

# برقی آلات

خالد خان یوسفزئی

جامعہ کامیٹ، اسلام آباد

khalidyoufazai@comsats.edu.pk



# عنوان

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

13	سطحی اور حجمی 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 تریسی 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 کی سرکے اور گھومتی موجوں پر تبصرہ . . . . . 212
- 7.3 ساکن لچھوں میں امالی برقی دباؤ . . . . . 215
- 7.4 ساکن لچھوں کی موج کا گھومتے لچھوں کے ساتھ اضافی رفتار اور ان میں پیدا امالی برقی دباؤ . . . . . 215
- 7.5 گھومتے لچھوں کی گھومتی مقناطیسی دباؤ کی موج . . . . . 219
- 7.6 گھومتے لچھوں کے مساوی فرضی ساکن لچھے . . . . . 220
- 7.7 امالی موٹر کا مساوی برقی دور . . . . . 221
- 7.8 مساوی برقی دور پر غور . . . . . 226
- 7.9 امالی موٹر کا مساوی تھون دور یا ریاضی نمونہ . . . . . 230
- 7.10 پنجرانما امالی موٹر . . . . . 237
- 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 جزیئر کی برقی دباؤ . . . . . 251
- 8.3 قوت مروڑ . . . . . 253
- 8.4 بیرونی پیمان اور خود پیمان یک سمت جزیئر . . . . . 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 . . . . . 261







## باب 6

### یکساں حال، برقرار چالو معاصر مشین

معاصر مشین وہ گھومنے والی مشین ہے جو ایک مقررہ رفتار سے گھومتی ہے۔ یہ رفتار فراہم کردہ برقی دباؤ کے تعدد پر منحصر ہوتی ہے۔

کسی جزیئر پر بوجھ تبدیل کرنے یا اسے میکانی طاقت فراہم کرنے والے کی رفتار تبدیل کرنے کے چند ہی لمحات میں جزیئر نئی صورت حال کے مطابق دوبارہ برقرار صورت اختیار کر لیتا ہے۔ اس برقرار چالو حال میں اس کی رفتار، برقی دباؤ، برقی رو، درجہ حرارت وغیرہ تبدیل نہیں ہوتے ہیں۔ اسی طرح موٹر پر بوجھ تبدیل کرنے سے موٹر کی درکار طاقت اور برقی رو تبدیل ہوں گے۔ بوجھ تبدیل ہونے سے قبل موٹر ایک مستقل برقی رو حاصل کرتی اور ایک مستقل درجہ حرارت پر رہتی ہے۔ بوجھ تبدیل ہونے کے چند ہی لمحات میں موٹر دوبارہ ایک نئی برقرار چالو صورت اختیار کرتی ہے جہاں اس کا برقی رو ایک نئی قیمت پر برقرار رہتا ہے اور اس کا درجہ حرارت بھی ایک نئی قیمت اختیار کرتا ہے۔ دو مختلف برقرار چالو، یکساں صورتوں کے درمیان چند لمحات کے لئے مشین عارضی حال<sup>1</sup> میں ہوتی ہے۔ اس باب میں یکساں حال<sup>2</sup>، برقرار چالو معاصر مشین پر تبصرہ کیا جائے گا۔

معاصر مشین کے قوی لچھے عموماً ساکن جبکہ میدانی لچھے معاصر رفتار سے گھومتے ہیں۔ قوی لچھوں کا رو میدانی لچھوں کے رو کی نسبت بہت زیادہ ہوتا ہے اور اسے سرک چھلوں کے ذریعہ گزارنا مشکل ہوتا ہے لہذا قوی لچھوں کو ساکن رکھا جاتا ہے جبکہ میدانی لچھوں کو گھمایا جاتا ہے۔

<sup>1</sup> transient state  
<sup>2</sup> steady state

ہم دیکھ چکے ہیں کہ تین دوری ساکن لچھوں میں متوازن تین دوری برقی رو ایک گھومتے مقناطیسی دباؤ کی موج پیدا کرتے ہیں۔ اس گھومتے موج کی رفتار کو معاصر رفتار<sup>3</sup> کہتے ہیں۔ معاصر مشین کا گھومتا حصہ اسی رفتار سے گھومتا ہے۔

معاصر مشین کے میدانی لچھے کو یک سمت برقی رو درکار ہوتا ہے جو سرک چھلوں کے ذریعہ اس تک باہر سے پہنچانا جاتا ہے یا مشین کے دھرے پر نسب ایک چھوٹے یک سمت جزیئر سے اسے فراہم کیا جاتا ہے۔

میدانی لچھا ایک میدانی مقناطیسی دباؤ پیدا کرتا ہے جو اس لچھے کے ساتھ ساتھ معاصر رفتار سے گھومتا ہے۔ یوں معاصر مشین کے گھومتے لچھوں کے مقناطیسی دباؤ اور ساکن لچھوں کے مقناطیسی دباؤ معاصر رفتار سے گھومتے ہیں۔ اسی لئے انہیں معاصر مشین<sup>4</sup> کہتے ہیں۔

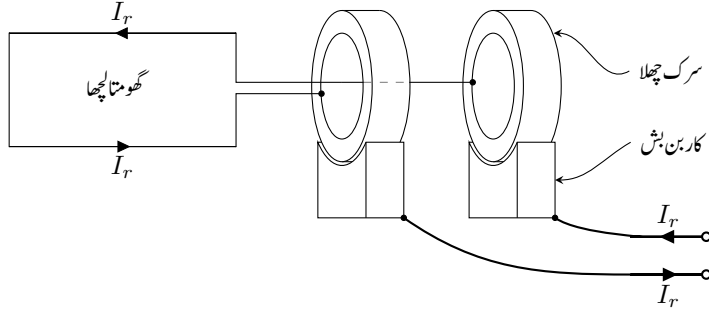
## 6.1 متعدد دوری معاصر مشین

معاصر مشین عموماً تین دوری ہوتے ہیں۔ تین دوری ساکن قوی لچھے خلائی درز میں  $120^\circ$  برقی زاویہ پر نسب ہوتے ہیں جبکہ میدانی لچھے گھومتے حصے پر نسب ہوتے ہیں اور ان میں یک سمت برقی رو ہوتا ہے۔

اگر مشین کے گھومتے حصے کو بیرونی میکانی طاقت سے گھمایا جائے تو یہ مشین ایک معاصر جزیئر کے طور پر کام کرتی ہے اور اس کے تین دوری ساکن قوی لچھوں میں تین دوری برقی دباؤ پیدا ہوتا ہے جس کا برقی تعدد گھومنے کی رفتار پر منحصر ہوتا ہے۔ اس کے برعکس اگر مشین کے تین دوری ساکن قوی لچھوں کو تین دوری برقی طاقت مہیا کی جائے تو یہ مشین ایک معاصر موٹر کے طور پر کام کرتی ہے جو معاصر رفتار سے گھومتی ہے۔ مشین کی کل برقی قوت کے چند فی صد برابر برقی قوت میدان لچھے کو درکار ہوتی ہے۔

گھومتے لچھے تک برقی دباؤ مختلف طریقوں سے پہنچایا جاتا ہے۔ شکل 6.1 میں گھومتے لچھے تک موصل سرک<sup>4</sup> چھلے کی مدد سے یک سمت برقی رو پہنچانے کا طریقہ دکھایا گیا ہے۔ یہ سرک چھلے اسی دھرے پر نسب ہوتے ہیں جس پر گھومتا لچھا نسب ہوتا ہے اور دونوں لچھے کے ساتھ ساتھ ایک ہی رفتار سے گھومتے ہیں۔

synchronous speed<sup>3</sup>  
slip rings<sup>4</sup>



شکل 6.1: کاربن بٹ اور سرک چھلوں سے گھومتے لچھے تک برقی رو پہنچایا گیا ہے۔

کاربن کے ساکن بٹ، اسپرنگ کی مدد سے، سرک چھلوں کے بیرونی سطح کے ساتھ دبا کر رکھے جاتے ہیں۔ جب مشین چلتی ہے، کاربن بٹ ان سرک چھلوں پر سرکتے ہیں۔ اسپرنگ کا دباؤ ان کا برقی جوڑ مضبوط رکھتا ہے تاکہ ان کے بیچ چنگاریاں نہ نکلیں۔ کاربن بٹ کے ساتھ برقی تار لگی ہے۔ ایک سمت برقی رو  $I_r$ ، کاربن بٹ<sup>5</sup> اور سرک چھلوں سے ہوتا ہوا، گھومتے لچھے تک پہنچتا ہے۔

بڑی معاصر مشینوں میں میدانی یک سمت رو عموماً بدلتا رو چھوٹے جزیئر سے حاصل کیا جاتا ہے جو معاصر مشین کے دھڑے پر نسب ہوتا ہے اور دھڑے کے ساتھ گھومتا ہے چھوٹے جزیئر کے برقی دباؤ کو دھڑے پر نسب برقیاتی سمت کار کی مدد سے یک سمت برقی دباؤ میں تبدیل کیا جاتا ہے۔ یوں سرک چھلے کی ضرورت پیش نہیں آتی ہے۔ سرک چھلے بوجہ رگڑ خراب ہوتے ہیں جس کی وجہ سے معاصر مشین کی مرمت درکار ہوتی ہے جو ایک مہنگا کام ہے۔

اُبھرے قطب<sup>6</sup> مشین، پانی سے چلنے والے سست رفتار جزیئر اور عام استعمال کی موٹروں کے لئے موزوں ہیں جبکہ ہموار قطب<sup>7</sup> مشین، تیز رفتار دو یا چار قطبی ٹربائن جزیئروں کے لئے موزوں ہیں۔

ایک (بڑے) مملکت کو درکار برقی توانائی کسی ایک جزیئر سے دینا ممکن نہیں ہوتا ہے بلکہ چند درجن سے لیکر کئی سو جزیئر بیک وقت یہ فرائض سرانجام دیتے ہیں۔ ایک سے زیادہ جزیئر استعمال کرنا فائدہ مند ثابت ہوتا ہے۔ اول، برقی توانائی کی ضرورت کے مطابق جزیئر چالو کئے جاسکتے ہیں۔ دوم، جزیئروں کو ان مقامات کے قریب نسب کیا جاسکتا ہے جہاں جہاں برقی توانائی درکار ہو۔ کسی بھی اس طرح کے بڑے نظام میں ایک جزیئر کی حیثیت بہت کم ہو

carbon bush<sup>5</sup>  
salient poles<sup>6</sup>  
non-salient poles<sup>7</sup>

جاتی ہے۔ ایک جزیئر چالو یا بند کرنے سے پورے نظام پر کوئی خاص فرق نہیں پڑتا۔ اس صورت میں ہم اس نظام کو ایک مقررہ برقی دباؤ اور ایک مقررہ برقی تعدد کا نظام تصور کر سکتے ہیں۔ معاصر جزیئر کے کئی اہم پہلو با آسانی سمجھے جاسکتے ہیں اگر یہ تصور کر لیا جائے کہ یہ ایک ایسے نظام سے جوڑا گیا ہے۔

