا ہے جبکہ سمت کار کے دندوں کو گنتی لگائی گئی ہے۔ کاربن کے ہش پہلے اور پانچویں دانت سے جڑے دکھائے گئے ہیں۔



شکل 8.6: کاربن بش سمت کار کے دندوں کو کسر دور کر رہا ہے۔

شکل 8.5 میں کاربن بش سے برقی رو سمت کار کے پہلے دانت سے ہوتا ہوا دو برابر حصوں میں تقسیم ہو کر دو یکساں متوازی راستوں گزرتا ہے۔ ایک راستہ سلسلہ وار جڑے ا، ب، پ اور ت لچھوں سے بنتا ہے جبکہ دوسرا راستہ سلسلہ وار جڑے ٹ، ث، ج اور چ لچھوں سے بنتا ہے۔ یہ دو عدد سلسلہ وار راستے آپس میں متوازی جڑے ہیں۔ برقی رو کے رخ نقطہ دار نوک دار لکیروں سے ظاہر کیے گئے ہیں۔ دو متوازی راستوں سے گزرتا برقی رو ایک مرتبہ دوبارہ مل کر ایک ہو جاتا ہے اور سمت کار کے پانچویں دانت سے جڑے کاربن بش کے ذریعہ مشین سے باہر نکل جاتا ہے۔ گھومتے حصہ کے شگافوں میں موجود لچھوں کا برقی رو، مقناطیسی دباؤ پیدا کرے گا جو ساکن مقناطیسی دباؤ کو عمودی ہو گا جیسا شکل 8.4 میں دکھایا گیا ہے۔ گھومتے لچھوں کے مقناطیسی دباؤ کا رخ جاننے کے لئے شکل 8.4 کے شگافوں میں برقی رو پر نظر رکھیں۔ بائیں جانب چار شگافوں میں رو صفحہ سے باہر جبکہ دائیں جانب چار شگافوں میں رو صفحہ کے اندر رخ ہے۔ دائیں ہاتھ کی چار انگلیوں کو انہیں کے رخ گھمانے سے انگوٹھا میدان کا رخ دے گا۔ آپس میں قائمہ مقناطیسی دباؤ دھرے پر گھڑی وار قوت مروڑ پیدا کریں گے۔ یوں اگر مشین موٹر کے طور پر استعمال کی جا رہی ہو تب یہ گھڑی وار گھومے گی اور کاربن بش پر ایسا بیرونی یک سمت برقی دباؤ لاگو ہو گا جو دکھائے گئے برقی رو پیدا کرتا ہو۔

اب تصور کریں کہ مشین ایک جزیئر کے طور پر استعمال کی جا رہی ہے جس کو خلاف گھڑی بیرونی میکانی طاقت سے گھمایا جا رہا ہے۔ سمت کار کے آدھے دانت کے برابر حرکت کے بعد جزیئر شکل 8.6 میں دکھائے گئے حالت میں ہو گا جہاں دایاں کاربن بش سمت کار کے پہلے اور دوسرے دانت کو کسر دور جبکہ بایاں کاربن بش پانچویں اور



شکل 8.7: کاربن بش دودندوں کو کسر دور کر رہے ہیں۔

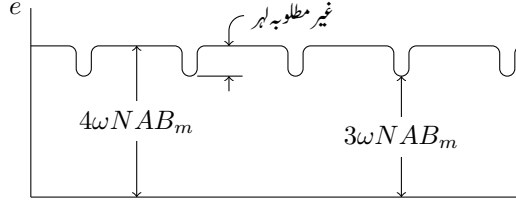
چھٹے دانت کو کسر دور کرتے ہیں۔ یوں پہلے اور پانچویں شگافوں کے لچھے کسر دور ہوں گے جبکہ باقی شگافوں کے لچھوں میں حسب معمول برقی رو ہو گا جو پہلے کی طرح اب بھی ساکن لچھوں کے مقناطیسی دباؤ کے عمودی مقناطیسی دباؤ پیدا کریں گے۔ آپ گھومتے لچھوں کے میدان کا رخ دائیں ہاتھ کے قانون سے جان سکتے ہیں۔ بائیں جانب تین شگافوں میں رو صفحہ سے باہر جبکہ دائیں جانب تین شگافوں میں صفحہ کے اندر رخ ہے۔ دائیں ہاتھ کی چار انگلیوں کو انہیں کے رخ گھمائیں۔ انگوٹھا میدان کا رک دے گا۔ اس لمحہ کی وضاحت شکل 8.7 میں کی گئی ہے۔

مشین جب سمت کار کے ایک دانت کے برابر حرکت مکمل کر لے تو کاربن بش دوسرے اور چھٹے دانت سے جڑ جائیں گے۔ پہلے اور پانچویں شگافوں میں برقی رو کا رخ پہلے کے مخالف ہو جائے گا جبکہ باقی شگافوں میں برقی رو کے رخ برقرار رہیں گے۔ گھومتے لچھوں کا برقی دباؤ اب بھی اسی رخ ہو گا۔

جبکہ دورانیہ کے لئے کاربن بش دو لچھوں کو کسر دور کرتے ہیں اتنے وقت میں ان لچھوں میں برقی رو کا رخ الٹ ہو جاتا ہے۔ کوشش کی جاتی ہے کہ اس دوران برقی رو وقت کے ساتھ بتدریج تبدیل ہو۔ ایسا نہ ہونے سے کاربن بش سے چنگاریاں نکلتی ہیں جن سے بش جلد ناکارہ ہو جاتے ہیں۔ جزیئر کے کسر دور لچھوں میں پیدا برقی دباؤ، کسر دور لچھوں میں گھومتا ناکارہ برقی رو پیدا کرتا ہے جو ہمارے کسی کام کا نہیں ہوتا ہے۔ لچھے اور کاربن بش کی مزاحمت اس ناکارہ رو کی قیمت تعین کرتے ہیں۔

حقیقت میں یک سمت جزیئر میں فی قطب درجن دانت کا سمت کار استعمال ہو گا اور اگر مشین بہت چھوٹی نہ ہو تو اس میں دو سے زیادہ قطب ہوں گے۔





شکل 8.8: آٹھ دندی میکانی سمت کار سے حاصل برقی دباؤ۔

## 8.2 ایک سمت جنریٹر کا برقی دباؤ

گزشتہ حصہ کے شکل 8.5 میں ا، ب، پ اور ت لچھے سلسلہ وار جڑے ہیں۔ اسی طرح ٹ، ث، ج اور چ لچھے سلسلہ وار جڑے ہیں۔ حصہ 5.3 میں مساوات 5.23 یک لچھی ایک سمت جنریٹر کا محرک برقی دباؤ  $e_1$  دیتی ہے۔ اسے یہاں یاد دہیانی کے لئے دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$(8.1) \quad e_1 = \omega N \phi_m = \omega N A B_m$$

خلائی درز میں یکساں  $B_m$  کی صورت میں تمام لچھوں میں ایک جیسا محرک برقی دباؤ پیدا ہو گا۔ یوں شکل 8.4 میں دکھائے لمحہ پر (شکل 8.5 سے رجوع کریں) جنریٹر کا کل محرک برقی دباؤ  $e$ ، ایک لچھے کے محرک برقی دباؤ کا چار گنا ہو گا

$$(8.2) \quad \begin{aligned} e &= e_1 + e_2 + e_3 + e_4 \\ &= e_1 + e_2 + e_3 + e_4 \\ &= 4\omega N A B_m \end{aligned}$$

جبکہ شکل 8.6 میں دکھائے گئے لمحہ پر  $e$  صرف تین لچھوں کے محرک برقی دباؤ کا مجموعہ ہو گا (شکل 8.7 سے رجوع کریں):

$$(8.3) \quad \begin{aligned} e &= e_1 + e_2 + e_3 \\ &= e_1 + e_2 + e_3 \\ &= 3\omega N A B_m \end{aligned}$$

