

# 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 کشافیت	1.8
13	1.8.1 سطحی کشافیت	
14	حجمی کشافیت	1.9
15	صلیبی ضرب اور ضرب نقطہ	1.10
15	1.10.1 صلیبی ضرب	
17	1.10.2 نقطہ 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 ہنگامی ہٹ	
28	2.2 کشافیت برقی رد اور برقی میدان کی شدت	
30	2.3 برقی ادوار	
32	2.4 مقناطیسی دور حصہ اول	
34	2.5 کشافیت 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 ہجیان 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	مقتناطیسی نظام میں قوت اور قوت مروڑ . . . . .
111	4.2	تبادلہ توانائی والا ایک لچھے کا نظام . . . . .
117	4.3	توانائی اور ہمہ توانائی . . . . .
121	4.4	متعدد لچھوں کا مقتناطیسی نظام . . . . .
129	5	گھومتے مشین کے بنیادی اصول
129	5.1	قانون فیراڈے . . . . .
130	5.2	معاصر مشین . . . . .
140	5.3	محرك برقی دباو . . . . .
143	5.4	پھیلے لچھے اور سائن نما مقتناطیسی دباو . . . . .
145	5.4.1	بدلتارو والے مشین . . . . .
153	5.5	مقتناطیسی دباو 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 ترسیلی تجزیہ . . . . .
163	5.6	محرك برقی دباو . . . . .
163	5.6.1	بدلتارو 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 مقتناطیسی بہاو . . . . .

179	6 یکساں حال، برقرار چالو معاصر مشین
180 . . . . .	6.1 متعدد دوری معاصر مشین
183 . . . . .	6.2 معاصر مشین کے امالہ
184 . . . . .	6.2.1 خود امالہ
185 . . . . .	6.2.2 مشترکہ امالہ
187 . . . . .	6.2.3 معاصر امالہ
189 . . . . .	6.3 معاصر مشین کا مساوی دور یا ریاضی نمونہ
191 . . . . .	6.4 برقی طاقت کی منتقلی
196 . . . . .	6.5 یکساں حال، برقرار چالو مشین کے خصوصیات
196 . . . . .	6.5.1 معاصر جزیئر: برقی بوجھ بالمقابل $I_m$ کے خطوط
197 . . . . .	6.5.2 معاصر موٹر: $I_a$ بالمقابل $I_m$ کے خط
199 . . . . .	6.6 کھلے دور اور کسر دور معائنہ
199 . . . . .	6.6.1 کھلے 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 کہتے ہیں۔

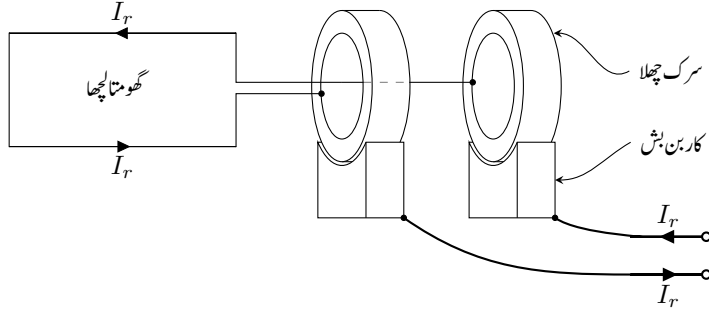
## 6.1 متعدد دوری معاصر مشین

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 بٹش اور سرک چھلوں سے گھومتے لچھے تک برقی رو پہنچایا گیا ہے۔

کاربن کے ساکن بٹش، اسپرنگ کی مدد سے، سرک چھلوں کے بیرونی سطح کے ساتھ دبا کر رکھے جاتے ہیں۔ جب مشین چلتی ہے، کاربن بٹش ان سرک چھلوں پر سرکتے ہیں۔ اسپرنگ کا دباؤ ان کا برقی جوڑ مضبوط رکھتا ہے تاکہ ان کے بیچ چنگاریاں نہ نکلیں۔ کاربن بٹش کے ساتھ برقی تار لگی ہے۔ ایک سمت برقی رو  $I_r$ ، کاربن بٹش<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 دھرے پر نسب ہوتا ہے اور دھرے کے ساتھ گھومتا ہے چھوٹے جزیئر کے برقی دباؤ کو دھرے پر نسب برقیاتی سمت کار کی مدد سے ایک 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 فرضہ 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 جزیئر 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۔

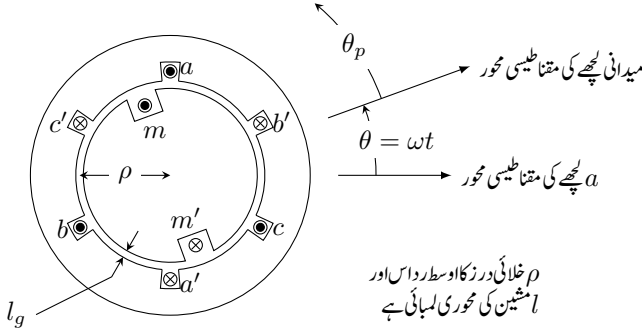
اگرچہ یہاں کچھ لچھے دکھائے گئے ہیں، حقیقت میں پھیلے لچھے استعمال ہوں گے لہذا انہیں پھیلے لچھے تصور کریں۔ اس طرح ہر لچھا ساکن نما برقی دباؤ پیدا کرتا ہے جس کی چوٹی لچھے کی مقناطیسی محور کے رخ ہوگی۔ چونکہ معاصر مشین کے گھومتے لچھے میں یک سمت رو ہوتا ہے لہذا، جیسا شکل 6.2 میں دکھایا گیا ہے، اس لچھے کا مقناطیسی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