مساوات 5.103 معاصر مشین کی قوت مروڑ دیتی ہے۔ اس مساوات کے مطابق برقی قوت مروڑ، مشین میں موجود عمل کرنے والے مقناطیسی دباؤ کو ایک دوسرے کی سیدھ میں لانے کی کوشش کرتی ہے۔ برقرار چالو مشین کی برقی قوت مروڑ اور اس کے دھرے پر لاگو میکانی قوت مروڑ ایک دوسرے کے برابر ہوتے ہیں۔ جب مشین ایک جزیئر کی حیثیت سے استعمال ہو تب میکانی طاقت دھرے کو گھماتا ہے اور گھومتے لچھے کا مقناطیسی دباؤ کل مقناطیسی دباؤ سے گھومنے کے رخ آگے ہوتا ہے۔ مساوات 5.103 سے حاصل قوت مروڑ ایسی صورت میں گھومنے کو روکنے کی کوشش کرتا ہے۔ میکانی طاقت چلتے پانی، ایندھن سے چلتے انجن، وغیرہ سے حاصل ہو سکتا ہے۔ اسی طرح اگر مشین ایک موٹر کی حیثیت سے استعمال ہو، تب صورت اس کے بالکل الٹ ہو گی۔

کل مقناطیسی بہاؤ  $\phi_{ar}$  اور گھومتے لچھے کا مقناطیسی دباؤ  $T_r$  تبدیل نہ ہونے کی صورت میں مساوات 5.103 کے مطابق مشین کی قوت مروڑ  $\sin \theta_r$  کے ساتھ تبدیل ہو گی۔ اگر زاویہ  $\theta_r$  صفر ہو تب قوت مروڑ بھی صفر ہو گی۔ اب تصور کریں کہ یہی مشین ایک موٹر کے طور پر استعمال ہو رہی ہے۔ جیسے جیسے موٹر پر لدا میکانی بوجھ بڑھایا جاتا ہے ویسے ویسے اس کے دھرے پر میکانی قوت مروڑ بڑھے گی۔ موٹر کو برابر کی برقی قوت مروڑ پیدا کرنے کے لئے، موٹر کو یہ زاویہ کو بڑھانا ہو گا۔ یہاں یہ سمجھنا ضروری ہے کہ موٹر ہر وقت معاصر رفتار سے گھومتا ہے مساوائے ایک لمحہ کے لئے جس کے دوران موٹر آہستہ ہو کر زاویہ کو ضرورت کے مطابق درست کرتی ہے۔ یعنی موٹر کا زاویہ  $\theta_r$  ہر وقت میکانی قوت مروڑ کا تعقب<sup>8</sup> کرتا ہے۔

موٹر پر لدا میکانی بوجھ بتدریج بڑھانے سے ایک لمحہ آئے گا جب زاویہ  $\theta_r$  نوے درجہ،  $\frac{\pi}{2}$  ریڈین، تک پہنچتا ہے۔ اس لمحہ موٹر اپنی انتہائی قوت مروڑ<sup>9</sup> پیدا کرے گی۔ موٹر کسی بھی صورت میں اس سے زیادہ قوت مروڑ پیدا نہیں کر سکتی ہے لہذا بوجھ مزید بڑھانے سے موٹر رکھ جائے گی۔ ہم کہتے ہیں کہ موٹر نے غیر معاصر<sup>10</sup> صورت اختیار کر لی ہے۔ مساوات 5.103 سے ظاہر ہے کہ کل مقناطیسی بہاؤ یا گھومتے لچھے کا مقناطیسی دباؤ بڑھا کر موٹر کی انتہائی قوت مروڑ بڑھائی جاسکتی ہے۔

hunting<sup>8</sup>  
pull out torque<sup>9</sup>  
lost synchronism<sup>10</sup>

یہی صورت اگر مشین برقی جزیر کے طور پر استعمال کی جائے سامنے آتی ہے۔ جب بھی مشین غیر معاصر صورت اختیار کرے، اسے جلد خود کار دور شکل<sup>11</sup> کی مدد سے برقی بھم رسانی سے الگ کر دیا جاتا ہے۔

ہم نے دیکھا کہ ایک معاصر موٹر صرف اور صرف معاصر رفتار سے ہی گھوم سکتی ہے اور صرف اسی رفتار پر گھوم کر قوت مروڑ پیدا کر سکتی ہے لہذا ساکن معاصر موٹر کو چالو کرنے کی کوشش ناکام ہوگی۔ معاصر موٹر کو پہلے کسی دوسرے طریقے سے معاصر رفتار تک لایا جاتا ہے اور اس کے بعد اسے چالو کیا جاتا ہے۔ ایسا عموماً ایک چھوٹی امالہ موٹر<sup>12</sup> کی مدد سے کیا جاتا ہے جو بے بوجھ معاصر موٹر کو معاصر رفتار تک پہنچاتی ہے جس کے بعد معاصر موٹر کو چالو کیا جاتا ہے۔ ایسی امالہ موٹر عموماً معاصر موٹر کے دھرے پر نسب ہوتی ہے۔

## 6.2 معاصر مشین کے امالہ

ہم تصور کرتے ہیں کہ مشین دو قطب اور تین دوری ہے اور اس کے لچھے ستارہ نما جڑے ہیں۔ اس طرح لچھوں میں برقی رو، تار برقی رو<sup>13</sup> ہی ہوگا اور ان پر لاگو برقی دباؤ، یک دوری برقی دباؤ ہوگا۔ ایسا کرنے سے مسئلے پر غور کرنا آسان اور نتیجہ کسی بھی موٹر کے لئے درست ہوتا ہے۔

شکل 6.2 میں ایک ایسی تین دوری دو قطبی معاصر مشین دکھائی گئی ہے۔ اس کا گھومتا حصہ نکلی نما ہے۔ اس کو دو قطبی مشین یا  $P$  قطبی مشین کے دو قطب کا حصہ سمجھا جاسکتا ہے۔

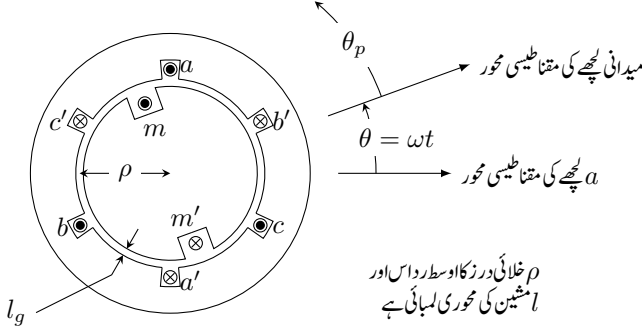
اگرچہ یہاں کچھ لچھے دکھائے گئے ہیں، حقیقت میں پھیلے لچھے استعمال ہوں گے لہذا انہیں پھیلے لچھے تصور کریں۔ اس طرح ہر لچھا ساکن نما برقی دباؤ پیدا کرتا ہے جس کی چوٹی لچھے کی مقناطیسی محور کے رخ ہوگی۔ چونکہ معاصر مشین کے گھومتے لچھے میں یک سمت رو ہوتا ہے لہذا، جیسا شکل 6.2 میں دکھایا گیا ہے، اس لچھے کا مقناطیسی دباؤ ہر لمحہ گھومتے حصہ کی مقناطیسی محور کے رخ ہوگا۔ گھومتے لچھے کا مقناطیسی دباؤ گھومتے حصہ کے ساتھ ساتھ معاصر رفتار سے گھومے گا۔

فرض کریں کہ یہ مشین معاصر رفتار  $\omega$  سے گھوم رہی ہے۔ یوں اگر لمحہ  $t = 0$  پر دور  $a$  اور گھومتے لچھے کی مقناطیسی محور کے رخ ایک دوسرے جیسے ہوں تب کسی بھی لمحہ  $t$  پر ان کے بیچ زاویہ  $\theta = \omega t$  ہوگا۔ امالہ کا حساب

circuit breaker<sup>11</sup>

induction motor<sup>12</sup>

line current<sup>13</sup>



شکل 6.2: تین دوری، دو قطبی معاصر مشین۔

کرنے کے لئے شکل 6.2 سے رجوع کریں جہاں محیط پر خلائی درز یکساں ہے۔ رداسی رخ خلائی درز کی لمبائی  $l_g$  ہے۔ ساکن حصے میں شگافوں کے اثر کو نظر انداز کریں۔ محور سے خلائی درز تک کا اوسط رداسی فاصلہ  $\rho$  ہے اور مشین کی محوری لمبائی (دھرے کے رخ)  $l$  ہے۔

کسی بھی لچھے کے خود امالہ کا حساب کرتے وقت باقی تمام لچھوں کو نظر انداز کریں۔ یوں باقی تمام لچھوں میں برقی رو صفر تصور کریں، یعنی ان لچھوں کے سرے آزاد رکھیں۔ کسی ایک لچھے کے خود امالہ کو پیا سے ناپتے وقت بھی باقی تمام لچھوں کے سرے آزاد رکھیں جائیں گے۔

### 6.2.1 خود امالہ

گھومتے یا ساکن لچھے کا خود امالہ  $L$  زاویہ  $\theta$  پر منحصر نہیں ہوتا ہے۔ ان میں سے کسی بھی لچھے کی مقناطیسی دہاو  $\tau$

$$(6.1) \quad \tau = k_w \frac{4}{\pi} \frac{Ni}{2} \cos \theta_p$$

سے خلائی درز میں درج ذیل کثافت مقناطیسی بہاو  $B$  پیدا ہوگی۔

$$(6.2) \quad B = \mu_0 H = \mu_0 \frac{\tau}{l_g} = \mu_0 k_w \frac{4}{\pi} \frac{Ni}{2l_g} \cos \theta_p$$



یہ مساوات زاویہ  $\theta_p$  کے ساتھ کشافیت مقناطیسی دہاو  $B$  کا تعلق پیش کرتی ہے۔ لچھا کے ایک قطب پر کل مقناطیسی بہاو  $\phi$  اس مساوات کا سطحی مکمل<sup>14</sup> دے گا۔

$$\begin{aligned}
 \phi &= \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} \\
 &= \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} B l \rho d\theta_p \\
 (6.3) \quad &= \mu_0 k_w \frac{4}{\pi} \frac{N i}{2 l_g} l \rho \int_{-\frac{\pi}{2}}^{+\frac{\pi}{2}} \cos \theta_p d\theta_p \\
 &= \frac{4 \mu_0 k_w N i l \rho}{\pi l_g}
 \end{aligned}$$

ایک لچھے کا خود امالہ  $L$ ، مساوات 2.29 میں جزو پھیلاؤ  $k_w$  کا اثر شامل کرتے ہوئے حاصل کرتے ہیں۔

$$(6.4) \quad L = \frac{\lambda}{i} = \frac{k_w N \phi}{i} = \frac{4 \mu_0 k_w^2 N^2 l \rho}{\pi l_g}$$

یہ مساوات شکل 6.2 میں تینوں قوی لچھوں کا خود امالہ

$$(6.5) \quad L_{aa0} = L_{bb0} = L_{cc0} = \frac{4 \mu_0 k_{wa}^2 N_a^2 l \rho}{\pi l_g}$$