شکل 8.8 میں اس آٹھ دندی میکانی سمت کار سے حاصل برقی دباؤ دکھائی گئی ہے۔ اس شکل میں ایک سمت برقی دباؤ پر سوار غیر مطلوبہ لہریں نظر آ رہی ہیں۔ اگر جنریٹر میں ایک جوڑی قطب پر کل  $n$  لچھے ہوں تو شکل 8.5 کی

طرح یہ دو  $\frac{n}{2}$  سلسلہ وار لچھوں جتنی محرکی برقی دباؤ پیدا کرے گی۔

$$(8.4) \quad e = \frac{n}{2} \omega N \phi_m = \frac{n}{2} \omega N A B_m$$

اس صورت میں یہ غیر مطلوبہ لہریں کل ایک سمت برقی دباؤ کی تقریباً

$$(8.5) \quad \frac{\omega N \phi_m}{\frac{n}{2} \omega N \phi_m} \times 100 = \frac{2}{n} \times 100$$

فی صد ہو گی۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ اگر فی قطب دندوں کی تعداد بڑھائی جائے تو حاصل برقی دباؤ زیادہ ہموار ہو گی اور یہ غیر مطلوبہ لہریں قابل نظر انداز ہوں گے۔

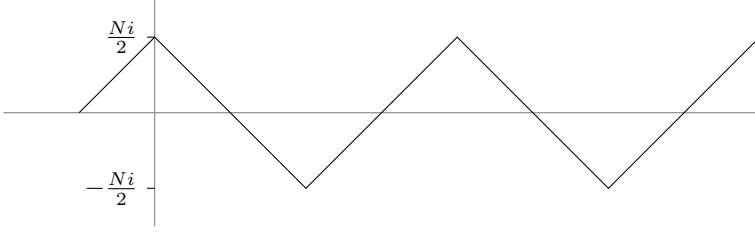
اب تصور کریں کہ شکل 8.4 میں دیئے مشین کی خلائی درز میں  $B_m$  کی مقدار ہر جگہ یکساں نہیں ہے۔ اس صورت میں لچھوں میں محرک برقی دباؤ مساوات 8.1 کے تحت مختلف زاویوں پر مختلف ہو گی۔ اس طرح مشین سے حاصل کل برقی دباؤ چار سلسلہ وار لچھوں کی مختلف محرک برقی دباؤ کے مجموعہ کے برابر ہو گی یعنی

$$(8.6) \quad e = e_1 + e_2 + e_3 + e_4$$

جہاں  $e_1, e_2, \dots$  مختلف لچھوں کی محرک برقی دباؤ کو ظاہر کرتے ہیں۔

اب شکل 8.4 پر غور کریں۔ اگر گھومتا حصہ صرف ایک دندے برابر حرکت کرے تو اس شکل کی حالت دوبارہ حاصل ہوتی ہے اور اس سے حاصل برقی دباؤ بھی دوبارہ وہی ملتی ہے۔ اگر میکانی سمت کار کی فی قطب دندوں کی تعداد زیادہ کر دی جائے تو یہ حرکت قابل نظر انداز ہو جاتی ہے۔ اب اگر خلائی درز میں کشاف متناطیسی بہاؤ ہمواری کے ساتھ تبدیل ہو تو اتنی کم حرکت کے احاطے میں  $B_m$  کی مقدار میں کوئی خاص تبدیلی نہیں آئے گی اور اس احاطے میں اسے یکساں تصور کیا جاسکتا ہے۔ یوں اگر لچھا اس احاطے میں حرکت کرے تو اس میں محرک برقی دباؤ تبدیل نہیں ہو گی۔ یعنی جس لچھے کی محرکی برقی دباؤ  $e_1$  ہے اُس کی اس احاطے میں محرکی برقی دباؤ یہی رہے گی۔ یوں اگرچہ  $e_1, e_2, \dots$  آپس میں مختلف ہو سکتے ہیں مگر ان کی مقدار قطعی ہے، لہذا اس صورت میں مساوات 8.6 میں دی گئی محرکی برقی دباؤ کی مقدار بھی قطعی ہو گی۔

ہم نے دیکھا کہ اگر خلائی درز میں  $B_m$  ہمواری کے ساتھ تبدیل ہو تو جزیئر سے معیاری یک سمت محرک برقی دباؤ حاصل ہوتی ہے۔ بدلتا رو جزیئروں میں  $B_m$  سائن نما رکھنی ضروری ہوتی ہے۔ نہایت چھوٹی یک سمت آلوں میں خلائی درز میں  $B_m$  یکساں رکھا جاتا ہے جبکہ بڑی آلوں میں اسے ہمواری کے ساتھ تبدیل کیا جاتا ہے۔ جیسا اوپر ذکر ہوا عملاً میکانی سمت کار کے دندوں تک لچھوں کے سروں کی رسائی ممکن تب ہوتی ہے جب ہر شکاف میں دو لچھے



شکل 8.9: آری دندوں نمائندگی متناطیسی دباو۔

رکھے جائیں۔ اس طرح رکھے لچھوں کی خلائی درز میں متناطیسی دباو آری کے دندوں کی مانند ہوتا ہے۔ یہ شکل 8.9 میں دکھایا گیا ہے۔

زیادہ قطب کے مشین میں شمالی اور جنوبی قطب کے ایک جوڑے کی پیدا ایک سمت برقی دباو مساوات 8.4 سے حاصل ہو گی جہاں  $n$  ایک قطبین کے جوڑے پر میکانی سمت کار کے دندوں کی تعداد ہو گی۔ یوں زیادہ قطبین کے جوڑوں سے حاصل یک سمت برقی دباو کو سلسلہ وار یا متوازی جوڑا جاسکتا ہے۔

### 8.3 قوت مروڑ

ایک سمت آلوں کی امالی برقی دباو اور قوت مروڑ خلائی درز میں متناطیسی دباو کی شکل پر منحصر نہیں۔ اپنی سہولت کے لئے ہم ان کی خلائی درز میں متناطیسی دباو سائن نمائندگی کرتے ہیں۔ شکل 8.9 میں دکھائے گئے قوی لچھے کی متناطیسی دباو کی بنیادی فوریر جزو<sup>5</sup>

$$(8.7) \quad \tau_q = \frac{8}{\pi^2} \frac{NI}{2}$$

ہے۔ یوں چونکہ ایک سمت مشین میں ساکن اور گھومتے لچھوں کی متناطیسی دباو عمودی ہیں لہذا ان میں قوت مروڑ مساوات 5.103 کی طرح

$$(8.8) \quad T = -\frac{\pi}{2} \left(\frac{P}{2}\right)^2 \phi_m \tau_q$$

fundamental Fourier component<sup>5</sup>

ہوگی۔

مثال 8.1: دو قطب بارہ دندی میکانی سمت کار کے یک سمت جنریٹر میں ہر قوی لچھا میں چکر کا ہے۔ ایک لچھے سے گزرتی مقناطیسی بہاؤ 0.0442 ویر ہے۔ جنریٹر 3600 چکر فی منٹ کی رفتار سے گھوم رہا ہے۔

- اس کی پیدا یک سمت برقی دباؤ میں غیر مطلوبہ لہریں کل برقی دباؤ کے کتنے فی صد ہیں۔
- یک سمت برقی دباؤ حاصل کریں۔

حل:

- مساوات 8.5 سے غیر مطلوبہ لہریں  $\frac{2}{12} \times 100 = \frac{2}{12} \times 100 = 16.66$  فی صد ہیں۔
- جنریٹر کی رفتار  $\frac{3600}{60} = 60$  ہرٹز ہے یوں مساوات 8.4 کی مدد سے حاصل یک سمت برقی دباؤ

$$e = \frac{12}{2} \times 2 \times \pi \times 60 \times 20 \times 0.0442 = 1999.82 \text{ V}$$