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

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

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

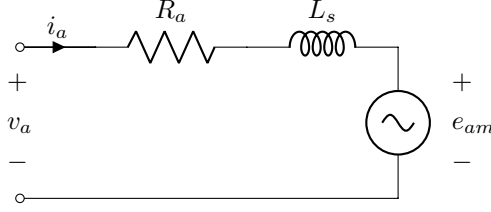
کو معاصر امالہ<sup>16</sup> کہتے ہیں۔

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 جزیرہ کی یک دوری کل خود امالہ 2.2 mH اور رستا امالہ 0.2 mH ہیں۔ اس مشین کے دو مرحلوں کا آپس میں مشترکہ امالہ اور مشین کا معاصر امالہ حاصل کریں۔

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



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 اس لچھے کی مزاحمت  $R_a$  میں برقی دباؤ کے گٹھنے اور  $\lambda_a$  کے برقی دباؤ کے برابر ہوگا، یعنی

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

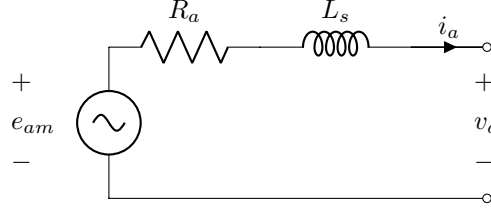
یہاں

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

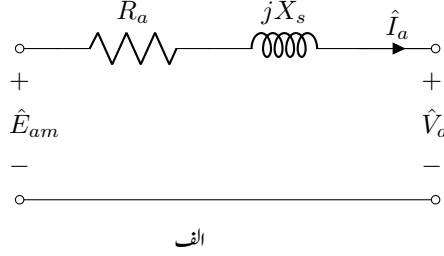
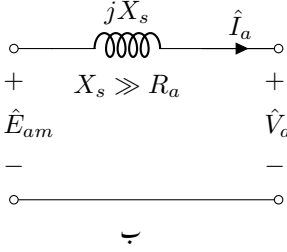
کو نیچائی برقی دباؤ یا اندرونی پیدا برقی دباؤ کہتے ہیں جو گھومتے لچھے سے پیدا مقناطیسی بہاؤ کی وجہ سے وجود میں آتی ہے۔ اس کے موثر قیمت  $E_{am,rms}$  مساوات 1.42 کی مدد سے حاصل ہوتا ہے۔

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

مساوات 6.20 کو ایک برقی دور سے ظاہر کیا جاسکتا ہے جسے شکل 6.3 میں دکھایا گیا ہے۔ کسی بھی برقی آلہ پر جب برقی دباؤ لاگو کیا جائے تو برقی رو کی مثبت سمت لاگو برقی دباؤ کے مثبت سرے سے باہر کی جانب کو ہوتی ہے۔ لہذا اس شکل میں برقی رو  $i_a$  لاگو برقی دباؤ  $v_a$  کی مثبت سرے سے باہر کی جانب کو ہے۔ یہ شکل ایک موٹر کو ظاہر کرتی ہے جہاں موٹر کے مثبت سرے پر برقی رو اندر کی جانب کو ہوتا ہے۔ اگر موٹر کی بجائے ایک معاصر جزیئر کی بات



شکل 6.4: معاصر جزیئر کا مساوی دور پاراضی نمونہ۔



شکل 6.5: معاصر جزیئر کے مساوی ادوار۔

ہوتی تو یہ جزیئر برقی دباؤ پیدا کرتا اور برقی رو اس جزیئر کی مثبت سرے سے باہر کی جانب کو ہوتی۔ اس صورت میں ہمیں شکل 6.3 کی جگہ شکل 6.4 ملے گا۔ اس شکل کی مساوات اسی شکل سے یوں حاصل ہوتی ہے۔

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

یہاں یہ دھیان رہے کہ جزیئر کے مساوی دور میں برقی رو کی مثبت سمت موٹر کے مساوی دور میں برقی رو کی مثبت سمت کے الٹ ہے۔ اس کا دوری سمتیہ مساوات یوں لکھا جائے گا۔

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

اس دوری سمتیہ کے مساوات کو شکل 6.5-الف میں دکھایا گیا ہے۔ عام حالات میں  $X_s$  کی مقدار  $R_a$  سے سو سے دو سو گنا زیادہ ہوتی ہے۔

مثال 6.2: دو قطب 50 ہرٹز کا ایک معاصر جزیئر 40 ایمپیئر میدانی برقی رو پر 2100 وولٹ یک دوری موٹر برقی دباؤ پیدا کرتی ہے۔ اس مشین کی قوی اور میدانی لچھوں کے مابین مشترکہ امالہ حاصل کریں۔