اور میدانی لچھے کا خود امالہ دیتی ہے۔

$$(6.6) \quad L_{mm0} = \frac{4 \mu_0 k_{wm}^2 N_m^2 l \rho}{\pi l_g}$$

## 6.2.2 مشترکہ امالہ

اب ہم دو لچھوں کا مشترکہ امالہ حاصل کرتے ہیں۔ تصور کریں صرف گھومتا لچھا مقناطیسی بہاو پیدا کر رہا ہے۔ ہم بہاو کے اس حصہ سے، جو  $a$  لچھا سے گزرتا ہے، گھومتے لچھا اور  $a$  لچھا کا مشترکہ امالہ حاصل کرتے ہیں۔ شکل 6.2

<sup>14</sup>surface integral

میں گھومتے اور  $a$  لچھا کے بیچ زاویہ  $\theta$  ہے۔ ایسی صورت میں  $(-\frac{\pi}{2} - \theta) < \theta_p < (\frac{\pi}{2} - \theta)$  کے بیچ بہاؤ،  $a$  لچھا سے گزرے گا۔ اس مقناطیسی بہاؤ کا حساب مساوات 6.3 میں مکمل کے حد تبدیل کر کے حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 \phi_{am} &= \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} \\
 &= \int_{-\frac{\pi}{2}-\theta}^{+\frac{\pi}{2}-\theta} B l \rho d\theta_p \\
 (6.7) \quad &= \mu_0 k_{wm} \frac{4}{\pi} \frac{N_m i_m}{2l_g} l \rho \int_{-\frac{\pi}{2}-\theta}^{+\frac{\pi}{2}-\theta} \cos \theta_p d\theta_p \\
 &= \frac{4\mu_0 k_{wm} N_m i_m l \rho}{\pi l_g} \cos \theta
 \end{aligned}$$

یوں گھومتے لچھا اور  $a$  لچھا کا مشترکہ امالہ

$$(6.8) \quad L_{am} = \frac{\lambda_{am}}{i_m} = \frac{k_{wa} N_a \phi_{am}}{i_m} = \frac{4\mu_0 k_{wa} k_{wm} N_a N_m l \rho}{\pi l_g} \cos \theta$$

یا

$$(6.9) \quad L_{am} = L_{am0} \cos \theta$$

ہو گا جہاں

$$(6.10) \quad L_{am0} = \frac{4\mu_0 k_{wa} k_{wm} N_a N_m l \rho}{\pi l_g}$$

ہے اور  $\omega t = \theta$  گھومنے کی رفتار پر منحصر ہو گا۔ اگرچہ مساوات 6.9 ایک گھومتے اور ایک ساکن لچھے کے لئے حاصل کی گئی ہے، درحقیقت یہ شکل 6.2 میں کسی بھی دو لچھوں کے لئے درست ہے۔ دونوں ساکن لچھے ساکن یا دونوں متحرک لینے سے بھی یہی نتیجہ حاصل ہوتا ہے۔ یوں دو ساکن یکساں لچھے، مثلاً  $a$  اور  $b$  جن کے بیچ  $120^\circ$  زاویہ ہے، کا مشترکہ امالہ

$$(6.11) \quad L_{ab} = \frac{4\mu_0 k_{wa} k_{wb} N_a N_b l \rho}{\pi l_g} \cos 120^\circ = -\frac{2\mu_0 k_{wa}^2 N_a^2 l \rho}{\pi l_g}$$

ہو گا جہاں یکسانیت کی بدولت  $k_{wb} = k_{wa}$  اور  $N_b = N_a$  لئے گئے ہیں۔ اگر تینوں ساکن لچھے بالکل یکساں ہوں تب درج بالا مساوات اور مساوات 6.5 کی مدد سے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$(6.12) \quad L_{ab} = L_{bc} = L_{ca} = -\frac{L_{aa0}}{2}$$

## 6.2.3 معاصر امالہ

مشین پر لاگو برقی دباؤ کو مشین کے لچھوں کا خود امالہ، مشترکہ امالہ اور لچھوں کے برقی رو کی مدد سے لکھا جاسکتا ہے۔ یہ کرنے کے لئے ہم پہلے لچھوں کی ارتباط بہاؤ  $\lambda$  کو ان کے امالہ اور ان کے برقی رو کی مدد سے لکھتے ہیں۔

$$\begin{aligned}\lambda_a &= L_{aa}i_a + L_{ab}i_b + L_{ac}i_c + L_{am}I_m \\ \lambda_b &= L_{ba}i_a + L_{bb}i_b + L_{bc}i_c + L_{bm}I_m \\ \lambda_c &= L_{ca}i_a + L_{cb}i_b + L_{cc}i_c + L_{cm}I_m \\ \lambda_m &= L_{ma}i_a + L_{mb}i_b + L_{mc}i_c + L_{mm}I_m\end{aligned}\quad (6.13)$$

ان مساوات میں ساکن لچھوں کا بدلتا رو چھوٹے حروف  $i_a, i_b, i_c$  جبکہ گھومتے میدانی لچھے کا یک سمت رو بڑے حرف  $I_m$  سے ظاہر کیا گیا ہے۔

ان چار مساوات میں سے ہم کسی ایک کو حل کرتے ہیں۔ چونکہ چاروں مساوات ایک طرح کی ہیں لہذا باقی بھی اسی طرح حل ہوں گی۔ ہم ان میں پہلی مساوات منتخب کرتے ہیں:

$$\lambda_a = L_{aa}i_a + L_{ab}i_b + L_{ac}i_c + L_{am}I_m \quad (6.14)$$

مساوات 6.5 لچھا  $a$  کا خود امالہ دیتی ہے اور اس کو حاصل کرتے ہوئے تصور کیا گیا کہ لچھے کا پورا مقناطیسی بہاؤ خلائی درز سے گزرتا ہے۔ حقیقت میں ایسا نہیں ہوتا اور مقناطیسی بہاؤ کا کچھ حصہ خلائی درز سے گزر کر دوسری جانب نہیں پہنچ پاتا۔ مقناطیسی بہاؤ کا یہ حصہ رستا امالہ  $L_{al}$ <sup>15</sup> پیدا کرتا ہے جو ٹرانسفارمر کے رستا امالہ کی طرح ہوتا ہے۔ یوں لچھے کا کل خود امالہ  $L_{aa}$  دو حصوں پر مشتمل ہو گا:

$$L_{aa} = L_{aa0} + L_{al} \quad (6.15)$$

ہم مساوات 6.5، مساوات 6.9، مساوات 6.12 اور مساوات 6.15 کی مدد سے مساوات 6.14 کو درج ذیل صورت میں لکھتے ہیں۔

$$\begin{aligned}\lambda_a &= (L_{aa0} + L_{al})i_a - \frac{L_{aa0}}{2}i_b - \frac{L_{aa0}}{2}i_c + L_{am0}I_m \cos \omega t \\ &= (L_{aa0} + L_{al})i_a - \frac{L_{aa0}}{2}(i_b + i_c) + L_{am0}I_m \cos \omega t\end{aligned}\quad (6.16)$$

---

<sup>15</sup>leakage inductance

اب تین دوری برقی رو کا مجموعہ صفر ہوتا ہے

$$(6.17) \quad i_a + i_b + i_c = 0$$

لہذا مساوات 6.16 میں اس کو استعمال کرتے ہوئے

$$(6.18) \quad \begin{aligned} \lambda_a &= (L_{aa0} + L_{al}) i_a - \frac{L_{aa0}}{2} (-i_a) + L_{am0} I_m \cos \omega t \\ &= \left( \frac{3}{2} L_{aa0} + L_{al} \right) i_a + L_{am0} I_m \cos \omega t \\ &= L_s i_a + L_{am0} I_m \cos \omega t \end{aligned}$$

حاصل ہو گا جہاں

$$(6.19) \quad L_s = \frac{3}{2} L_{aa0} + L_{al}$$

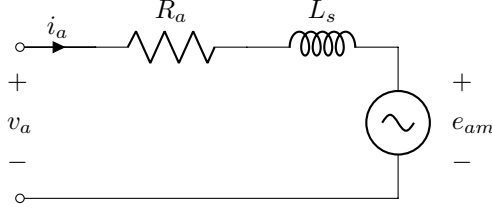
کو معاصر امالہ<sup>16</sup> کہتے ہیں۔

مساوات 6.19 اور مساوات 5.49 پر ایک مرتبہ دوبارہ غور کریں۔ یہ دونوں ایک دوسرے جیسے ہیں۔ وہاں کل گھومتا مقناطیسی دباؤ ایک لچھے کے مقناطیسی دباؤ کا  $\frac{3}{2}$  گنا تھا اور یہاں معاصر امالہ ایک لچھے کے امالہ کا  $\frac{3}{2}$  گنا ہے۔ یہ دو مساوات ایک ہی حقیقت کے دو پہلو ہیں۔

معاصر امالہ تین حصوں پر مشتمل ہے۔ پہلا حصہ  $L_{aa0}$  ہے جو  $a$  لچھے کا خود امالہ ہے۔ دوسرا حصہ  $\frac{L_{aa0}}{2}$ ، لچھا  $a$  کا باقی دو لچھوں کے ساتھ اس صورت مشترکہ امالہ ہے جب مشین میں تین دوری متوازن برقی رو ہو۔ تیسرا حصہ  $L_{al}$ ، لچھا  $a$  کا رستا امالہ ہے۔ یوں متوازن برقی رو کی صورت میں معاصر امالہ، مشین کے ایک لچھے کا ظاہری امالہ ہوتا ہے۔

مثال 6.1: ایک معاصر جزیئر کا یک دوری کل خود امالہ 2.2 mH اور رستا امالہ 0.2 mH ہے۔ اس مشین کی دو قوی لچھوں کا مشترکہ امالہ اور مشین کا معاصر امالہ حاصل کریں۔

حل: چونکہ  $L_{aa} = L_{aa0} + L_{al}$  ہوتا ہے لہذا  $L_{aa0} = 2 \text{ mH}$  ہو گا۔ مساوات 6.12 کی مدد سے  $L_{ab} = -1 \text{ mH}$  اور مساوات 6.19 کی مدد سے  $L_s = 3.2 \text{ mH}$  ہو گا۔ □



شکل 6.3: معاصر موٹر کا مساوی دور یاریاضی نمونہ۔

### 6.3 معاصر مشین کا مساوی دور یاریاضی نمونہ

لچھا  $a$  پر لاگو برقی دباؤ لچھے کی مزاحمت  $R_a$  میں برقی دباؤ کے گھٹاؤ اور  $\lambda_a$  کے برقی دباؤ کے برابر ہو گا

$$\begin{aligned}
 v_a &= i_a R_a + \frac{d\lambda_a}{dt} \\
 &= i_a R_a + L_s \frac{di_a}{dt} - \omega L_{am0} I_m \sin \omega t \\
 &= i_a R_a + L_s \frac{di_a}{dt} + e_{am}
 \end{aligned}
 \quad (6.20)$$

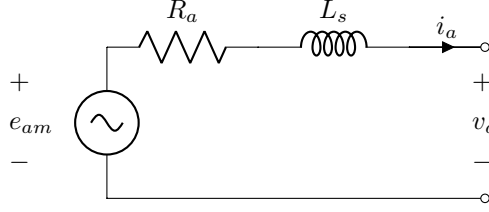
جہاں

$$\begin{aligned}
 e_{am} &= -\omega L_{am0} I_m \sin \omega t \\
 &= \omega L_{am0} I_m \cos \left( \omega t + \frac{\pi}{2} \right)
 \end{aligned}
 \quad (6.21)$$