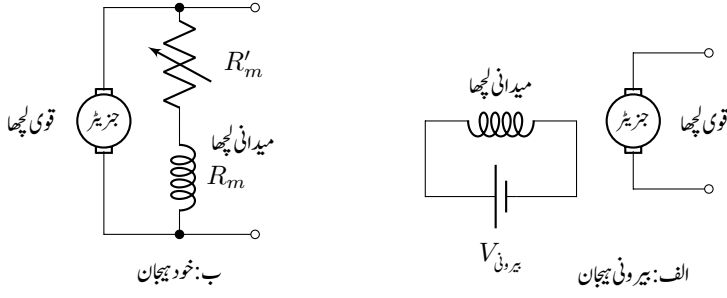
ہے۔

□

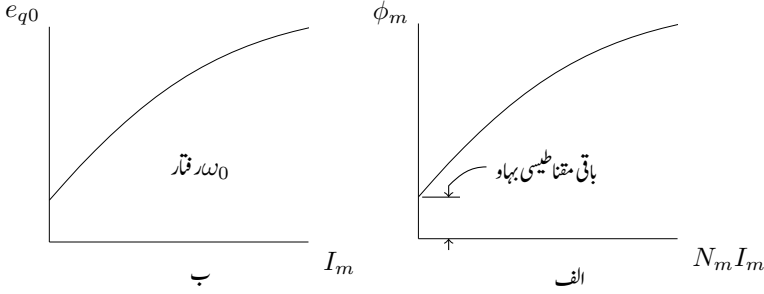
#### 8.4 بیرونی ہیجان اور خود ہیجان یک سمت جنریٹر

بیرونی ہیجان<sup>6</sup> یک سمت جنریٹر کے میدانی لچھے کو بیرونی یک سمت برقی دباؤ مہیا کی جاتی ہے جبکہ خود ہیجان<sup>7</sup> یک سمت جنریٹر کے میدانی لچھے کو اس جنریٹر کی اپنی پیدا کردہ محرک برقی دباؤ ہی مہیا کی جاتی ہے۔ یک سمت جنریٹر کی کارکردگی اس کو ہیجان کرنے کے طریقے پر منحصر ہے۔

<sup>6</sup> separately excited  
<sup>7</sup> self excited



شکل 8.10: بیرونی ہیجان اور خود ہیجان یک سمت جزیئر۔



شکل 8.11: میدانی برقی رو سے محرکی برقی دباؤ کا پلوکی جاتی ہے۔

شکل 8.10-الف میں قوی لچھے<sup>8</sup> اور میدانی لچھے<sup>9</sup> کو آپس میں عمودی بنایا گیا ہے۔ یہ ایک سادہ طریقہ ہے جس سے یہ یاد رہتا ہے کہ ان لچھوں کی پیدا کردہ مقناطیسی دباؤ عمودی ہیں۔ یہاں قوی لچھے کی شکل میکانیکی سمت کار کی طرح بنائی گئی ہے۔

چونکہ میدانی اور قوی لچھوں کی مقناطیسی دباؤ عمودی ہیں ہم اس سے یہ اخذ کرتے ہیں کہ ایک لچھے کی برقی دباؤ دوسرے لچھے کی برقی دباؤ پر اثر انداز نہیں ہوتی۔ اس کا مطلب ہے کہ مقناطیسی قالب کی کسی ایک سمت میں سیرابیت اس سمت کی عمودی سمت میں سیرابیت پر اثر انداز نہیں ہوتی۔

شکل 8.10-الف میں بیرونی ہیجان مشین کی میدانی لچھے کو بیرونی یک سمت برقی طاقت مہیا کی گئی ہے۔ یوں میدانی لچھے کی برقی رو تبدیل کر کے اس کی میدانی مقناطیسی دباؤ  $\tau_m$ ، میدانی مقناطیسی بہاؤ  $\phi_m$  اور کشاف مقناطیسی

<sup>8</sup>armature coil  
<sup>9</sup>field coil

بہاو  $B_m$  تبدیل کی جاسکتی ہے۔ یوں جنریٹر کی محرک برقی دباؤ مساوات 8.1 کے تحت تبدیل کی جاسکتی ہے یا پھر موٹر کی قوت مروڑ مساوات 8.8 کے تحت تبدیل کی جاسکتی ہے۔

برقی رو بڑھانے سے قالب کا سیراب ہونا شکل 8.11 میں واضح ہے۔ یوں برقی رو بڑھاتے ہوئے شروع میں محرک برقی دباؤ اور میدانی لچھے کی برقی رو براہ راست متناسب ہوگی جبکہ زیادہ برقی رو پر ایسا نہیں۔ شکل میں خط ب مشین کے کھلے سرے معائنہ سے حاصل کی جاسکتی ہے۔ اس شکل میں محرک برقی دباؤ کو  $e$  کی بجائے  $e_{q0}$  لکھ کر اس بات کی یاد دہیائی کرائی گئی ہے کہ یہ محرک دباؤ قوی لچھے سے حاصل کی گئی ہے اور یہ ایک معین رفتار  $\omega_0$  پر حاصل کی گئی ہے۔ اگر کسی اور رفتار  $\omega$  پر اس خط سے محرک برقی دباؤ  $e_q$  حاصل کرنی ہو تو مساوات 8.4 کی مدد سے

$$(8.9) \quad \frac{e_q}{e_{q0}} = \frac{\frac{n}{2}\omega NAB_m}{\frac{n}{2}\omega_0 NAB_m} = \frac{\omega}{\omega_0}$$

یعنی

$$(8.10) \quad e_q = \frac{rpm}{rpm_0} e_{q0}$$

جہاں رفتار کو چکر فی منٹ  $^{10}$  میں بھی لیا گیا ہے۔ یاد رہے کہ یہ مساوات صرف اُس صورت میں درست ہے جب مقناطیسی میدان تبدیل نہ ہو۔

مقناطیسی قالب اگر مقناطیس بنائی جائے تو اس میں بقایا مقناطیسی بہاو رہتی ہے۔ یہ شکل کے حصہ الف میں دکھائی گئی ہے۔ یوں اگر میدانی لچھے کو ہیجان نہ بھی کیا جائے تو جنریٹر کچھ محرک برقی دباؤ پیدا کرے گی  $^{11}$ ۔ یہ بقایا محرک برقی دباؤ شکل ب میں صفر میدانی برقی رو پر دکھائی گئی ہے۔

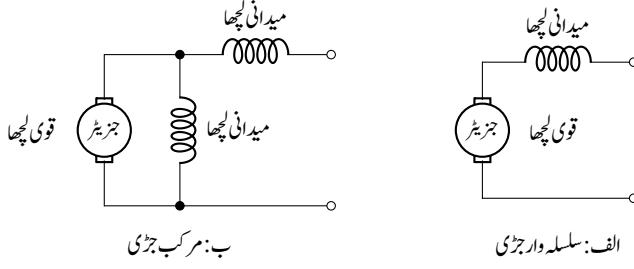
اگر خود ہیجان جنریٹر کو ساکن حال سے چالو کیا جائے تو بقایا محرک برقی دباؤ پیدا ہوگی۔ اس محرک برقی دباؤ سے میدانی لچھے میں برقی رو رواں ہوگا اور یوں مقناطیسی میدان پیدا ہوگا جس سے مشین ذرا زیادہ ہیجان ہو جائے گا اور یوں اس کی محرک برقی دباؤ بھی کچھ بڑھ جائے گی۔ اس طرح کرتے کرتے مشین جلد پوری محرک برقی دباؤ پیدا کرنے شروع ہوتا ہے۔ یہ سب اسی اثنا میں ہوتا ہے جب مشین کی رفتار بڑھ رہی ہوتی ہے۔

شکل 8.10-ب میں خود ہیجان مشین دکھائی گئی ہے جس کے میدانی اور قوی لچھے متوازی جڑے ہیں۔ اس طرح جڑی جنریٹر کو خود ہیجان متوازی جڑی  $^{12}$  جنریٹر کہتے ہیں۔ اس شکل میں میدانی لچھے کے ساتھ ایک مزاحمت سلسلہ وار جڑی ہے۔ اس مزاحمت کو تبدیل کر کے میدانی برقی رو تبدیل کی جاتی ہے جس سے بالکل بیرونی ہیجان مشین کی طرح جنریٹر کی محرک برقی دباؤ یا موٹر کی قوت مروڑ تبدیل کی جاتی ہے۔