حل: مساوات 6.22 سے

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

□

## 6.4 برقی طاقت کی منتقلی

شکل 3.23 ٹرانسفارمر کا مساوی دور (ریاضی نمونہ) اور شکل 6.5 معاصر جزیرہ کا مساوی دور (ریاضی نمونہ) ہے۔ دونوں بالکل ایک طرح کے ہیں، لہذا مندرجہ ذیل بیان دونوں کے لئے درست ہوگا، اگرچہ یہاں ہمیں صرف معاصر آلوں سے دلچسپی ہے۔

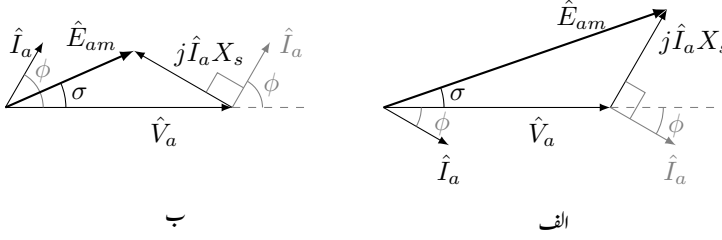
معاصر آلوں میں معاصر متعاملہ لچھے کی مزاحمت سے بہت زیادہ ہوتا ہے لہذا اس کے مزاحمت کو نظر انداز کیا جا سکتا۔ ایسا ہی شکل کے حصہ بائیں کیا گیا ہے۔

شکل 6.5-ب کو اگر ہم ایک لمحے کے لئے ایک سادہ برقی دور سمجھیں جس کے بائیں جانب  $\hat{E}_{am}$  اور دائیں جانب  $\hat{V}_a$  برقی دباؤ ہے جن کے مابین ایک متعاملہ  $jX_s$  جڑا ہے۔ اس برقی دور میں برقی طاقت کے منتقلی کا حساب یوں ممکن ہے۔

شکل 6.5-ب کی دوری سمتیہ شکل 6.6 میں دی گئی ہے۔ شکل 6.6-الف میں برقی رو  $\hat{I}_a$  برقی دباؤ  $\hat{V}_a$  سے  $\phi$  زاویہ پیچھے ہے اور شکل 6.6-ب میں برقی رو  $\phi$  زاویہ برقی دباؤ سے آگے ہے۔ چونکہ زاویہ افقی سمت سے گھڑی کی اُلٹی سمت ناپا جاتا ہے لہذا شکل-الف میں  $\phi$  منفی زاویہ ہے اور  $\sigma$  مثبت زاویہ ہے جبکہ شکل-ب میں دونوں زاویے مثبت ہیں۔

دائیں جانب طاقت  $p_v$  منتقل ہو رہی ہے جہاں

$$(6.26) \quad p_v = V_a I_a \cos \phi$$



شکل 6.6: معاصر جزیر کا دوری سمتیہ۔

کے برابر ہے۔ شکل 6.6-الف سے

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

لکھا جاسکتا ہے۔ ایک دوری سمتیہ کے دو جزو ہوتے ہیں۔ اس کا حقیقی جزو افقی سمت میں بنایا جاتا ہے اور اس کا فرضی جزو حقیقی جزو کے عمود میں بنایا جاتا ہے۔ شکل 6.6 سے واضح ہے کہ اس مساوات کا حقیقی جزو  $\hat{V}_a$  کے ہم قدم ہے لہذا

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

اس مساوات اور مساوات 6.26 سے حاصل ہوتا ہے

$$(6.29) \quad p_v = \frac{V_a E_{am}}{X_s} \sin \sigma$$

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

$$(6.30) \quad p_v = \frac{3 V_a E_{am}}{X_s} \sin \sigma$$

یہ طاقت بالمقابل زاویہ<sup>17</sup> کا قانون ہے۔ اگر  $V_a$  معین ہو تو جزیر  $E_{am}$  یا  $\sigma$  بڑھا کر طاقت بڑھا سکتا ہے۔  $E_{am}$  گھومتے لچھے میں برقی رو بڑھا کر بڑھائی جاتی ہے۔ البتہ یہ ایک حد تک کرنا ممکن ہے۔ لچھے کی مزاحمت میں برقی توانائی

<sup>17</sup> power-angle law



ضائع ہونے سے یہ گرم ہوتا ہے اور اس کی حرارت کو خطرناک حد تک پہنچنے نہیں دیا جاسکتا۔ دوسری جانب  $\sigma$  کو نوے زاویہ تک بڑھایا جاسکتا ہے اور اس صورت میں جزیئر زیادہ سے زیادہ طاقت مہیا کرے گا۔

$$(6.31) \quad p_{v, \text{انتہا}} = \frac{3V_a E_{am}}{X_s}$$

حقیقت میں جزیئر کو اس طرح بنایا جاتا ہے کہ اس کی زیادہ سے زیادہ قابل استعمال طاقت نوے درجے سے کافی کم زاویہ پر ہو۔ نوے درجے پر جزیئر کو قابو رکھنا مشکل ہو جاتا ہے۔

مثال 6.3: ایک 50 قطب ستارہ جڑی تین دوری 50 ہرٹز 2300 وولٹ تار کی برقی دباؤ پر چلنے والی 1800 کلو وولٹ-ایمپیئر کی معاصر مشین کی یک دوری معاصر امالہ 2.1 اوہم ہے۔