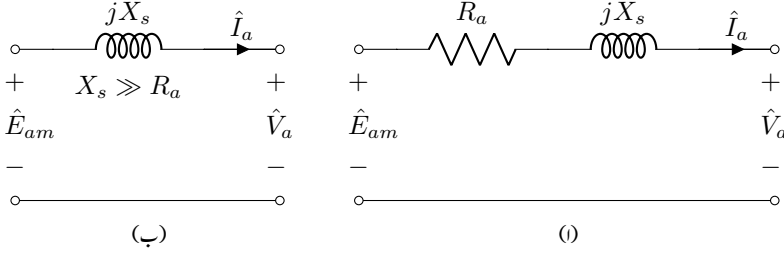
نیچانے برقی دباؤ یا اندرون پیدا برقی دباؤ کہلاتا ہے جو گھومتے لچھے سے پیدا مقناطیسی بہاؤ کی وجہ سے وجود میں آتا ہے۔ اس کی موثر قیمت  $E_{am,rms}$  مساوات 1.42 سے حاصل ہو گی۔

$$E_{am,rms} = \frac{\omega L_{am0} I_m}{\sqrt{2}} = 4.44 f L_{am0} I_m \quad (6.22)$$

مساوات 6.20 کو ایک برقی دور سے ظاہر کیا جا سکتا ہے جسے شکل 6.3 میں دکھایا گیا ہے۔ کسی بھی برقی دور میں لاگو برقی دباؤ کے مثبت سر سے (مثبت) رو خارج ہوتا ہے۔ یوں اس شکل میں برقی رو  $i_a$  لاگو برقی دباؤ  $v_a$  کے مثبت سر سے خارج ہوتا ہے۔ شکل 6.3 ایک موٹر کو ظاہر کرتی ہے جہاں موٹر کے مثبت سروں پر برقی رو داخل ہوتا ہے۔ اگر موٹر کی بجائے ایک معاصر جزیئر کی بات ہوتی تب جزیئر برقی دباؤ پیدا کرتا اور برقی رو اس جزیئر کے مثبت سر



شکل 6.4: معاصر جزیئر کا مساوی دور پار یا ضعی نمونہ۔



شکل 6.5: معاصر جزیئر کے مساوی ادوار۔

سے خارج ہوتا اور ہمیں شکل 6.3 کی بجائے شکل 6.4 حاصل ہوتا۔ شکل 6.4 سے جزیئر کی مساوات لکھتے ہیں۔

$$(6.23) \quad e_{am} = i_a R_a + L_s \frac{di_a}{dt} + v_a$$

دھیان رہے کہ جزیئر کے مساوی دور میں برقی رو کا مثبت رخ، موٹر کے مساوی دور میں برقی رو کے مثبت رخ کا الٹ ہے۔ مساوات 6.23 کی دوری سمتیہ روپ

$$(6.24) \quad \hat{E}_{am} = \hat{I}_a R_a + j \hat{I}_a X_s + \hat{V}_a$$

ہو گی جس کو شکل 6.5-1 میں دکھایا گیا ہے۔

مثال 6.2: دو قطب، 50 ہرٹز کا ایک معاصر جزیئر 40 ایمپیئر میدانی برقی رو پر 2100 وولٹ یک دوری موٹر برقی دباو پیدا کرتا ہے۔ اس مشین کے قوی اور میدانی لچھوں کا مشترکہ امالہ تلاش کریں۔

حل: مساوات 6.22 سے  $L_{am}$  حاصل کرتے ہیں۔

$$(6.25) \quad L_{am} = \frac{\sqrt{2} E_{am}}{\omega I_m} = \frac{\sqrt{2} \times 2100}{2 \times \pi \times 50 \times 40} = 0.2363 \text{ H}$$



## 6.4 برقی طاقت کی منتقلی

شکل 3.23 ٹرانسفارمر کا مساوی دور (ریاضی نمونہ) اور شکل 6.5 معاصر جزیئر کا مساوی دور (ریاضی نمونہ) ہے۔ دونوں ایک دوسرے جیسے ہیں، لہذا مندرجہ ذیل بیان دونوں کے لئے درست ہو گا، اگرچہ یہاں ہمیں صرف معاصر مشینوں سے دلچسپی ہے۔

معاصر مشینوں میں عموماً  $X_s$  کی قیمت  $R_a$  کی قیمت سے سو یا دو سو گنا زیادہ ہو گی۔ یوں  $X_s \gg R_a$  ہو گا اور  $R_a$  کو رد کرنا ممکن ہو گا۔ یوں شکل 6.5-1 سے شکل 6.5-6 ب حاصل ہو گا اور مساوات 6.24 درج ذیل صورت اختیار کرے گی۔

$$(6.26) \quad \hat{E}_{am} = j\hat{I}_a X_s + \hat{V}_a$$

شکل 6.5-ب کو ایک لمحہ کے لئے ایک سادہ برقی دور تصور کریں جہاں ایک متعاملہ  $jX_s$  کو بائیں  $\hat{E}_{am}$  اور دائیں  $\hat{V}_a$  برقی دباؤ فراہم کی گئی ہے۔ اس برقی دور میں برقی طاقت کی منتقلی پر غور کرتے ہیں۔

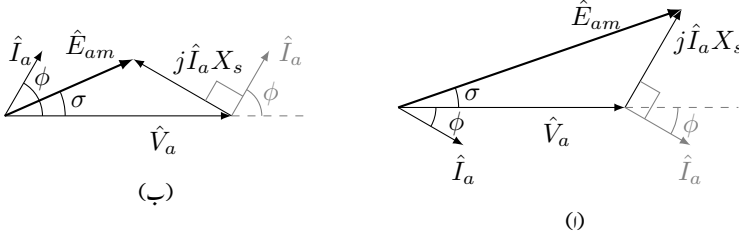
شکل 6.5-ب کی دوری سمتیہ صورت (مساوات 6.26) کو شکل 6.6 میں دکھایا گیا ہے۔ شکل 6.6-1 میں  $\hat{V}_a$  کے لحاظ سے  $\hat{I}_a$  زاویہ  $\phi$  پیچھے جبکہ شکل 6.6-ب میں  $\phi$  آگے ہے۔ زاویات افقی لکیر سے گھڑی کے مخالف رخ ناپے جاتے ہیں لہذا شکل 6.6-1 میں  $\phi$  منفی اور  $\sigma$  مثبت ہیں جبکہ شکل 6.6-ب میں دونوں زاویات مثبت ہیں۔

شکل 6.5-ب میں طاقت  $p_v$  بائیں سے دائیں منتقل ہو رہی ہے:

$$(6.27) \quad p_v = V_a I_a \cos \phi$$

شکل 6.6-1 سے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$(6.28) \quad \begin{aligned} \hat{I}_a = I_a / \phi &= \frac{\hat{E}_{am} - \hat{V}_a}{jX_s} \\ &= \frac{E_{am} \angle \sigma - V_a \angle 0}{X_s \angle \frac{\pi}{2}} \\ &= \frac{E_{am}}{X_s} \angle \sigma - \frac{\pi}{2} - \frac{V_a}{X_s} \angle -\frac{\pi}{2} \end{aligned}$$



شکل 6.6: معاصر جزیرہ کا دوری سمتیہ۔

کسی بھی دوری سمتیہ کو حقیقی افقی جزو اور فرضی عمودی جزو کا مجموعہ تصور کیا جاسکتا ہے۔ شکل 6.6 سے واضح ہے کہ درج بالا مساوات میں  $\hat{I}_a$  کا حقیقی جزو  $\hat{V}_a$  کا ہم قدم ہے۔ یوں

$$\begin{aligned} I_a \cos \phi &= \frac{E_{am}}{X_s} \cos \left( \sigma - \frac{\pi}{2} \right) - \frac{V_a}{X_s} \cos \left( -\frac{\pi}{2} \right) \\ (6.29) \quad &= \frac{E_{am}}{X_s} \sin \sigma \end{aligned}$$

ہوگا جس کو مساوات 6.27 کے ساتھ ملا کر درج ذیل ملتا ہے۔

$$(6.30) \quad p_v = \frac{V_a E_{am}}{X_s} \sin \sigma$$

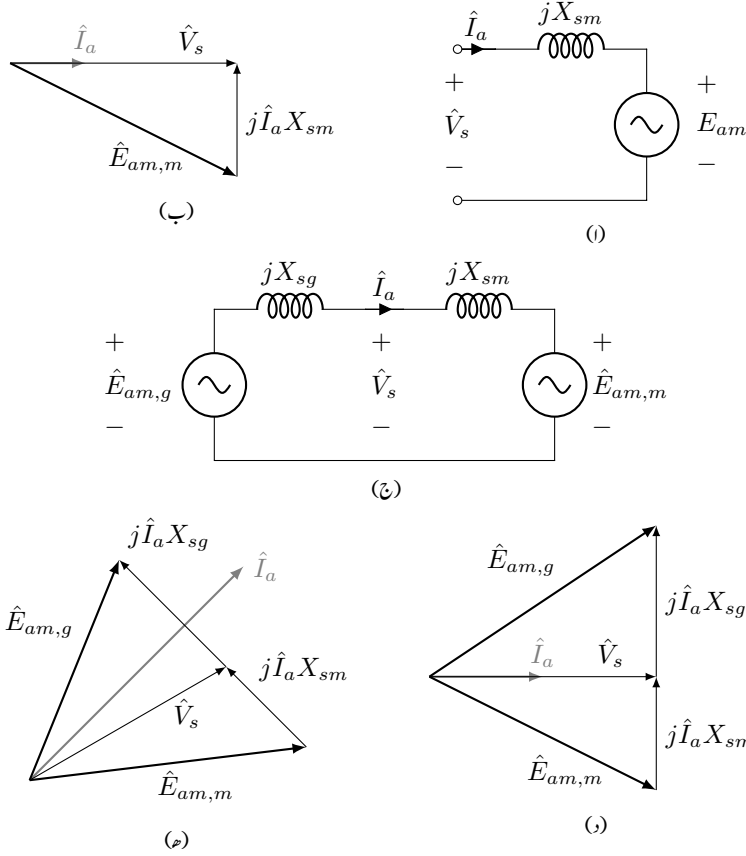
تین دوری معاصر مشین کے لئے اس مساوات کو تین سے ضرب دیں گے:

$$(6.31) \quad p_v = \frac{3V_a E_{am}}{X_s} \sin \sigma$$

مساوات 6.31 طاقت بالمتقابل زاویہ<sup>17</sup> کا قانون پیش کرتی ہے۔ اٹل  $V_a$  کی صورت میں جزیرہ  $E_{am}$  یا (اور)  $\sigma$  بڑھا کر طاقت بڑھا سکتا ہے۔ گھومتے لچھے میں برقی رو بڑھا کر  $E_{am}$  بڑھایا جاتا ہے جو ایک حد تک کرنا ممکن ہوگا۔ لچھے کی مزاحمت میں برقی توانائی ضائع ہونے سے لچھا گرم ہوگا جس کو خطرناک حد تک پہنچنے نہیں دیا جاسکتا ہے۔ اسی طرح  $\sigma$  کو نوے زاویہ تک بڑھایا جاسکتا ہے جس پر، کسی مخصوص  $E_{am}$  کے لئے، جزیرہ زیادہ سے زیادہ طاقت مہیا کرتا ہے:

$$(6.32) \quad p_{v, \text{انتہا}} = \frac{3V_a E_{am}}{X_s}$$





شکل 6.7: معاصر جزیر معاصر موٹر چلا رہی ہے۔

حقیقت میں جنریٹر کی بناوٹ یوں کی جاتی ہے کہ زیادہ سے زیادہ قابل استعمال طاقت نوے درجے سے کافی کم زاویہ پر ممکن ہو۔ نوے درجے پر جنریٹر کو قابو رکھنا مشکل ہوتا ہے۔