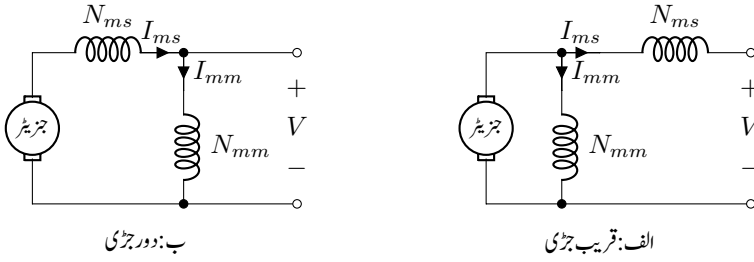
$^{10}$  rpm, rounds per minute

$^{11}$  آپ ٹھیک سوچ رہے ہیں۔ جنریٹر بنانے والے کارخانے میں قالب کو پہلی مرتبہ مقناطیس بنانا پڑتا ہے

$^{12}$  parallel connected



شکل 8.12: سلسلہ وار اور مرکب جزیئر خود پہچان جزیئر۔



شکل 8.13: مرکب قریب جزیئر اور مرکب دور جزیئر خود پہچان جزیئر

شکل 8.12 میں خود پہچان جزیئر کی دو اور قسمیں دکھائی گئی ہیں۔ ایک خود پہچان سلسلہ وار جزیئر اور دوسری خود پہچان مرکب جزیئر ہے۔ سلسلہ وار جزیئر میں میدان قوی لچھے سلسلہ وار جڑے ہوتے ہیں۔ مرکب جزیئر میں میدان لچھے کے دو حصے ہوتے ہیں جن میں ایک قوی لچھے کے متوازی اور دوسرا اس کے سلسلہ وار جڑے ہوتے ہیں۔ مزید یہ کہ متوازی جڑا حصہ قوی لچھے کے قریب ہو سکتا ہے یا پھر یہ سلسلہ وار لچھے کے دوسری جانب یعنی دور جڑا ہو سکتا ہے۔ پہلی صورت میں اسے قریب جزیئر مرکب جزیئر اور دوسری صورت میں دور جزیئر مرکب جزیئر کہیں گے۔ شکل 8.13 میں مرکب جزیئر کے دونوں اشکال دکھائے گئے ہیں۔

یک سمت موٹر بھی اسی طرح پکارے جاتے ہیں۔ یعنی شکل 8.10 کی طرح جزیئر دو موٹروں کو بیرونی پہچان موٹر اور خود پہچان متوازی جزیئر موٹر کہیں گے۔ موٹر میں قوی لچھے کی برقی رو کی سمت جزیئر کے برقی رو کی سمت کے الٹ ہوتی ہے۔

ہر طرح جزیئر یک سمت جزیئر کی میدانی مقناطیسی دباؤ اس کے میدانی لچھے کے چکر ضرب برقی رو کے برابر ہوتی

ہے یعنی

$$(8.11) \quad \tau = N_m I_m$$

شکل 8.10 میں خود ہیجان متوازی جڑی جنریٹر کی میدانی لچھے میں برقی رو اس لچھے اور اس کے ساتھ جڑی مزاحمت کے مجموعہ مزاحمت  $R = R_m + R'_m$  پر منحصر ہوگی یعنی  $I_m = \frac{V}{R}$  یوں خود ہیجان متوازی جڑی جنریٹر کے لئے اس مساوات کو یوں لکھا جائے گا۔

$$(8.12) \quad \tau_{m,m} = \frac{I_m V}{R_m + R'_m}$$

سلسلہ وار جڑی جنریٹر میں میدانی برقی رو جنریٹر کے قوی لچھے کی برقی رو کے برابر ہوتی ہے لہذا اس صورت میں اس مساوات کو یوں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(8.13) \quad \tau_{m,s} = N_m I_q$$

شکل 8.13 میں مرکب جنریٹر میں میدانی مقناطیسی دباؤ کے دو حصے ہیں۔ اس میں  $N_{mm}$  چکر کے متوازی جڑے میدانی لچھے میں برقی رو  $I_{mm}$  اور  $N_{ms}$  چکر کے سلسلہ وار جڑے میدانی لچھے میں برقی رو  $I_{ms}$  ہے لہذا

$$(8.14) \quad \tau_{m,mk} = N_{ms} I_{ms} + N_{mm} I_{mm}$$

## 8.5 یک سمت مشین کی کارکردگی کے خط

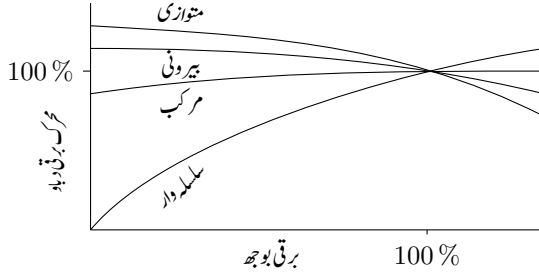
### 8.5.1 حاصل برقی دباؤ بالمقابل برقی بوجھ

مختلف طریقوں سے جڑے یک سمت جنریٹروں سے حاصل برقی دباؤ بمقابلہ ان پر لدے برقی بوجھ کے خط شکل 8.14 میں دکھائے گئے۔ گھومتی رفتار معین تصور کی گئی ہے۔ دھرے پر لاگو بیرونی میکانیکی طاقت جنریٹر کی قوت مروڑ کے خلاف اسے گھمائے گی۔

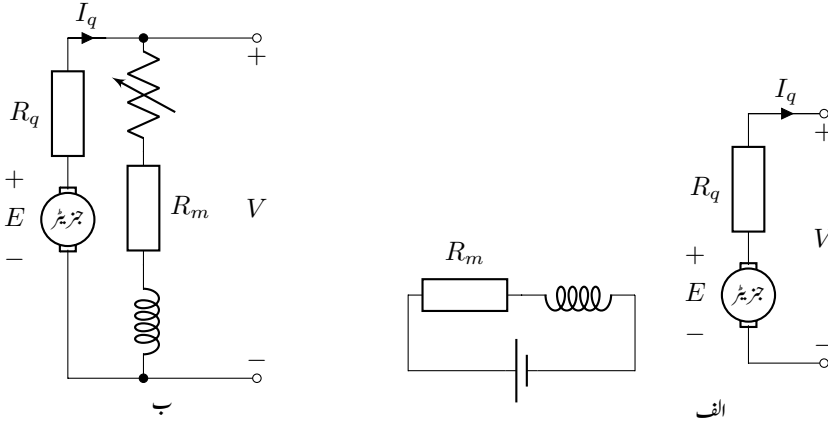
ان خط کو سمجھنے کی خاطر پہلے بیرونی ہیجان جنریٹر پر غور کرتے ہیں جس کی مساوی برقی دور شکل 8.15-الف میں دی گئی ہے۔ بیرونی ہیجان جنریٹر پر برقی بوجھ لادنے سے اس کے قوی لچھے کی مزاحمت  $R_q^{13}$  میں برقی رو  $I_q$  گزرنے

<sup>13</sup> علامت  $R_q$  کے زیر نوشت میں لفظ قوی کے پہلی حرف ق کو ظاہر کرتی ہے۔