• مشین کے برقی سروں پر 2300 وولٹ تار کی برقی دباؤ مہیا کرتے ہوئے اگر اس کی میدانی برقی رواتی رکھی جائے کہ پورے بوجھ پر مشین کا جزو طاقت ایک کے برابر ہو تو اس سے زیادہ سے زیادہ کتنی قوت مروڑ حاصل کی جاسکتی ہے۔

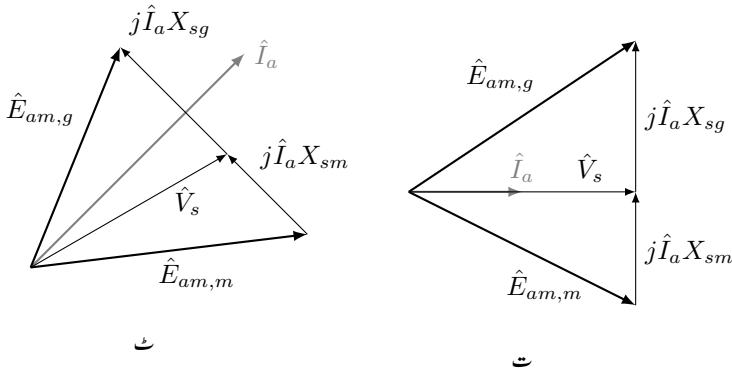
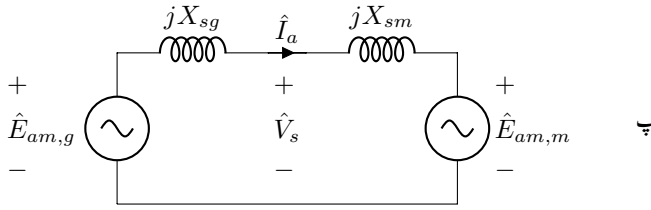
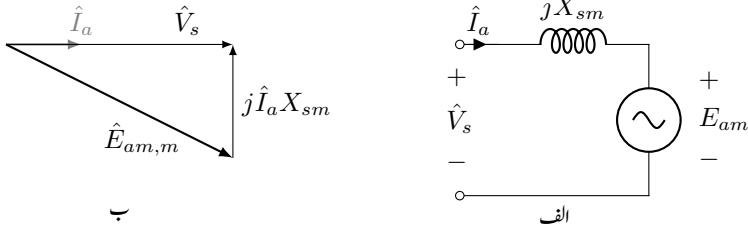
• اگر اسے 2 قطب 3000 چکر فی منٹ تین دوری ستارہ جڑی 2300 وولٹ تار کی برقی دباؤ پیدا کرنے والی 2200 کلو وولٹ-ایمپیئر کی معاصر جزیئر سے چلایا جائے جس کی یک دوری معاصر امالہ 2.3 اوہم ہو۔ موٹر پر اس کا پورا برقی بوجھ لاد کر جزیئر کو معاصر رفتار پر چلاتے ہوئے دونوں مشینوں کی میدانی برقی رو تبدیل کی جاتی ہے حتیٰ کہ موٹر ایک جزو طاقت پر چلنے لگے۔ دونوں مشینوں کی میدانی برقی رو یہاں برقرار رکھ کر موٹر پر بوجھ آہستہ آہستہ بڑھائی جاتی ہے۔ اس صورت میں موٹر سے زیادہ سے زیادہ کتنی قوت مروڑ حاصل کی جا سکتی ہے اور اس کی سروں پر تار کی برقی دباؤ کتنی ہوگی۔

حل:

• شکل 6.7-الف اور 6.7-ب سے رجوع کریں۔ یک دوری برقی دباؤ اور کل برقی رو یہ ہیں

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

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



شکل 6.7: معاصر جزئی معاصر موٹر چارٹی ہے۔

لہذا

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

ہے۔ یوں مساوات 6.31 سے یک دوری زیادہ سے زیادہ برقی طاقت

$$p_{\text{اِتہا}} = \frac{1327.9 \times 1632}{2.1} = 1\,031\,968\text{ W}$$

ہے۔ یوں تین دوری زیادہ سے زیادہ طاقت 3 095 904 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 زیادہ سے زیادہ قوت مرؤ

$$T_{\text{اِتہا}} = \frac{p_{\text{اِتہا}}}{2\pi f_m} = \frac{3095904}{2 \times \pi \times 2} = 246\,364\text{ N m}$$

حاصل ہوگی۔

- شکل 6.7- پ سے رجوع کریں۔ پہلی جزو کی طرح یہاں بھی موٹر کی برقی سروں پر تار کی برقی دباؤ 2300 وولٹ اور اس کی محرک برقی دباؤ 1632 وولٹ ہے۔ جزئیہ کی محرک برقی دباؤ

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

ہے۔ یہ صورت شکل 6.7- ت 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۔ ایسا شکل 6.7- ٹ میں دکھایا گیا ہے۔

اب مساوات 6.31 میں ایک معاصر امالہ کی جگہ سلسلہ وار جڑی موٹر اور جزئیہ کی امالہ ہیں اور دو برقی دباؤ اب موٹر اور جزئیہ کی محرک برقی دباؤ ہیں۔ یوں موٹر کی یک دوری زیادہ سے زیادہ طاقت