مثال 6.3: ایک 50 قبطی، ستارہ، تین دوری 50 ہرٹز، 2300 وولٹ دباوتار پر چلنے والی 1800 کلو وولٹ-ایمپیئر معاصر مشین کا ایک دوری معاصر امالہ 2.1 اوہم ہے۔

• مشین کے برقی سروں پر 2300 وولٹ دباوتار مہیا کیا جاتا ہے جبکہ اس کا میدانی برقی رواتار کھا جاتا ہے کہ

پورے بوجھ پر مشین کا جزو طاقت ایک کے برابر ہو۔ اس مشین سے زیادہ سے زیادہ کتنی قوت مروڑ حاصل کی جاسکتی ہے؟

- اس موٹر کو 2 قطبی، 3000 چکر فی منٹ، تین دوری، ستارہ، 2300 وولٹ دباوتار پیدا کرنے والا 2200 کلو وولٹ-کمپیٹر کے معاصر جزئیٹر سے چلایا جاتا ہے جس کا ایک دوری معاصر امالہ 2.3 اوہم ہے۔ موٹر پر اس کا پورا برقی بوجھ لاد کر جزئیٹر کو معاصر رفتار پر چلاتے ہوئے دونوں مشینوں کے میدانی برقی رو تبدیل کیے جاتے ہیں حتیٰ کہ موٹر ایک جزو طاقت پر چلنے لگے۔ دونوں مشینوں کا میدانی برقی رو یہاں برقرار رکھ کر موٹر پر بوجھ آہستہ آہستہ بڑھایا جاتا ہے۔ اس صورت میں موٹر سے زیادہ سے زیادہ کتنی قوت مروڑ حاصل کی جاسکتی ہے اور اس کی سروں پر دباوتار کتنا ہوگا؟

حل:

- شکل 6.7-1 اور 6.7-6 ب سے رجوع کریں۔ ایک دوری برقی دباو اور کل برقی رو درج ذیل ہوں گے۔

$$\frac{2300}{\sqrt{3}} = 1327.9 \text{ V}$$

$$\frac{1800000}{\sqrt{3} \times 2300} = 451.84 \text{ A}$$

یوں درج ذیل ہوگا۔

$$\begin{aligned} \hat{E}_{am,m} &= \hat{V}_a - j\hat{I}_a X_{s,m} \\ &= 1327.9/0^\circ - j451.84/0^\circ \times 2.1 \\ &= 1327.9 - j948.864 \\ &= 1632/-35.548^\circ \end{aligned}$$

مساوات 6.32 سے ایک دوری زیادہ سے زیادہ برقی طاقت حاصل کرتے ہیں۔

$$p_{اِتہا} = \frac{1327.9 \times 1632}{2.1} = 1031968 \text{ W}$$

اس طرح تین دوری زیادہ سے زیادہ طاقت 3095904 واٹ ہوگی۔ 50 ہرٹز اور 50 قطب سے مشین کی معاصر میکانی رفتار مساوات 5.53 کی مدد سے دو چکر فی سیکنڈ حاصل ہوتی ہے یعنی  $f_m = 2$ ۔ یوں مشین سے درج ذیل زیادہ سے زیادہ قوت مروڑ حاصل کی جاسکتی ہے۔

$$T_{اِتہا} = \frac{p_{اِتہا}}{2\pi f_m} = \frac{3095904}{2 \times \pi \times 2} = 246364 \text{ N m}$$

- شکل 6.7-ج سے رجوع کریں۔ پہلا جزو کی طرح یہاں بھی موٹر کے برقی سروں پر دباؤ تار 2300 وولٹ اور محرک برقی دباؤ 1632 وولٹ ہوں گے۔ جزیٹر کا محرک برقی دباؤ درج ذیل ہو گا۔

$$\begin{aligned}\hat{E}_{am,g} &= \hat{V}_a + j\hat{I}_a X_{s,g} \\ &= 1327.9/0^\circ + j451.84/0^\circ \times 2.3 \\ &= 1327.9 + j1039.233 \\ &= 1686/38.047^\circ\end{aligned}$$

یہ صورت شکل 6.7-د میں دکھائی گئی ہے۔

معاصر موٹر اس وقت زیادہ سے زیادہ طاقت پیدا کرے گی جب  $\hat{E}_{am,m}$  اور  $\hat{E}_{am,g}$  آپس میں  $90^\circ$  زاویہ پر ہوں جیسا شکل 6.7-ھ میں دکھایا گیا ہے۔

یہاں مساوات 6.32 میں ایک معاصر امالہ کی بجائے موٹر اور جزیٹر کے سلسلہ وار جڑے امالہ ہوں گے اور دو برقی دباؤ اب موٹر اور جزیٹر کے محرک برقی دباؤ ہوں گے۔ یوں موٹر کی یک دوری زیادہ سے زیادہ طاقت درج ذیل ہو گی۔

$$p_{\text{تہا}} = \frac{1686 \times 1632}{2.3 + 2.1} = 625\,352 \text{ W}$$

اس طرح تین دوری طاقت 1 876 056 واٹ اور زیادہ سے زیادہ قوت مروڑ درج ذیل ہو گی۔

$$T_{\text{تہا}} = \frac{1876056}{2 \times \pi \times 2} = 149\,291 \text{ N m}$$

□

## 6.5 یکساں حال، برقرار چالو مشین کے خواص

### 6.5.1 معاصر جزیٹر: برقی بوجھ بالقابل $I_m$ کے خط

شکل 6.5-ب کی دوری سمتیہ مساوات

$$(6.33) \quad \hat{E}_{am} = \hat{V}_a + j\hat{I}_a X_s$$

میں  $\hat{I}_a = I_a / \phi$  لیتے ہوئے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے

$$(6.34) \quad E_{am} \angle \sigma = V_a \angle 0 + I_a X_s \angle \frac{\pi}{2} + \phi$$

جس کو بطور مخلوط عدد<sup>18</sup>

$$\begin{aligned} E_{am} \cos \sigma + j E_{am} \sin \sigma &= V_a \cos 0 + j V_a \sin 0 + I_a X_s \cos \left( \frac{\pi}{2} + \phi \right) + j I_a X_s \sin \left( \frac{\pi}{2} + \phi \right) \\ &= E_{am,x} + j E_{am,y} \end{aligned}$$

لکھ سکتے ہیں۔ اس سے  $|\hat{E}_{am}|$  یعنی  $E_{am}$  حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} (6.35) \quad |\hat{E}_{am}| &= E_{am} = \sqrt{E_{am,x}^2 + E_{am,y}^2} \\ &= \sqrt{V_a^2 + (I_a X_s)^2 + 2 V_a I_a X_s \sin \phi} \end{aligned}$$

جزیئر کے سروں پر  $V_a$  اٹل رکھتے ہوئے مختلف  $\phi$  کے لئے  $E_{am}$  بالمقابل  $I_a$  کے خط شکل 6.8 میں دکھائے گئے ہیں۔ یہ خطوط مساوات 6.35 دیتی ہے۔ چونکہ  $E_{am}$  اور  $I_m$  راست متناسب ہیں اور کسی مخصوص جزو طاقت اور معین  $V_a$  کے لئے جزیئر کی طاقت  $I_a$  کے راست متناسب ہوتی ہے لہذا یہی ترسیمات  $I_m$  بالمقابل جزیئر کی طاقت کو بھی ظاہر کرتی ہیں۔

## 6.5.2 معاصر موٹر: $I_a$ بالمقابل $I_m$ کے خط

معاصر موٹر کا مساوی دور (ریاضی نمونہ) شکل 6.3 اور دوری سمتیہ شکل 6.9 میں دکھایا گیا ہے۔ مزاحمت نظر انداز کر کے اس کی مساوات لکھتے ہیں۔

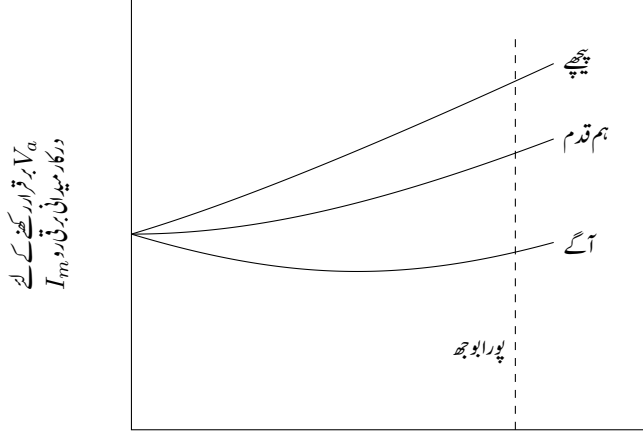
$$\begin{aligned} (6.36) \quad \hat{V}_a &= \hat{E}_{am} + j \hat{I}_a X_s \\ V_a \angle 0 &= E_{am} \angle \sigma + j I_a \angle \phi X_s \\ &= E_{am} \angle \sigma + I_a X_s \angle \frac{\pi}{2} + \phi \end{aligned}$$

اس مساوات میں موٹر پر لاگو برقی دباؤ  $\hat{V}_a$  کے حوالہ سے زاویات کی پیمائش کی گئی ہے لہذا  $\hat{V}_a$  کا زاویہ صفر ہو گا۔ یاد رہے کہ مثبت زاویہ کی پیمائش افقی لکیر سے گھڑی کے مخالف رخ ہو گی لہذا پیش زاویہ<sup>19</sup> مثبت اور تاخیر زاویہ<sup>20</sup>

<sup>18</sup> complex number

<sup>19</sup> leading angle

<sup>20</sup> lagging angle



برقی یا قوی لچھے کا برقی دباؤ  $I_a$

شکل 6.8: جنرٹر: برقی بوجھ بالمتقابل  $I_m$  کے خط

منفی ہو گا۔ اس مساوات سے امالی دباؤ  $E_{am}$  حاصل کرتے ہیں۔

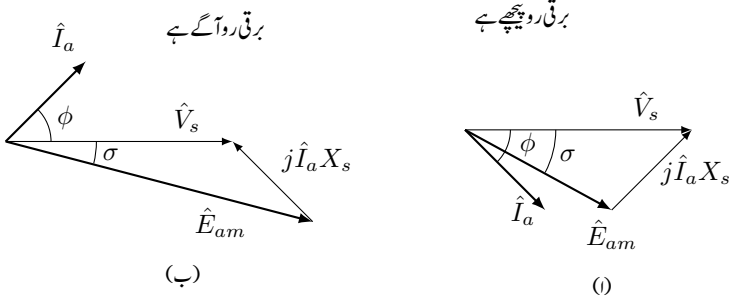
$$\begin{aligned} E_{am}/\sigma &= V_a/\sigma - I_a X_s / \left( \frac{\pi}{2} + \phi \right) \\ &= V_a - I_a X_s \cos \left( \frac{\pi}{2} + \phi \right) - j I_a X_s \sin \left( \frac{\pi}{2} + \phi \right) \\ &= V_a + I_a X_s \sin \phi - j I_a X_s \cos \phi \end{aligned}$$