شکل 8.14: یک سمت جنریٹر کی محرک برقی دباؤ بمقابلہ برقی بوجھ کے خط۔



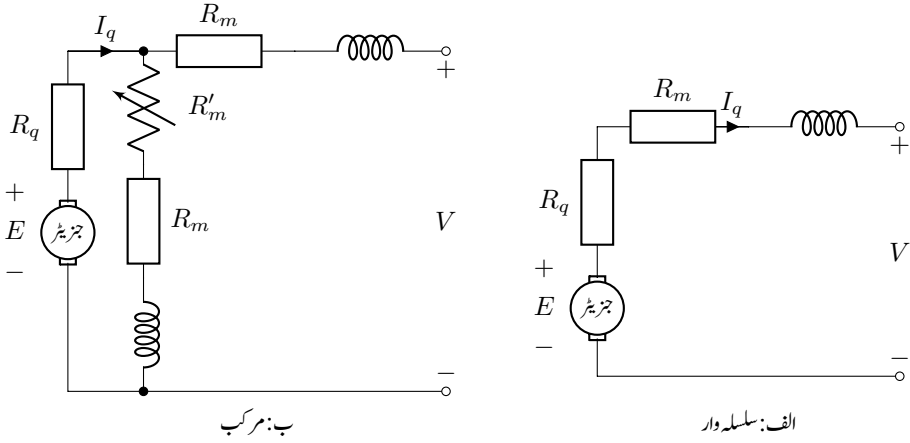
شکل 8.15: بیرونی ہیجان اور متوازی جڑی جنریٹر کی مساوی برقی دور۔

اس میں برقی دباؤ گھٹتی ہے۔ لہذا جنریٹر سے حاصل برقی دباؤ  $V$ ، جنریٹر کی اندرونی محرک برقی دباؤ  $E_q$  سے قدر کم ہوتی ہے یعنی

$$(8.15) \quad V = E_q - I_q R_q$$

برقی بوجھ  $I_q$  بڑھانے سے جنریٹر سے حاصل برقی دباؤ کم ہوگی۔ شکل میں بیرونی ہیجان جنریٹر کی خط ایسا ہی رجحان ظاہر کرتی ہے۔ حقیقت میں کچھ اور وجوہات بھی کار آمد ہوتے ہیں جن سے یہ خط سیدھی نہیں بلکہ جھکی ہوتی ہے۔

متوازی جڑی جنریٹر کے خط کا یہی رجحان ہے۔ متوازی جڑی جنریٹر پر بھی برقی بوجھ لادنے سے قوی لچھے کی مزاحمت میں برقی دباؤ گھٹتی ہے۔ یوں اس کے میدان لچھے پر لاگو برقی دباؤ کم ہو جاتی ہے جس سے میدانی لچھے میں برقی رو



شکل 8.16: سلسلہ وار اور مرکب جزیئر کے مساوی برقی دور۔

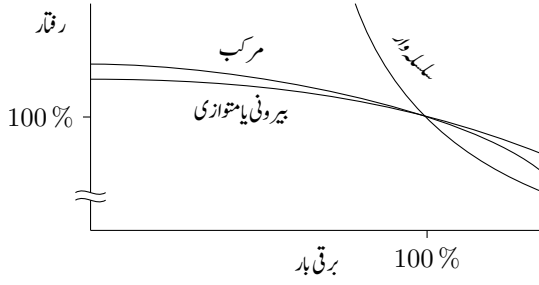
بھی گھٹتی ہے۔ اس سے محرک برقی دباؤ مزید کم ہوتی ہے۔ اس طرح ان جزیئر سے حاصل برقی دباؤ بمقابلہ برقی بوجھ کے خط کی ڈھلان بیرونی پیمانہ جزیئر کی خط سے زیادہ ہوتی ہے۔

شکل 8.16 میں سلسلہ وار اور مرکب جزیئر کی مساوی برقی دباؤ دکھائے گئے ہیں۔ سلسلہ وار جزیئر کے میدانی لچھے میں لدے بوجھ کی برقی رو ہی گزرتی ہے۔ اس طرح بوجھ بڑھانے سے میدانی مقناطیسی دباؤ بھی بڑھتی ہے جس سے محرک برقی دباؤ بڑھتی ہے۔ اس کا خط یہی دکھا رہا ہے۔ اس طرح جزیئر عموماً استعمال نہیں ہوتے چونکہ ان سے حاصل برقی دباؤ، بوجھ کے ساتھ بہت زیادہ تبدیل ہوتی ہے۔

مرکب جزیئر کی کارکردگی سلسلہ وار اور متوازی جزیئر کے مابین ہے۔ مرکب جزیئر میں بوجھ بڑھانے سے قوی لچھے کی وجہ سے حاصل برقی دباؤ میں کمی کو میدانی لچھے کی بڑھتی مقناطیسی دباؤ پورا کرتی ہے۔ یوں مرکب جزیئر سے حاصل برقی دباؤ اس پر لدے بوجھ کے ساتھ بہت کم تبدیل ہوتی ہے۔

بیرونی پیمانہ، متوازی اور مرکب جزیئر سے حاصل برقی دباؤ کو متوازی جزیئر لچھے میں برقی رو کی مدد سے وسیع حد تک تبدیل کیا جاسکتا ہے۔

قوی لچھا چونکہ برقی بوجھ کو درکار برقی رو فراہم کرتی ہے لہذا یہ موٹی موصل تار کی بنی ہوئی ہے اور اس کے عموماً کم چکر ہوتے ہیں۔ سلسلہ وار جزیئر کے میدانی لچھے سے چونکہ مشین کا پوری برقی رو ہی گزرتا ہے لہذا یہ بھی موٹی موصل تار کی بنی ہوئی ہے۔ باقی آلوں میں میدانی لچھے میں پورے برقی بوجھ کے چند ہی فی صد برقی رو گزرتی ہے لہذا یہ باریک موصل تار کی بنائی جاتی ہے اور اس کے عموماً زیادہ چکر ہوتے ہیں۔



شکل 8.17: یک سمت موٹر کی میکانیکی بوجھ بمقابلہ رفتار کے خط۔

## 8.5.2 رفتار بالمقابل قوت مروڑ

یہاں بھی شکل 8.15 اور شکل 8.16 سے رجوع کریں البتہ شکل میں برقی رو کی سمتیں الٹ کر دیں۔ یک سمت موٹر بھی جنریٹروں کی طرح مختلف طریقوں سے جڑے جاتے ہیں۔ موٹر کو معین بیرونی برقی دباؤ دی جاتی ہے جہاں سے یہ برقی رو حاصل کرتی ہے۔ برقی رو باہر سے قوی لچھے کی جانب چلتی ہے لہذا موٹر کے لئے لکھا جائے گا

$$V = E_q + I_q R_q$$

$$I = \frac{V - E_q}{R_q} \quad (8.16)$$

بیرونی ہیجان اور متوازی جڑی موٹروں میں میدانی لچھے کو برقرار معین بیرونی برقی دباؤ فراہم کی جاتی ہے لہذا میدانی مقناطیسی بہاؤ پر میکانیکی بوجھ کا کوئی اثر نہیں۔ بڑھتی میکانیکی بوجھ اٹھانے کی خاطر مساوات 8.8 کے تحت قوی لچھے کی مقناطیسی بہاؤ بڑھنی ہوگی۔ یہ تب ممکن ہو گا کہ اس میں برقی رو بڑھے۔ مساوات سے ہم دیکھتے ہیں کہ قوی لچھے کی محرک برقی دباؤ  $E_q$  گھٹنے سے ہی ایسا ممکن ہے۔  $E_q$  موٹر کی رفتار پر منحصر ہے لہذا موٹر کی رفتار کم ہو جائے گی۔ یوں میکانیکی بوجھ بڑھانے سے موٹر کی رفتار کم ہوتی ہے۔ شکل 8.17 میں یہ دکھایا گیا ہے۔

متوازی جڑی یا بیرونی ہیجان موٹر تقریباً معین رفتار ہی برقرار رکھتی ہے۔ اس کی رفتار بے بوجھ حالت سے پوری طرح بوجھ بردار حالت تک تقریباً صرف پانچ فی صد گھٹتی ہے۔ ان موٹروں کی رفتار نہایت آسانی سے میدانی لچھے کی برقی رو تبدیل کر کے تبدیل کی جاتی ہے۔ ایسا میدانی لچھے کے ساتھ سلسلہ وار جڑی مزاحمت کی تبدیلی سے کیا جاتا ہے۔ ان کی رفتار یوں وسیع حدوں کے مابین تبدیل کرنا ممکن ہوتا ہے۔ موٹر پر لاگو بیرونی برقی دباؤ تبدیل کر کے بھی رفتار قابو کی جاسکتی ہے۔ ایسا عموماً قوی الیکٹرانکس کی مدد سے کیا جاتا ہے۔