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

حاصل ہوں گے۔ یوں تین دوری 1 876 056 واٹ حاصل ہوں گے اور زیادہ سے زیادہ قوت مروڑ

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

ہوگی۔

□

## 6.5 یکساں حال، برقرار چالو مشین کے خصوصیات

6.5.1 معاصر جزیئر: برقی بوجھ بالمقابل  $I_m$  کے خطوط

شکل 6.5-ب کے لئے دوری سمتیوں کا مساوات یہ ہے

$$(6.32) \quad \hat{E}_{am} = \hat{V}_a + j\hat{I}_a X_s$$

اسے یوں لکھ سکتے ہیں

$$(6.33) \quad E_{am}/\sigma = V_a/0 + I_a X_s / \left( \frac{\pi}{2} + \phi \right)$$

اس مساوات کو مخلوط عدد<sup>18</sup> کے طور پر یوں لکھ سکتے ہیں۔

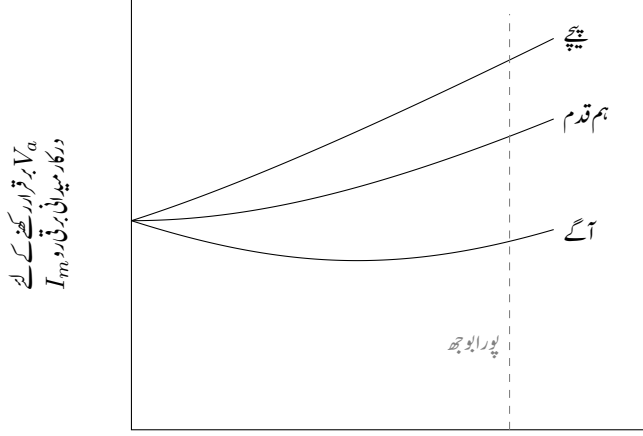
$$\begin{aligned} E_{am} \cos \sigma + j E_{am} \sin \sigma &= V_a \cos 0 + j V_a \sin 0 + I_a X_s \cos \left( \frac{\pi}{2} + \phi \right) + j I_a X_s \sin \left( \frac{\pi}{2} + \phi \right) \\ &= E_{am,x} + j E_{am,y} \end{aligned}$$

اس مساوات سے  $\hat{E}_{am}$  یعنی  $E_{am}$  کی مقدار یوں حاصل ہوتی ہے۔

$$\begin{aligned} (6.34) \quad |\hat{E}_{am}| &= E_{am} = \sqrt{E_{am,x}^2 + E_{am,y}^2} \\ &= \sqrt{V_a^2 + (I_a X_s)^2 + 2V_a I_a X_s \sin \phi} \end{aligned}$$

جزیئر کے سروں پر معین  $V_a$  رکھتے ہوئے مختلف  $\phi$  کے لئے  $E_{am}$  بالمقابل  $I_a$  کے خط شکل 6.8 میں دکھائے گئے ہیں۔ چونکہ  $E_{am}$  اور  $I_m$  براہ راست متناسب ہیں اور اسی طرح کسی ایک مخصوص جزو طاقت اور معین  $V_a$  کے لئے جزیئر کا طاقت  $I_a$  کے براہ راست متناسب ہوتا ہے لہذا یہی ترسیم  $I_m$  بالمقابل جزیئر کے طاقت کو بھی ظاہر کرتا ہے۔

<sup>18</sup> complex number



برقی باریا قوی لچھے کی برقی رو  $I_a$

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

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

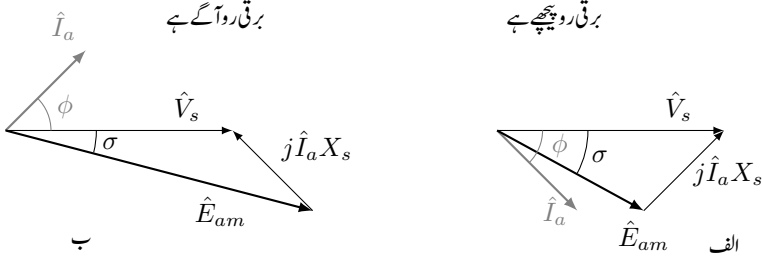
معاصر موٹر کا مساوی دور (ریاضی نمونہ) شکل 6.3 میں دکھایا گیا ہے اور اس کا دوری سمتیہ شکل 6.9 میں دکھایا گیا ہے۔ اس میں مزاحمت نظر انداز کرنے سے اس کی مساوات یوں ہوگی۔

$$\begin{aligned}\hat{V}_a &= \hat{E}_{am} + j\hat{I}_a X_s \\ V_a/0 &= E_{am}/\sigma + jI_a/\phi X_s \\ &= E_{am}/\sigma + I_a X_s / \left( \frac{\pi}{2} + \phi \right)\end{aligned}\quad (6.35)$$