یوں  $|E_{am}|$  درج ذیل ہو گا۔

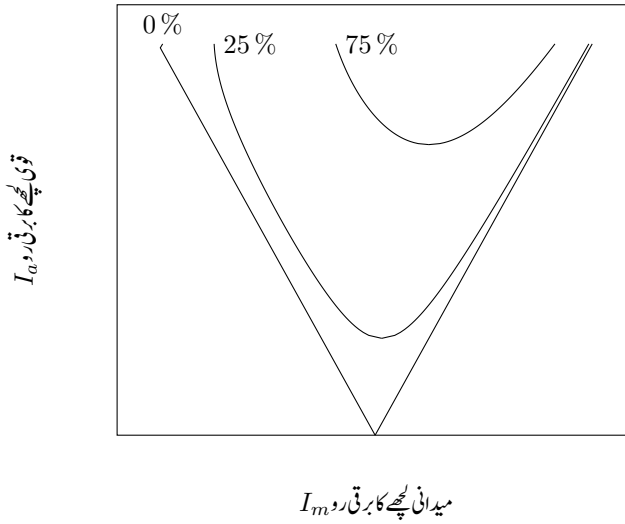
$$\begin{aligned} |E_{am}| &= \sqrt{(V_a + I_a X_s \sin \phi)^2 + (I_a X_s \cos \phi)^2} \\ (6.37) \quad &= \sqrt{V_a^2 + I_a^2 X_s^2 + 2V_a I_a X_s \sin \phi} \end{aligned}$$

موٹر پر لاگو برقی دباؤ اور اس پر میکانی بوجھ کو 0%، 25% اور 75% پر رکھ کر، موٹر کے  $E_{am}$  بالمتقابل  $I_a$  خطوط، مساوات 6.37 سے شکل 6.10 میں ترسیم کیے گئے ہیں۔ چونکہ امالی دباؤ  $I_m$  کا راست متناسب ہوتا ہے لہذا یہی موٹر کے  $I_m$  بالمتقابل  $I_a$  خطوط بھی ہوں گے۔ ان میں سے ہر خط ایک معین میکانی بوجھ  $p$  کے لئے ہے جہاں  $p$  درج ذیل ہو گا۔

$$(6.38) \quad p = V_a I_a \cos \phi$$



شکل 6.9: موٹر کا دوری سمتیہ۔

شکل 6.10: موٹر کی  $I_m$  بالقابل  $I_a$  ترسیب۔

اس مساوات کے تحت  $p$  اور  $V_a$  تبدیل کیے بغیر جزو طاقت تبدیل کر کے  $I_a$  تبدیل کیا جاسکتا ہے۔ شکل 6.10 حصول میں مساوت 6.37 کو مساوت 6.38 کی مدد سے ترسیم کیا جاتا ہے۔ مخصوص  $V_a$  اور  $p$  کے لئے مختلف  $I_a$  پر مساوت 6.38 سے  $\phi$  حاصل کیا جاتا ہے۔ اس کے بعد ہر انفرادی  $I_a$  اور مطابقتی  $\phi$  کو مساوت 6.37 میں پر کر کے  $E_{am}$  حاصل کیا جاتا ہے۔ مخصوص  $p$  کے لئے  $E_{am}$  بالمقابل  $I_a$  ترسیم کیے جاتے ہیں۔ شکل 6.10 میں 0% ، 25% اور 75% طاقت کے لئے ترسیمات پیش کی گئی ہیں۔

موٹر کے خطوط سے واضح ہے کہ  $I_m$  تبدیل کر کے موٹر کا جزو طاقت تبدیل کیا جاسکتا ہے۔ یوں موٹر کو پیش زاویہ یا تاخیر زاویہ پر چلایا جاسکتا ہے۔ موٹر کو پیش زاویہ چلا کر بطور ایک برقی گھیر<sup>21</sup> استعمال کیا جاسکتا ہے۔ حقیقت میں ایسا نہیں کیا جاتا ہے چونکہ معاصر موٹر سے برقی گھیر زیادہ سستا دستیاب ہوتا ہے۔

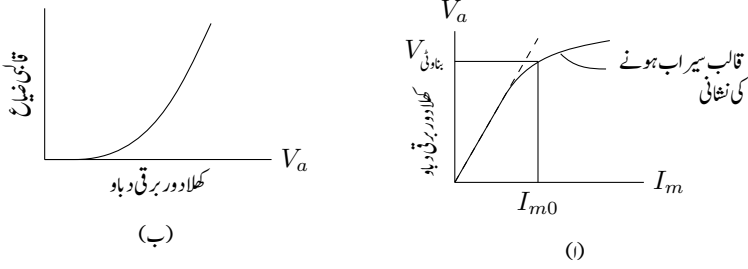
## 6.6 کھلا دور اور کسر دور معائنہ

معاصر مشین کا مساوی دور بنانے کے لئے مساوی دور کے اجزاء جاننا لازم ہے جنہیں دو قسم کے معائنوں سے معلوم کیا جاتا ہے۔ انہیں کھلا دور معائنہ اور کسر دور معائنہ کہتے ہیں۔ ان معائنوں سے قالب کے سیرابیت کے اثرات بھی اجاگر ہوتے ہیں۔ اسی قسم کے معائنے ٹرانسفارمر کے بھی کیے جاتے ہیں جہاں کھلا دور معائنہ ٹرانسفارمر کے بناوٹی برقی دباؤ جبکہ کسر دور معائنہ بناوٹی برقی رو پر کیا جاتا ہے۔ یہاں بھی ایسا کیا جائے گا۔

### 6.6.1 کھلا دور معائنہ

معاصر مشین کے برقی سرے کھلا رکھ کر، مشین کو معاصر رفتار پر گھماتے ہوئے مختلف  $I_m$  پر پیدا برقی دباؤ  $V_a$  مشین کے سروں پر ناپا جاتا ہے۔ ان کی رو  $I_m$  بالمقابل دباؤ  $V_a$  ترسیم شکل 6.11-1 میں دی گیا ہے۔ یہ ترسیم مشین کی کھلا دور خاصیت ظاہر کرتی ہے۔ یہ ترسیم مشین بنانے والے بھی مہیا کر سکتے ہیں۔

اس کتاب کے حصہ 2.8 میں بتایا گیا کہ قالب پر لاگو مقناطیسی دباؤ بڑھانے سے قالب میں مقناطیسی بہاؤ بڑھتا ہے البتہ جلد ہی قالب سیراب ہو جاتا ہے۔ یہ اثر شکل-1 میں ترسیم کے جھکاؤ سے واضح ہے۔ قالب سیراب نہ ہونے



شکل 6.11: کھلا دور خط اور قالبی ضیاع۔

کی صورت میں ترسیم نقطہ دار سیدھی لکیر کی پیروی کرتی۔ مشین کا بناوٹی برقی دباؤ اور اس کے حصول کے لئے درکار رو  $I_{m0}$  بھی دکھائے گئے ہیں۔

کھلا دور معائنہ کے دوران دھرے پر میکانی طاقت  $p_1$  کی پیمائش بے بوجھ مشین کا ضیاع طاقت دے گی۔ اس کا بیشتر حصہ رگڑی ضیاع، کچھ قالبی ضیاع اور کچھ گھومتے لچھے کا ضیاع ہو گا۔ یاد رہے گھومتے لچھے کو عموماً دھرے پر نسب یک سمت جزیئر برقی توانائی فراہم کرتا ہے جس کو از خود طاقت محرک<sup>22</sup> فراہم کرتا ہے۔ رگڑی ضیاع کا مشین پر لدے بوجھ سے کوئی خاص تعلق نہیں پایا جاتا ہے لہذا بے بوجھ مشین اور بوجھ بردار مشین کا رگڑی ضیاع ایک جیسا تصور کیا جاتا ہے۔

رو  $I_m$  صفر رکھتے ہوئے دوبارہ دھرے پر میکانی طاقت  $p_2$  کی پیمائش صرف رگڑی ضیاع دے گا۔ ان پیمائشوں کا فرق  $(p_1 - p_2)$  قالبی ضیاع اور گھومتے لچھے کا برقی ضیاع ہو گا۔ گھومتے لچھے میں برقی ضیاع بہت کم ہوتا ہے اور اس کو عموماً قالب کے ضیاع کا حصہ تصور کیا جاتا ہے۔ یوں پیمائش کردہ قالبی ضیاع کی ترسیم شکل 6.11-ب میں دی گئی ہے۔

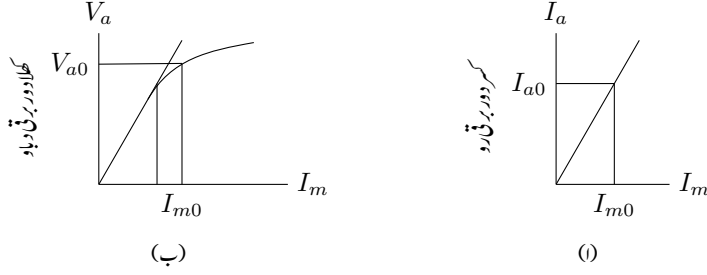
## 6.6.2 کسر دور معائنہ

معاصر مشین کو معاصر رفتار پر بطور جزیئر چلاتے ہوئے ساکن لچھا کسر دور کر کے مختلف  $I_m$  پر کسر دور برقی رو  $I_a$  ناپی جاتی ہے۔ ان کی ترسیم شکل 6.12-ا میں دی گئی ہے جو خط کسر دور مشین کی خاصیت دکھاتی ہے۔

<sup>21</sup>capacitor

<sup>22</sup>گھومتے لچھے کو توانائی یک سمت جزیئر مہیا کرتا ہے اور اس جزیئر کو دھرے سے توانائی موصول ہوتی ہے۔





شکل 6.12: کسر دور خط اور کھلے دور خط۔

کسر دور معائنہ کے دوران دھیان رہے کہ  $I_a$  خطرناک حد تک بڑھ نہ جائے۔ جزیئر کے بناوٹی  $I_a$  یا اس سے دگنی قیمت سے رو کو کم رکھا جاتا ہے۔ ایسا نہ کرنے سے مشین گرم ہو کر تباہ ہو سکتی ہے۔

کسر دور مشین میں بناوٹی برقی دباؤ کے دس سے پندرہ فی صد برقی دباؤ پر مشین میں سونی صد برقی رو پایا جاتا ہے۔ اتنا کم برقی دباؤ حاصل کرنے کے لئے خلائی درز میں اسی تناسب سے کم مقناطیسی بہاؤ درکار ہو گا۔

شکل 6.5-1 میں جزیئر کا مساوی برقی دور دکھایا گیا ہے جسے شکل 6.13 میں کسر دور دکھایا گیا ہے۔ یوں درج ذیل ہو گا۔