ان موٹر کی ساکن حال سے چالو کرتے لمحہ کی قوت مروڑ اور ان کی زیادہ سے زیادہ قوت مروڑ قوی لچھے تک برقی رو پہنچانے کی صلاحیت پر منحصر ہے یعنی یہ میکانی سمت کار پر منحصر ہے۔

سلسلہ وار جڑی موٹر پر لدی میکانی بوجھ بڑھانے سے اس کے قوی اور میدانی لچھوں میں برقی رو بڑھے گی۔ میدانی مقناطیسی بہاو بڑھے گی اور مساوات 8.16 کے تحت  $E_q$  کم ہوگی جو موٹر کی رفتار کم ہونے سے ہوتی ہے۔ بوجھ بڑھانے سے ان موٹر کی رفتار کافی زیادہ کم ہوتی ہے۔ ایسے موٹر ان جگہوں بہتر ثابت ہوتے ہیں جہاں زیادہ قوت مروڑ درکار ہو۔ بڑھتی قوت مروڑ کے ساتھ ان کی رفتار کم ہونے سے ان کو درکار برقی طاقت قوت مروڑ کے ساتھ زیادہ تبدیل نہیں ہوتا۔

یہاں اس بات کا ذکر ضروری ہے کہ بے بوجھ سلسلہ وار جڑی موٹر کی رفتار خطرناک حد تک بڑھ سکتی ہے۔ ایسے موٹر کو استعمال کرتے وقت اس بات کا خاص خیال رکھنا ضروری ہے کہ موٹر ہر لمحہ بوجھ بردار رہے۔

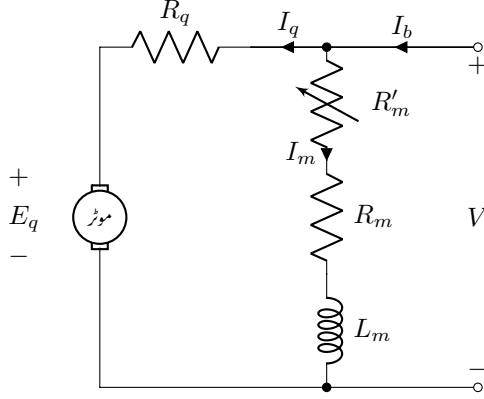
ساکن حالت سے موٹر چالو کرتے وقت  $I_q$  کی قیمت زیادہ ہوتی ہے جس سے زیادہ مقناطیسی بہاو پیدا ہوتا ہے۔ یوں چالو کرتے وقت موٹر کی قوت مروڑ خاصی زیادہ ہوتی ہے۔ یہ ایک اچھی خوبی ہے جس سے بوجھ بردار ساکن موٹر کو چالو کرنا آسان ہوتا ہے۔

مرکب موٹروں میں ان دو قسموں کی موٹروں کے خصوصیات پائے جاتے ہیں۔ جہاں بوجھ بردار موٹر چالو کرنا ضروری ہو لیکن رفتار میں سلسلہ وار موٹر جتنی تبدیلی منظور نہ ہو وہاں مرکب موٹر کارآمد ثابت ہوتے ہیں۔

مثال 8.2: ایک 75 کلو واٹ 415 ولٹ اور 1200 چکر فی منٹ کی رفتار سے چلنے والے متوازی جڑی یک سمت موٹر کے قوی لچھے کی مزاحمت 0.072 اوہم اور اس کی میدانی لچھے کی مزاحمت 83.2 اوہم ہے۔ موٹر جس بوجھ سے لدا ہے اس پر موٹر 1123 چکر فی منٹ کی رفتار سے چلتے ہوئے 112 ایمپیئر لے رہی ہے۔

- میدانی برقی رو اور قوی لچھے کی برقی رو حاصل کریں۔
- موٹر کی اندرونی پیدا کردہ برقی دباو حاصل کریں۔
- اگر میدانی لچھے کی مزاحمت 100.2 اوہم کر دی جائے مگر قوی لچھے کی برقی رو تبدیل نہ ہو تو موٹر کی رفتار حاصل کریں۔ قالب کی سیرایت کو نظر انداز کریں۔

حل:



شکل 8.18: یک سمت موٹر کی مثال۔

- شکل 8.18 سے رجوع کریں۔ 415 وولٹ پر میدانی لچھے کی برقی رو

$$I_m = \frac{V}{R_m + R'_m} = \frac{415}{83.2} = 4.988 \text{ A}$$

ہوگی۔ یوں قوی لچھے کی برقی رو  $I_q = I_b - I_m = 112 - 4.988 = 107.012 \text{ A}$  ہے۔

- یوں یک سمت موٹر کی اندرونی پیدا کردہ برقی دباؤ

$$E_q = V - I_q R_q = 415 - 107.012 \times 0.072 = 407.295 \text{ V}$$

ہے۔

- اگر میدانی لچھے کی مزاحمت 100.2 اوہم کر دی جائے تب

$$I_m = \frac{V}{R_m + R'_m} = \frac{415}{100.2} = 4.1417 \text{ A}$$

ہوگی۔

- اگر قوی لچھے کی برقی رو 107.012 ایمپیر ہی رکھی جائے تب

$$E_q = V - I_q R_q = 415 - 107.012 \times 0.072 = 407.295 \text{ V}$$

ہی رہے گی۔

- مساوات 8.4 کی مدد سے چونکہ اندرونی پیدا کردہ برقی دباؤ تبدیل نہیں ہوئی مگر مقناطیسی بہاؤ تبدیل ہوا ہے لہذا موٹر کی رفتار تبدیل ہوگی۔ ان دو مقناطیسی بہاؤ اور رفتاروں پر اس مساوات کی نسبت

$$\frac{E_{q1}}{E_{q2}} = \frac{\frac{n}{2}\omega_1 N \phi_{m1}}{\frac{n}{2}\omega_2 N \phi_{m2}}$$

میں چونکہ  $E_{q1} = E_{q2}$  لہذا  $\omega_1 \phi_{m1} = \omega_2 \phi_{m2}$  ہو گا۔ قلبی سیرایت کو نظر انداز کرتے ہوئے چونکہ مقناطیسی بہاؤ میدانی دباؤ پر منحصر ہے جو از خود میدانی برقی رو پر منحصر ہے۔ لہذا اس آخری مساوات کو یوں لکھ سکتے ہیں۔

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{rpm_1}{rpm_2} = \frac{\phi_{m2}}{\phi_{m1}} = \frac{I_{m2}}{I_{m1}}$$

جس سے نئی رفتار

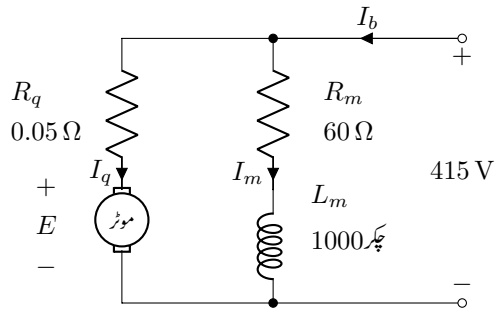
$$rpm_2 = \frac{I_{m1}}{I_{m2}} \times rpm_1 = \frac{4.988}{4.1417} \times 1123 = 1352.47$$

چکر فی منٹ حاصل ہوتی ہے۔ اس مثال میں ہم دیکھتے ہیں کہ میدانی برقی رو کم کرنے سے موٹر کی رفتار بڑھتی ہے۔