اس مساوات میں زاویے موٹر پر لاگو برقی دباؤ  $\hat{V}_a$  کے حوالہ سے ہیں، یعنی  $\hat{V}_a$  کا زاویہ صفر لیا گیا ہے۔ یاد رہے کہ زاویہ ناپنے کی مثبت سمت افقی کبیر سے گھڑی کی اُلٹی سمت ہے لہذا پیش زاویہ<sup>19</sup> مثبت اور تاخیر زاویہ<sup>20</sup> منفی ہیں۔ اس مساوات سے امالی دباؤ  $E_{am}$  کی مقدار یوں حاصل ہوگی۔

$$\begin{aligned}E_{am}/\sigma &= V_a/0 - I_a X_s / \left( \frac{\pi}{2} + \phi \right) \\ &= V_a - I_a X_s \cos \left( \frac{\pi}{2} + \phi \right) - jI_a X_s \sin \left( \frac{\pi}{2} + \phi \right) \\ &= V_a + I_a X_s \sin \phi - jI_a X_s \cos \phi\end{aligned}$$

leading angle<sup>19</sup>  
lagging angle<sup>20</sup>



شکل 6.9: موٹر کا دوری سمتیہ۔  
5

لہذا

$$(6.36) \quad |E_{am}| = \sqrt{(V_a + I_a X_s \sin \phi)^2 + (I_a X_s \cos \phi)^2}$$

$$= \sqrt{V_a^2 + I_a^2 X_s^2 + 2V_a I_a X_s \sin \phi}$$

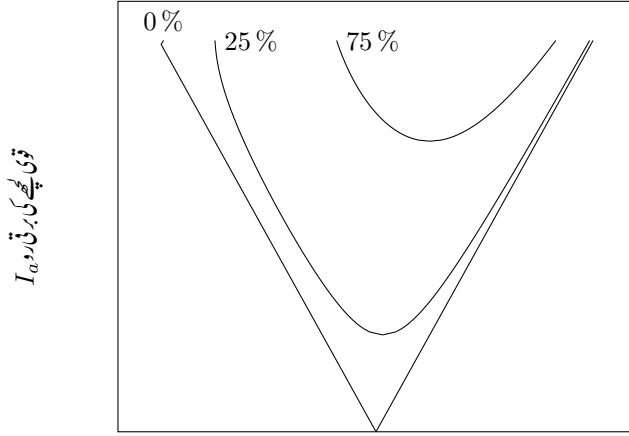
موٹر پر لاگو برقی دباؤ اور اس پر میکانیکی بوجھ کو 0%، 25% اور 75% پر رکھ کر اس مساوات کو شکل 6.10 میں ترسیم کیا گیا ہے۔ یہ موٹر کے  $E_{am}$  بالمقابل  $I_a$  خط ہیں۔ چونکہ امالی دباؤ  $I_m$  کے برابر راست متناسب ہے لہذا یہی موٹر کے  $I_m$  بالمقابل  $I_a$  خط بھی ہیں۔ ان میں سے ہر خط ایک معین میکانیکی بوجھ  $p$  کے لئے ہے جہاں

$$(6.37) \quad p = V_a I_a \cos \phi$$

اس مساوات سے واضح ہے کہ اگر  $p$  اور  $V_a$  معین ہوں تو جزو طاقت تبدیل کر کے  $I_a$  تبدیل کیا جاسکتا ہے۔ لہذا مساوت 6.36 کو مساوت 6.37 کی مدد سے ترسیم کیا جاتا ہے۔ یہ کچھ یوں کیا جاتا ہے۔ معین  $V_a$  اور  $p$  کے لئے مختلف  $I_a$  پر مساوت 6.37 سے  $\phi$  حاصل کریں۔ ان  $I_a$  اور  $\phi$  کو مساوت 6.36 میں استعمال کر کے  $E_{am}$  کا حساب لگائیں اور  $E_{am}$  بالمقابل  $I_a$  ترسیم کریں۔

موٹر کی ان خطوط سے واضح ہے کہ  $I_m$  کو تبدیل کر کے موٹر کی جزو طاقت تبدیل کی جاسکتی ہے۔ لہذا موٹر کو پیشہ زاویہ یا تاخیر زاویہ پر چلایا جاسکتا ہے۔ اگر اسے پیش زاویہ پر رکھا جائے تو یہ ایک کپیسٹر<sup>21</sup> کے طور پر استعمال ہو سکتا ہے اگرچہ ایسا کیا نہیں جاتا چونکہ کپیسٹر از خود زیادہ سستا ہوتا ہے۔

<sup>21</sup>capacitor



میدانی لچھے کی برقی رد  $I_m$

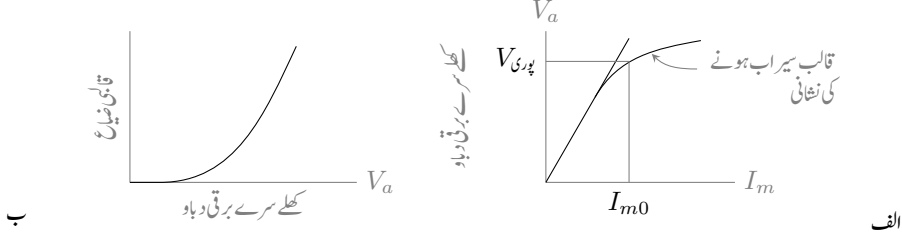
شکل 6.10: موثر  $I_m$  بالمقابل  $I_a$  کے خط