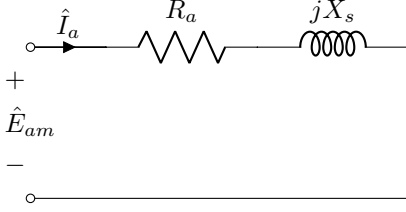
$$(6.39) \quad \hat{E}_{am} = \hat{I}_a R_a + j \hat{I}_a X_s$$

$X_s \gg R_a$  کی بنا مزاحمت  $R_a$  نظر انداز کر کے اس مساوات سے معاصر امالہ حاصل ہو گا۔

$$(6.40) \quad X_s = \frac{|\hat{E}_{am}|}{|\hat{I}_a|} = \frac{E_{am}}{I_a}$$

مساوات 6.40 میں  $\hat{I}_a$  کسر دور مشین کا برقی رو اور  $\hat{E}_{am}$  اسی حال میں مشین کے ایک دور کا امالی دباؤ ہے۔ کھلے دور مشین میں  $\hat{I}_a$  صفر ہوتا ہے۔ مساوات 6.33 سے واضح ہے کہ  $\hat{I}_a$  صفر ہونے کی صورت میں  $\hat{V}_a$  اور  $\hat{E}_{am}$  برابر ہوں گے۔ یوں کسی معین  $I_{m0}$  پر شکل 6.12-1 سے  $I_{a0}$  اور شکل 6.12-ب سے  $V_{a0}$  پڑھ کر  $X_s$  کی قیمت حاصل کی جاسکتی ہے۔

$$(6.41) \quad X_s = \frac{V_{a0}}{I_{a0}}$$



$$\begin{aligned}\hat{E}_{am} &= \hat{I}_a R_a + j \hat{I}_a X_s \\ &\approx j \hat{I}_a X_s \quad X_s \gg R_a \\ X_s &= \frac{|\hat{E}_{am}|}{|\hat{I}_a|}\end{aligned}$$

شکل 6.13: معاصر امالہ۔

معاصر امالہ کو عموماً مشین کے پورے (ہناوٹی) برقی دباؤ پر معلوم کیا جاتا ہے تاکہ قالب کی سیرابیت کے اثرات کو بھی شامل ہو۔

مشین کو ستارہ نما تصور کر کے اس کا ایک دوری  $X_s$  حاصل کیا جاتا ہے۔ یوں اگر معائنہ میں مشین کا تار برقی دباؤ<sup>23</sup> ناپا گیا ہو تب ضروری ہے کہ اس کو  $\sqrt{3}$  سے تقسیم کر کے یک دوری دباؤ حاصل کر کے مساوات 6.40 میں استعمال کیا جائے گا۔

$$(6.42) \quad V_{یکدوری} = \frac{V_{\pi}}{\sqrt{3}}$$

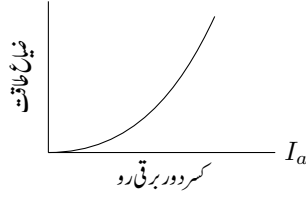
مثال 6.4: ایک 75 کلو وولٹ-ایمپیئر، ستارہ، 415 وولٹ پر چلنے والی تین دوری معاصر مشین کا کھلا دور اور کسر دور معائنہ کیا گیا۔ حاصل نتائج درج ذیل ہیں۔

- کھلا دور معائنہ:  $V_{\pi} = 415 \text{ V}$  اور  $I_m = 3.2 \text{ A}$  ہیں۔
- کسر دور معائنہ: جس لمحہ قوی لچھے کا برقی رو 104 A تھا اس لمحہ میدانی لچھے کا برقی رو 2.48 A تھا اور جس لمحہ قوی لچھے کا برقی رو 126 A تھا اس لمحہ میدانی لچھے کا برقی رو 3.2 A تھا۔

اس مشین کا معاصر امالہ تلاش کریں۔

حل: یک دوری برقی دباؤ درج ذیل ہو گا۔

$$V_{یکدوری} = \frac{V_{\pi}}{\sqrt{3}} = \frac{415}{\sqrt{3}} = 239.6 \text{ V}$$



شکل 6.14: کسر دور معاصر مشین میں ضیاع طاقت۔

کھلا دور مشین پر 239.6 وولٹ کے لئے 3.2 ایمپیئر میدانی برقی رو درکار ہو گا جبکہ 3.2 ایمپیئر میدانی برقی رو پر کسر دور برقی رو 126 ایمپیئر ہو گا لہذا ایک دوری معاصر امالہ درج ذیل ہو گا۔

$$X_s = \frac{239.6}{126} = 1.901 \Omega$$

□

کسر دور معائنہ کے دوران دھرے پر لاگو میکانی طاقت  $p_3$  کی پیمائش سے کسر دور مشین کا کل ضیاع حاصل ہو گا۔  $p_3$  ناپتے وقت کسر دور برقی رو  $I_{a,3}$  بھی ناپ لیں۔ اس ضیاع کا کچھ حصہ قابلی ضیاع، کچھ دونوں لچھوں میں برقی ضیاع اور کچھ رگڑی (میکانی) ضیاع ہو گا۔ شکل 6.14 میں ضیاع طاقت بالمقابل کسر دور برقی رو دکھایا گیا ہے۔

ضیاع  $p_3$  سے، کھلا دور معائنہ میں حاصل، رگڑی ضیاع  $p_2$  منفی کرنے سے لچھوں کا ضیاع اور قابلی ضیاع حاصل ہو گا۔ جیسا پہلے ذکر کیا گیا، صرف دس تا بیس فی صد بناوٹی برقی دباؤ پر کسر دور مشین میں بناوٹی رو پایا جائے گا۔ اتنا کم برقی دباؤ حاصل کرنے کے لئے درکار مقناطیسی بہاؤ اتنا ہی کم ہو گا۔ اتنے کم مقناطیسی بہاؤ پر قابلی ضیاع کو نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ مزید، کسر دور معاصر مشین کے گھومتے لچھے کا برقی ضیاع ساکن لچھے کے برقی ضیاع سے بہت کم ہو گا لہذا گھومتے لچھے کے ضیاع کو بھی نظر انداز کیا جا سکتا ہے۔ یوں  $(p_3 - p_2)$  کو ساکن لچھے کا برقی ضیاع تصور کیا جا سکتا ہے۔ یوں درج ذیل ہو گا

$$p_3 - p_2 = I_{a,3}^2 R_a$$

جس سے معاصر مشین کی مساوی مزاحمت حاصل ہو گی۔

(6.43)

$$R_a = \frac{p_3 - p_2}{I_{a,3}^2}$$

مثال 6.5: ایک 75 کلو وولٹ-ایمپیئر، 415 وولٹ پر چلنے والی تین دوری معاصر مشین کے پورے (بناوٹی) برقی رو پر کل کسر دور طاقت کا ضیاع 2.2 کلو واٹ ہے۔ اس مشین کی یک دوری موثر مزاحمت حاصل کریں۔

حل: یک دوری ضیاع  $733.33 \text{ W} = \frac{2200}{3}$  ہے۔ مشین کے پوری برقی رو درج ذیل ہو گا۔

$$\frac{75000}{\sqrt{3}V_L} = 104.34 \text{ A}$$

یوں مشین کی موثر مزاحمت درج ذیل ہو گی۔

$$R_a = \frac{733.33}{104.34^2} = 0.067 \Omega$$

□

مثال 6.6: شکل 6.15 میں 500 وولٹ، 50 ہرٹز، 4 قطب، ستارہ، معاصر جنریٹر کا کھلے دور خط دکھایا گیا ہے۔ اس جنریٹر کا معاصر امالہ 0.1 اوہم اور قوی لچھے کی مزاحمت 0.01 اوہم ہے۔ پورے برقی بوجھ، 0.92 تاخیری جزو طاقت<sup>24</sup> پر جنریٹر 1000 ایمپیئر فراہم کرتا ہے۔ پورے بوجھ پر رگڑی ضیاع اور لچھے کی مزاحمت میں ضیاع کا مجموعہ 30 کلو واٹ جبکہ قلابی ضیاع 25 کلو واٹ ہے۔

• جنریٹر کی رفتار معلوم کریں۔

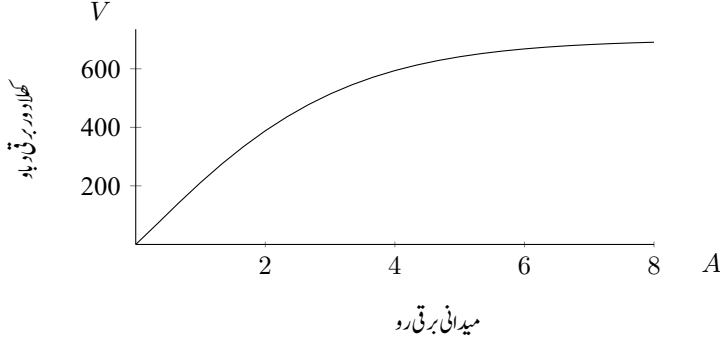
• بے بوجھ جنریٹر کی سروں پر 500 وولٹ برقی دباؤ کتنے میدانی برقی رو پر حاصل ہو گا؟

• اگر جنریٹر پر 0.92 تاخیری جزو طاقت، 1000 ایمپیئر کا برقی بوجھ لادا جائے تب جنریٹر کے برقی سروں پر 500 وولٹ برقرار رکھنے کے لئے کتنا میدانی برقی رو درکار ہو گا؟

• جنریٹر پورے بوجھ پر کتنی طاقت فراہم کر رہا ہے جبکہ اس کو محرک کتنی میکانیکی طاقت فراہم کر رہا ہے۔ ان دو سے جنریٹر کی فی صد کارگزار<sup>25</sup> تلاش کریں۔

• اگر جنریٹر سے یک دم برقی بوجھ ہٹایا جائے تو اس لمحہ اس کے برقی سروں پر کتنا برقی دباؤ ہو گا؟

• اگر جنریٹر پر 1000 ایمپیئر 0.92 پیش جزو طاقت کا بوجھ لادا جائے تو جنریٹر کے برقی سروں پر 500 وولٹ برقرار رکھنے کے لئے کتنا میدانی برقی رو درکار ہو گا؟



شکل 6.15: کھلا دور خط۔

- ان 1000 ایمپیر تاخیری جزو طاقت اور پیش جزو طاقت بوجھوں میں کونسا بوجھ زیادہ میدانی برقی رو پر حاصل ہو گا؟ جزیئر کس بوجھ سے زیادہ گرم ہو گا؟

حل:

- $f_e = \frac{P}{2} f_m$  سے  $f_m = \frac{2}{4} \times 50 = 25$  چکر فی سیکنڈ یا  $25 \times 60 = 1500$  چکر فی منٹ حاصل ہوتا ہے۔

- شکل 6.15 سے 500 وولٹ کے لئے درکار میدانی برقی رو تقریباً 2.86 ایمپیر پڑھا جاتا ہے۔