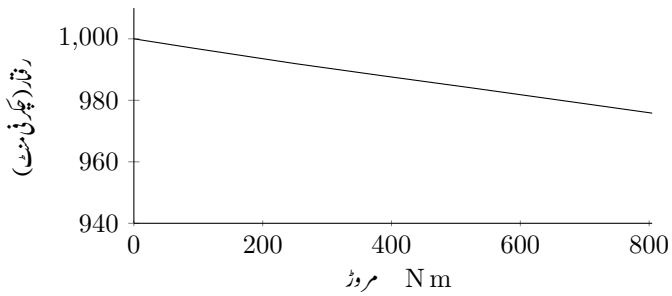
□

مثال 8.3: ایک 60 کلو واٹ، 415 وولٹ، 1000 چکر فی منٹ متوازی جڑی یک سمت موٹر کی قوی لچھے کی مزاحمت 0.05 اوہم اور میدانی لچھے کی 60 اوہم ہے۔ بے بوجھ موٹر کی رفتار 1000 چکر فی منٹ ہے۔ میدانی لچھا 1000 چکر کا ہے۔

- جب یہ موٹر ایمپیئر لے رہی ہو اس وقت اس کی رفتار معلوم کریں۔
- 140 ایمپیئر پر اس کی رفتار معلوم کریں۔
- 210 ایمپیئر پر اس کی رفتار معلوم کریں۔
- اس موٹر کی رفتار بالمقابل قوت مروڑ ترسیم کریں۔



شکل 8.19: متوازی جڑی موٹر کی مثال۔



شکل 8.20: رفتار بالمقابل قوت مروڑ۔

حل:

- شکل 8.19 میں یہ موٹر دکھائی گئی ہے۔ متوازی میدان لچھے کی برقی رو پر بوجھ لادنے سے کوئی فرق نہیں پڑتا۔ لہذا میدانی مقناطیسی بہاؤ بے بوجھ اور بوجھ بردار موٹر میں یکساں ہے۔ بے باریک سمت موٹر کی قوی لچھے کی برقی رو  $I_q$  قابلہ نظر انداز ہوتی ہے۔ اس طرح مساوات 8.16 اور مساوات 8.10 سے

$$E_q = V - I_q R_q = 415 - 0 \times R_q = 415 \text{ V}$$

$$I_m = \frac{V}{R_m} = \frac{415}{60} = 6.916 \text{ A}$$

یعنی 415 وولٹ محرکی برقی دباؤ پر رفتار 1000 چکر فی منٹ یا 16.66 چکر فی سیکنڈ ہے۔ 70 ایمپیر برقی بوجھ پر بھی  $I_m = 6.916 \text{ A}$  ہی ہے جبکہ

$$I_q = I_b - I_m = 70 - 6.916 = 63.086 \text{ A}$$

لہذا مساوات 8.16 سے اس صورت میں

$$E_q = V - I_q R_q = 415 - 63.086 \times 0.05 = 411.8458 \text{ V}$$

اور مساوات 8.10 سے رفتار (چکر فی منٹ) یوں حاصل ہوتا ہے

$$rpm = \frac{e_q}{e_{q0}} rpm_0 = \frac{411.8458}{415} \times 1000 = 991.95$$

- یہی کچھ دوبارہ کرتے ہیں۔ یہاں  $I_b = 140 \text{ A}$  ہے۔

$$I_q = I_b - I_m = 140 - 6.916 = 133.084 \text{ A}$$

$$E_q = 415 - 133.084 \times 0.05 = 408.3458 \text{ V}$$

$$rpm = \frac{408.3458}{415} \times 1000 = 983.96$$

- یہاں  $I_b = 210 \text{ A}$  ہے۔

$$I_q = I_b - I_m = 210 - 6.916 = 203.084 \text{ A}$$

$$E_q = 415 - 203.084 \times 0.05 = 404.8458 \text{ V}$$

$$rpm = \frac{404.8458}{415} \times 1000 = 975.83$$



- موٹر میں طاقت کے ضیاع کو نظر انداز کرتے ہیں۔ یوں اس کی میکانی طاقت اسے فراہم کی گئی برقی طاقت کے برابر ہوگی یعنی

$$(8.17) \quad e_q I_q = T\omega$$

یوں پچھلے جزو سے حاصل جوابات کی مدد سے بے بوجھ موٹر کی قوت مروڑ صفر ہوگی یعنی  $T_0 = 0 \text{ N m}$  جبکہ 70 ایمپیر پر قوت مروڑ کی قیمت

$$T_{70} = \frac{e_q I_q}{\omega} = \frac{411.8458 \times 63.086}{2 \times \pi \times 16.5325} = 250 \text{ N m}$$

ہوگی۔ یہاں 991.95 چکر فی منٹ کی رفتار کو 16.5325 ہرٹز لکھا گیا ہے۔ اسی طرح

$$T_{140} = \frac{e_q I_q}{\omega} = \frac{408.3458 \times 133.084}{2 \times \pi \times 16.399} = 527 \text{ N m}$$

$$T_{210} = \frac{e_q I_q}{\omega} = \frac{404.8458 \times 203.084}{2 \times \pi \times 16.26} = 805 \text{ N m}$$

یہ نتائج شکل 8.20 میں ترسیم کئے گئے ہیں۔



- earth, 97
- eddy current loss, 64
- eddy currents, 63, 130
- electric field
  - intensity, 12
- electrical rating, 61
- electromagnet, 135
- electromotive force, 63, 141
- emf, 141
- enamel, 64
- energy, 46
  - co, 117
- Euler, 22
- excitation current, 54, 62, 63
- excitation voltage, 63
- excite, 63
- excited coil, 63
  
- Faraday's law, 40, 129
- field coil, 135, 255
- flux, 32
- Fourier series, 65, 145
- frequency, 134
- fundamental, 146
- fundamental component, 66
  
- generator
  - ac, 163
- ground current, 97
- ground wire, 97
  
- harmonic, 146
  
- ampere-turn, 35
- armature coil, 135, 255
  
- carbon bush, 181
- cartesian system, 6
- charge, 12, 140
- circuit breaker, 183
- coercivity, 48
- coil
  - high voltage, 58
  - low voltage, 58
  - primary, 57
  - secondary, 57
- commutator, 168, 245
- conductivity, 27
- conservative field, 113
- core, 57, 130
- core loss, 64
- core loss component, 66
- Coulomb's law, 12
- cross product, 15
- cross section, 11
- current
  - transformation, 68
- cylindrical coordinates, 7
  
- delta connected, 96
- design, 199
- differentiation, 20
- dot product, 17
  
- E,I, 64

parallel connected, 257  
 permeability, 28  
     relative, 28  
 phase current, 97  
 phase difference, 24  
 phase voltage, 97  
 phasor, 23  
 pole  
     non-salient, 143  
     salient, 143  
 power, 46  
 power factor, 24  
     lagging, 24  
     leading, 24  
 power factor angle, 24  
 power-angle law, 192  
 primary  
     side, 57  
  
 rating, 99, 100  
 rectifier, 168  
 relative permeability, 28  
 relay, 105  
 reluctance, 27  
 residual magnetic flux, 48  
 resistance, 27  
 rms, 21, 52, 168  
 rotor, 39  
 rotor coil, 108  
 rpm, 159  
  
 saturation, 49  
 scalar, 3  
 self excited, 255  
 self flux linkage, 45  
 self inductance, 45  
 separately excited, 255  
 side  
     secondary, 57  
 single phase, 25, 61  
 slip, 213  
 slip rings, 180, 235

harmonic components, 66  
 Henry, 41  
 hunting, 182  
 hysteresis loop, 48  
  
 impedance transformation, 73  
 induced voltage, 40, 51, 63  
 inductance, 41  
     leakage, 187  
  