## 6.6 کھلے دور اور کسر دور معائنہ

معاصر مشین کے مساوی دور بنانے کے لئے اس کے جزو معلوم کرنا لازم ہے۔ یہ دو قسم کے معائنوں سے کیا جاتا ہے۔ انہیں کھلے دور معائنہ اور کسر دور معائنہ کہتے ہیں۔ ان معائنوں سے قالب کے سیراب ہونے کے اثرات بھی سامنے آتے ہیں۔ ہم نے ٹرانسفارمر کے لئے بھی اسی قسم کے معائنے کیے تھے۔ وہاں ہم نے دیکھا تھا کہ کھلے دور معائنہ اس برقی دباؤ پر کیا جاتا ہے جتنے کے لئے مشین بنائی<sup>22</sup> گئی ہو جبکہ کسر دور معائنہ اس برقی رو پر کیا جاتا ہے جتنے کے لئے مشین بنائی گئی ہو۔ یہاں بھی ایسا ہی کیا جائے گا۔

### 6.6.1 کھلے دور معائنہ

معاصر مشین کے برقی سرے کھلے رکھ کر اور اسے معاصر رفتار پر گھماتے ہوئے مختلف  $I_m$  پر مشین کے سروں پر پیدا برقی دباؤ  $V_a$  ناپی جاتی ہے۔ ان دو کا ترسیم شکل 6.11-الف میں دکھایا گیا ہے۔ یہ خط مشین کے کھلے دور خاصیت ظاہر کرتا ہے۔ یہی خط مشین بنانے والے بھی مہیا کر سکتے ہیں۔



شکل 6.11: کھلے دور خط اور قالبی ضیاع۔

اس کتاب کے حصہ 2.8 میں بتلایا گیا تھا کہ قالب پر لاگو مقناطیسی دباؤ اگر بڑھایا جائے تو اس میں مقناطیسی بہاؤ بڑھتی ہے البتہ جلد ہی قالب سیراب ہونے لگتا ہے۔ اس کا اثر شکل-الف میں خط کے جھکنے سے واضح ہے۔ اگر قالب سیراب نہ ہوتا تو یہ خط شکل میں دیئے سیدھی لکیر کی پیروی کرتا۔ شکل میں مشین کا پورا برقی دباؤ اور اس پر درکار برقی رو  $I_{m0}$  دکھلایا گیا ہے۔

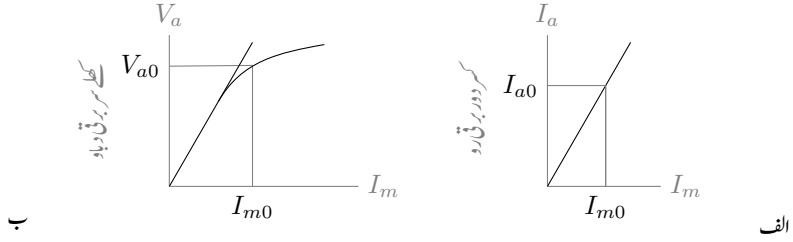
یہ معائنہ کرتے وقت اگر دھرے پر میکانیکی طاقت  $p_1$  ناپی جائے تو یہ بے بوجھ مشین کی طاقت کے ضیاع کے برابر ہوگی۔ اس کا بیشتر حصہ رگڑ کی وجہ سے، کچھ حصہ قالب میں ضیاع کی وجہ سے اور کچھ گھومتے لچھے میں ضیاع کی وجہ سے ہوگا۔ یاد رہے کہ عموماً گھومتے لچھے کو یک سمت جزیئر سے برقی توانائی دی جاتی ہے اور یہ جزیئر بھی مشین کے دھرے پر ہی نسب ہوتا ہے لہذا اسے طاقت محرک <sup>23</sup> سے ہی ملتی ہے۔ بے بوجھ مشین اور بوجھ بردار مشین دونوں کا رگڑ سے طاقت کے ضیاع کو یکساں سمجھا جاتا ہے چونکہ رگڑ سے طاقت کے ضیاع کا مشین پر لدے بوجھ سے کوئی خاص تعلق نہیں۔ اب اگر یہی معائنہ دوبارہ کیا جائے لیکن اس مرتبہ  $I_m$  بھی صفر رکھا جائے تو اس مرتبہ ناپا گیا طاقت  $p_2$  صرف رگڑ کی وجہ سے طاقت کے ضیاع کے برابر ہوگا۔ ان دو ناپے گئے طاقت کا فرق یعنی  $(p_1 - p_2)$  قالب میں طاقت کے ضیاع اور گھومتے لچھے میں برقی ضیاع کے برابر ہوگا۔ گھومتے لچھے میں برقی ضیاع بہت کم ہوتا ہے اور اس کو عموماً قالب کے ضیاع کا حصہ ہی تصور کیا جاتا ہے۔ اس طرح ناپے گئے قالبی ضیاع کا ایک خط شکل 6.11-ب میں دیا گیا ہے۔

### 6.6.2 کسر دور معائنہ

معاصر مشین کو معاصر رفتار پر جزیئر کے طور چلاتے ہوئے اس کے ساکن لچھے کے سرے کسر دور کر کے مختلف  $I_m$  پر کسر دور برقی رو  $I_a$  ناپی جاتی ہے۔ ان دو کا ترسیم شکل 6.12-الف میں دکھایا گیا ہے۔ یہ خط کسر دور مشین کی