- ستارہ برقی دباؤ کے تعلق  $V_{\text{تار}} = \sqrt{3} V_{\text{یدوری}} = 289$  سے  $V_{\text{یدوری}} = \frac{500}{\sqrt{3}} = 289$  وولٹ حاصل ہوتا ہے۔ ستارہ جوڑ میں یک دوری برقی رو اور تار برقی رو برابر ہوتے ہیں۔ جزو طاقت کو ستارہ یک دوری برقی دباؤ کے نسبت سے بیان کیا جاتا ہے۔ چونکہ  $\cos^{-1} 0.92 = 23.07^\circ$  ہے لہذا اگر برقی سروں پر دباؤ  $289/0^\circ$  لکھا جائے تب تاخیری دوری برقی رو  $1000/-23.07^\circ$  لکھا جائے گا۔ یوں شکل 6.4 یا مساوات 6.24 سے اندرونی پیدا یک دوری برقی دباؤ

$$\begin{aligned} \hat{E}_a &= \hat{V}_a + \hat{I}_a (R_a + jX_s) \\ &= 289/0^\circ + 1000/-23.07^\circ (0.01 + j0.1) \\ &= 349/14.6^\circ \end{aligned}$$

حاصل ہو گا جس سے اندرونی پیداوار برقی دباؤ  $604 = 349 \times \sqrt{3}$  وولٹ حاصل ہوتا ہے۔ شکل 6.15 سے اتنے دباؤ کے لئے 4.1 A میدانی برقی رو پڑھا جاتا ہے۔

• جنریٹر اس صورت میں

$$\begin{aligned} p &= \sqrt{3} \hat{V}_a \cdot \hat{I}_a \\ &= \sqrt{3} \times 500 \times 1000 \times 0.92 \\ &= 796\,743 \text{ W} \end{aligned}$$

فراہم کر رہا ہے جبکہ محرک

$$p_m = 796.743 + 30 + 25 = 851.74 \text{ kW}$$

فراہم کر رہا ہے لہذا اس جنریٹر کی کارگزاری  $\eta = \frac{796.743}{851.74} \times 100 = 93.54\%$  ہے۔

• جنریٹر سے یک دم برقی بوجھ ہٹانے کے لمحہ پر جنریٹر کے برقی سروں پر 604 وولٹ برقی دباؤ ہو گا۔

• پیش جزو طاقت کی صورت میں

$$\begin{aligned} \hat{E}_a &= \hat{V}_a + \hat{I}_a (R_a + jX_s) \\ &= 289/0^\circ + 1000/23.07^\circ (0.01 + j0.1) \\ &= 276/20.32^\circ \end{aligned}$$

ہو گا جس سے اندرونی پیداوار برقی دباؤ  $478 = 276 \times \sqrt{3}$  وولٹ حاصل ہوتا ہے۔ شکل 6.15 سے اتنے دباؤ کے لئے 2.7 A میدانی برقی رو درکار ہو گا۔

• تاخیری جزو طاقت کے بوجھ پر جنریٹر کو زیادہ میدانی برقی رو درکار ہے۔ میدانی لمحے کی مزاحمت میں اس کی وجہ سے زیادہ برقی طاقت ضائع ہو گی اور جنریٹر زیادہ گرم ہو گا۔

□

مثال 6.7: ایک 415 وولٹ، 40 کلو وولٹ-ایمپیر، ستارہ، 0.8 جزو طاقت، 50 ہرٹز پر چلنے والی معاصر موٹر کا معاصر امالہ 2.2 اوہم ہے جبکہ اس کی مزاحمت قابل نظر انداز ہے۔ اس کی رگڑ اور لچھوں کی مزاحمت میں طاقت کا ضیاع ایک کلو واٹ جبکہ قابلی ضیاع 800 واٹ ہے۔ یہ موٹر 12.2 کلو واٹ میکانیکی بوجھ سے لدی ہے اور یہ 0.8 پیش جزو طاقت پر چل رہی ہے۔ یاد رہے کہ معاصر امالہ مشین کو ستارہ نما تصور کرتے ہوئے حاصل کیا جاتا ہے۔

- اس کا دوری سمتیہ بنائیں۔ تار کا برقی رو  $\hat{I}_t$  اور قوی لچھے کا برقی رو  $\hat{I}_a$  حاصل کریں۔ موٹر کا اندرونی ہجانی برقی دباؤ  $\hat{E}_a$  حاصل کریں۔
- میدانی برقی رو کو بغیر تبدیل کئے، میکانی بوجھ آہستہ آہستہ بڑھا کر دگنا کیا جاتا ہے۔ اس صورت میں موٹر کا رد عمل دوری سمتیہ سے واضح کریں۔
- اس دگنے میکانی بوجھ پر قوی لچھے کا برقی رو، تار کا برقی رو اور موٹر کا اندرونی ہجانی برقی دباؤ حاصل کریں۔ موٹر کا جزو طاقت بھی حاصل کریں۔

حل:

- ستارہ جڑی موٹر کے سروں پر یک دوری برقی دباؤ  $239.6 \text{ V} = \frac{415}{\sqrt{3}}$  ہو گا جسے صفر زاویہ پر تصور کرتے ہوئے برقی رو کا زاویہ بیان کیا جاتا ہے۔ یوں  $\hat{V}_{sa} = 239.6/0^\circ$  لکھا جائے گا۔ جزو طاقت 0.8 زاویہ  $36.87^\circ$  کو ظاہر کرتا ہے۔ یوں تار برقی رو کا پیشہ زاویہ یہی ہو گا۔ موٹر کو مہیا برقی طاقت اس کی میکانی طاقت اور طاقت کے ضیاع کے برابر ہو گی

$$12\,200 \text{ W} + 1000 \text{ W} + 800 \text{ W} = 14\,000 \text{ W}$$

جس کے لئے درکار تار کا برقی رو درج ذیل ہو گا۔

$$\begin{aligned} I_t &= \frac{P}{\sqrt{3} V_t \cos \theta} \\ &= \frac{14\,000}{\sqrt{3} \times 415 \times 0.8} \\ &= 24.346 \text{ A} \end{aligned}$$

ستارہ جڑی موٹر کے قوی لچھے کا برقی رو تار کے برقی رو کے برابر ہو گا۔ یوں برقی رو کا زاویہ شامل کرتے ہوئے اسے

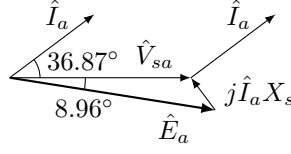
$$\hat{I}_a = \hat{I}_t = 24.346/36.87^\circ$$

لکھا جاسکتا ہے۔

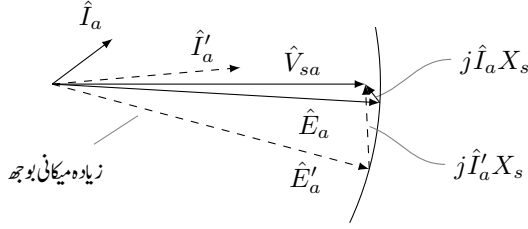
موٹر کا اندرونی یک دوری ہجانی برقی دباؤ موٹر کے مساوی دور شکل 6.3 کی مدد سے درج ذیل ہو گا۔

$$\begin{aligned} \hat{E}_a &= \hat{V}_{a,s} - j X_s \hat{I}_a \\ &= 239.6/0^\circ - j 2.2 \times 24.346/36.87^\circ \\ &= 276/-8.96^\circ \end{aligned}$$

اس تمام صورت حال کو شکل 6.16 میں دوری سمتیات کی مدد سے دکھایا گیا ہے۔



شکل 6.16: بوجھ بردار معاصر موٹر۔



شکل 6.17: بوجھ بڑھنے کا اثر۔

- میکانیکی بوجھ بڑھنے سے موٹر کو زیادہ برقی طاقت درکار ہوگی۔ یہ اس صورت ممکن ہو گا جب موٹر کے قوی لچھے کا برقی رو بڑھ سکے۔ میدانی برقی رو معین ہونے کی وجہ سے موٹر کے اندرونی بیجانی برقی دباؤ  $\hat{E}_a$  کی مطلق قیمت تبدیل نہیں ہو سکتی البتہ اس کا زاویہ تبدیل ہو سکتا ہے۔ موٹر  $\hat{E}_a$  کی مطلق قیمت تبدیل کئے بغیر برقی سروں پر لاگو برقی دباؤ  $\hat{V}_a$  اور  $\hat{E}_a$  کے بیچ زاویہ بڑھا کر قوی لچھے کا برقی رو اور یوں حاصل برقی طاقت بڑھائے گا۔ ایسا شکل 6.17 میں دکھایا گیا ہے جہاں  $\hat{E}_a$  دوری سمتیہ کی نوک گول دائرہ پر رہتی ہے۔ یوں اس کا طول تبدیل نہیں ہوتا۔ زاویہ بڑھنے سے  $|j\hat{I}_a X_s|$  بڑھتا ہے۔ چونکہ  $X_s$  نہیں بڑھ رہا لہذا درحقیقت قوی لچھے کا برقی رو بڑھ گیا ہے۔ زیادہ بوجھ کی صورت حال کو نقطہ دار دکھایا گیا ہے۔

- دگنی میکانیکی بوجھ پر موٹر کو کل  $26200 + 800 + 1000 = 28000$  واٹ یا 26.2 کلو واٹ برقی طاقت درکار ہے۔ مساوات 6.30 کی مدد سے درج ذیل ہو گا۔

$$\sigma = \sin^{-1} \left( \frac{pX_s}{3V_a E_a} \right) = \sin^{-1} \left( \frac{26200 \times 2.2}{3 \times 239.6 \times 276} \right) = 16.89^\circ$$



یوں موٹر کا اندرونی ہیجانی برقی دباؤ  $276/-16.89^\circ$  ہو گا اور قوی لچھے کا برقی رو درج ذیل ہو گا۔

$$\begin{aligned}\hat{I}_a &= \frac{\hat{V}_a - \hat{E}_a}{jX_s} \\ &= \frac{239/0^\circ - 276/-16.89^\circ}{j2.2} \\ &= 38/17.4^\circ\end{aligned}$$

ستارہ جوڑ کی وجہ سے  $\hat{I}_t$  بھی اتنا ہی ہو گا۔ پیش جزو طاقت  $\cos 17.4^\circ = 0.954$  ہے۔

□



- 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  
محرک، 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  
بو جھ، 101  
بھئی، 119  
بھنور نما  
برقی رو، 63  
ضیاع، 64  
بھنور نما برقی رو، 130  
بے بو جھ، 62
- پتیری، 33، 130  
پتیاں، 64  
پورا بو جھ، 201  
پیش زاویہ، 24  
تاخیری، 82  
تاخیری زاویہ، 24  
تار کا برقی دباؤ، 97  
تار کا برقی رو، 97  
تانبہ، 30  
تبادلہ  
رکاوٹ، 73  
متنخی، 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  
بو جھ 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

- تانخیری، 24  
 جزیر  
 بدلتارو، 163  
 جوڑ  
 ٹکونی، 96  
 ستارہ نما، 96  
 چکر فی منٹ، 130  
 چوٹی، 215  
 حال  
 عارضی، 179  
 یکساں، 179  
 خطی  
 برقی دور، 230  
 خودار تہا بہاؤ، 45  
 خودامالہ، 45  
 داخلی پیمان  
 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  
 رفتار  
 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 عمل، 185  
 سطحی کشاف، 13  
 سکت، 100، 99  
 سلسلہ وار، 149  
 سمت کار، 245  
 برقیاتی، 168  
 میکانی، 168  
 سمتیہ، 4  
 عمودی اکائی، 5  
 سمتی رفتار، 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

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



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	