 Joule, 46  
  
 lagging, 24  
 laminations, 33, 64, 130  
 leading, 24  
 leakage inductance, 81  
 leakage reactance, 81  
 line current, 97  
 line voltage, 97  
 linear circuit, 230  
 load, 101  
 Lorentz law, 140  
 Lorenz equation, 106  
  
 magnetic constant, 28  
 magnetic core, 33  
 magnetic field  
     intensity, 13, 35  
 magnetic flux  
     density, 35  
     leakage, 81  
 magnetizing current, 66  
 mmf, 32  
 model, 83, 211  
 mutual flux linkage, 45  
 mutual inductance, 45  
  
 name plate, 100  
 non-salient poles, 181  
  
 Ohm's law, 28  
 open circuit test, 89  
 orthonormal, 5

unit vector, 4

VA, 78

vector, 4

volt, 140

volt-ampere, 78

voltage, 140

DC, 168

transformation, 67

Watt, 46

Weber, 35

winding

distributed, 143

winding factor, 151

star connected, 96

stator, 39

stator coil, 108, 131

steady state, 179

step down transformer, 60

step up transformer, 60

surface density, 13

synchronous, 134

synchronous inductance, 188

synchronous speed, 159, 180

Tesla, 35

theorem

maximum power transfer, 233

Thevenin theorem, 230

three phase, 61, 95

time period, 103, 145

torque, 169, 213

pull out, 182

transformer

air core, 61

communication, 61

ideal, 67

oil, 79

transient state, 179

- ابتدائی  
جانب، 57  
لچھا، 57  
ارتباط بہاؤ، 41  
اضافی  
زاویائی رفتار، 216  
اکائی سمتیہ، 4  
امالہ، 41  
رستا، 187  
امالی  
برقی دباؤ، 51  
امالی برقی دباؤ، 63، 40  
اوہم میٹر، 242  
ایک، تین پتیاں، 64  
ایک میٹر چکر، 35  
بار، 140  
برقرار چالو، 103، 179  
برقی بار، 12، 140  
برقی دباؤ، 30، 140  
تبادلہ، 58، 67  
محرك، 141  
ہیجانی، 189  
ایک سمت، 168  
برقی رو، 30  
بھنور نما، 130  
تبادلہ، 68  
ہیجان انگیز، 54  
برقی سکت، 61  
برقی میدان، 12  
شدت، 12، 30  
بش، 181  
بناوٹ، 89  
بنیادی جزو، 66، 146  
بوچھ، 101  
بھٹی، 119  
بھنور نما  
برقی رو، 63  
ضیاع، 64  
بھنور نما برقی رو، 130  
بے بوچھ، 62
- پتیری، 33، 130  
پتیاں، 64  
پورا بوچھ، 201  
پیش زاویہ، 24  
تاخیری، 82  
تاخیری زاویہ، 24  
تار کا برقی دباؤ، 97  
تار کا برقی رو، 97  
تانبہ، 30  
تبادلہ  
رکاوٹ، 73  
تختی، 100  
تعدد، 134  
تعقب، 182  
تفرق، 20  
جزوی، 20  
تکونی جوڑ، 96  
توانائی، 46  
ہمہ، 117  
تین دوری، 61، 95  
ٹرانسفارمر  
برقی دباؤ والا، 61  
بوچھ بردار، 70  
تیل، 79  
خلائی قالب، 61  
دباؤ بڑھاتا، 60  
دباؤ گھٹاتا، 60  
ذرائع ابلاغ، 61  
رووالا، 61  
کامل، 67  
ٹسلا، 35  
ٹھنڈی تار، 97  
ثانوی جانب، 57  
چاول، 46  
جزو  
پھیلاؤ، 151  
جزو طاقت، 24  
پیش، 24

- تانیخری، 24  
جزیرہ  
بدلتارو، 163  
جوڑ  
تکونی، 96  
ستارہ نما، 96  
چکری منٹ، 130  
چوٹی، 215  
حال  
عارضی، 179  
یکساں، 179  
خطی  
برقی دور، 230  
خودارتباط بہاؤ، 45  
خودامالہ، 45  
داخلی پیمانہ  
سلسلہ وار، 257  
متوازی، 257  
مرکب، 257  
دور چڑی مرکب، 257  
دور شکن، 183  
دوری سمتیہ، 190، 23  
دوری عرصہ، 145، 103  
رستا  
امالہ، 81  
متعاملہ، 81  
رستا متعاملیت، 221  
رفقار  
اضافی زاویائی، 216  
روغن، 64  
ریاضی نمونہ، 211، 83  
ریلے، 105  
زاویائی فرق، 24  
زاویہ جزو طاقت، 24  
زمین، 97  
زمینی برقی رو، 97  
زمینی تار، 97  
ساکن حصہ، 39  
ساکن لچھا، 108، 131  
ستارہ نما جوڑ، 96  
سرک، 213  
سرک چھلے، 180، 235  
سطحی تغل، 185  
سطحی کشاف، 13  
سکت، 100، 99  
سلسلہ وار، 149  
سمت کار، 245  
برقیاتی، 168  
میکانی، 168  
سمتیہ، 4  
عمودی اکائی، 5  
سمتی رفقار، 106  
سیرابیت، 49  
ضرب  
نقطہ، 17  
ضرب صلیبی، 15  
طاقت، 46  
طاقت بالقابل زاویہ، 192  
طول موج، 20  
عمودی تراش، 11  
رقبہ، 11  
غیر سمتی، 3  
غیر معاصر، 182  
فوریر، 254  
فوریر تسلسل، 145، 65  
فیراڈے  
قانون، 129، 40  
قالب، 130  
قالبی ضیاع، 64  
جزو، 66  
قانون

- 28، اوہم  
 12، کولب  
 140، لوریز  
 113، قدامت پسند میدان  
 257، قریب جڑی مرکب  
 قطب  
 181، 143، ابھرے  
 181، 143، ہموار  
 213، 169، قوت مروڑ  
 182، انتہائی  
 245، 211، قوی الیکٹر انکس  
 255، قوی لچھے  
 181، کاربن بش  
 204، کارگزاری  
 198، کپیٹر  
 کثافت  
 30، برقی رو  
 کثافت مقناطیسی بہاو  
 48، بقایا  
 40، کسر دور  
 97، گرم تار  
 39، گھومتا حصہ  
 108، گھومتا لچھا  
 لچھا  
 57، ابتدائی  
 143، پھیلے  
 43، پیچیدار  
 57، ثانوی  
 137، رخ  
 58، زیادہ برقی دباؤ  
 108، سائن  
 135، قوی  
 58، کم برقی دباؤ  
 108، گھومتا  
 135، میدانی  
 محدود  
 6، کار تیلی
- 7، نکلی  
 63، محرک برقی دباؤ  
 محوری  
 165، لمبائی  
 196، مخلوط عدد  
 257، مرکب جزئیہ  
 27، مزاحمت  
 106، مساوات لوریز  
 مسئلہ  
 230، قنون  
 233، زیادہ سے زیادہ طاقت کی منتقلی  
 45، مشیر کہ ارتباط امالہ  
 45، مشیر کہ امالہ  
 134، معاصر  
 180، مشین  
 188، معاصر امالہ  
 180، 159، معاصر رفتار  
 معائنہ  
 89، کھلا دور  
 مقناطیس  
 135، برقی  
 48، چال کا دائرہ  
 48، خاتم شدت  
 66، مقناطیسی برقی رو  
 32، مقناطیسی بہاو  
 81، رستا  
 35، کثافت  
 54، مقناطیسی چال  
 32، مقناطیسی دباؤ  
 145، رخ  
 57، 33، مقناطیسی قالب  
 170، 28، مقناطیسی مستقل  
 33، 28، جزو  
 35، 13، مقناطیسی میدان  
 شدت  
 52، 21، موثر  
 168، موثر قیمت  
 146، 66، موسیقائی جزو  
 27، موصلیت  
 255، میدانی لچھے

ہیجان انگیز	واٹ، 46
برقی دباؤ، 63	دولٹ، 140
برقی رو، 63	دولٹ-ایمپیر، 78
ہیجان انگیز برقی رو، 62	ویپر، 35
ہیجانی برقی دباؤ، 189	ویپر-چکر، 41
یک دوری، 25، 61	پچکا ہٹ، 27، 32
یک دوری برقی دباؤ، 97	ہیجان، 63
یک دوری برقی رو، 97	بیرونی، 255
یک سمت رو	خود، 255
مشین، 245	لچھا، 63
یولر مساوات، 22	