<sup>23</sup> گھومتے لچھے کو توانائی یک سمت جزیئر سے آتی ہے اور اس جزیئر کو دھرے سے آتی ہے۔





شکل 6.12: کسر دور خط اور کھلے دور خط۔

خاصیت دکھلاتا ہے۔ یہ معائنہ کرتے وقت یہ دھیان رکھنا بہت اہم ہے کہ  $I_a$  کی مقدار کہیں خطرناک حد تک نہ بڑھ جائے لہذا اسے جنریٹر کے پورے برقی بوجھ <sup>24</sup> پر  $I_a$  کی مقدار یا اس کی دگنی مقدار سے کم رکھنا ضروری ہے ورنہ مشین گرم ہو کر تباہ ہو سکتی ہے۔ کسر دور مشین میں، ڈیزائن کردہ برقی دباؤ کے، صرف دس سے پندرہ فی صد برقی دباؤ پر ہی اس میں سو فی صد برقی رو شروع ہو جاتی ہے۔ اتنا کم برقی دباؤ حاصل کرنے کے لئے خلائی درز میں اسی تناسب سے کم مقناطیسی بہاؤ درکار ہوتا ہے۔

شکل 6.5 میں جنریٹر کے مساوی برقی دور دکھائے گئے ہیں۔ اسے شکل 6.13 میں کسر دور کر کے دکھایا گیا ہے۔ یہاں سے واضح ہے کہ

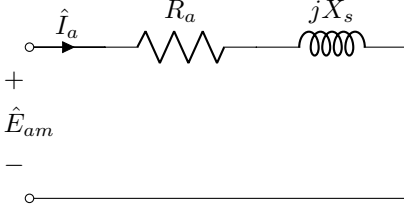
$$(6.38) \quad \hat{E}_{am} = \hat{I}_a R_a + j \hat{I}_a X_s$$

$R_a$  کو نظر انداز کر کے اس مساوات سے معاصر امالہ یوں حاصل کیا جاسکتا ہے۔

$$(6.39) \quad X_s = \frac{|\hat{E}_{am}|}{|\hat{I}_a|} = \frac{E_{am}}{I_a}$$

اس مساوات میں  $\hat{I}_a$  کسر دور مشین کی برقی رو اور  $\hat{E}_{am}$  اس کی اسی حال میں ایک دور کی امالہ برقی دباؤ ہے۔ کھلے دور مشین میں  $\hat{I}_a$  صفر ہوتا ہے۔ مساوات 6.32 سے واضح ہے کہ اگر  $\hat{I}_a$  صفر ہو تو  $\hat{E}_{am}$  اور  $\hat{V}_a$  برابر ہوں گے۔ لہذا ہم کسی معین  $I_{m0}$  پر شکل 6.12-الف سے  $I_{a0}$  اور شکل 6.12-ب سے  $V_{a0}$  معلوم کرتے ہیں اور ان سے  $X_s$  کا حساب لگاتے ہیں، یعنی

$$(6.40) \quad X_s = \frac{V_{a0}}{I_{a0}}$$



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

شکل 6.13: معاصر امالہ۔

معاصر امالہ عموماً مشین کے پورے برقی دباؤ پر معلوم کی جاتی ہے تاکہ قالب سیراب ہونے کے اثر کو بھی شامل کیا جائے۔ شکل میں ایسا ہی کیا گیا ہے۔

معاصر امالہ مشین کو ستارہ نما تصور کر کے اس کا ایک دوری  $X_s$  حاصل کیا جاتا ہے۔ لہذا اگر معائنہ کرتے وقت مشین کی تار برقی دباؤ  $^{25}$  ناپے گئے ہوں تو انہیں  $\sqrt{3}$  سے تقسیم کر کے مشین کے ایک دوری برقی دباؤ حاصل کر کے مساوات میں استعمال کریں، یعنی

$$(6.41) \quad V_{یکدوری} = \frac{V_{تر}}{\sqrt{3}}$$

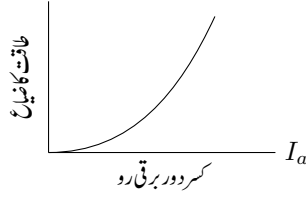
مثال 6.4: ایک 75 کلو وولٹ-ایمپئیر ستارہ جڑی 415 وولٹ پر چلنے والی تین دوری معاصر مشین کے کھلے دور اور کسر دور معائنے کئے گئے۔ حاصل نتائج یہ ہیں۔

- کھلے دور معائنہ:  $V_{تر} = 415 \text{ V}$  اور  $I_m = 3.2 \text{ A}$  ہیں۔
- کسر دور معائنہ: جب قوی لچھے کی برقی رو 104 A تھی تب میدانی لچھے کی برقی رو 2.48 A تھی اور جب قوی لچھے کی برقی رو 126 A تھی تب میدانی لچھے کی برقی رو 3.2 A تھی۔

اس مشین کی معاصر امالہ حاصل کریں۔

حل: یک دوری برقی دباؤ

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



شکل 6.14: کسر دور معاصر مشین میں طاقت کا ضیاع۔

ہے۔ یہ کھلے دور برقی دباؤ 3.2 ایمپیئر میدان برقی رو پر حاصل ہوتی ہے۔ اتنی میدانی برقی رو پر کسر دور برقی رو 126 ایمپیئر ہیں لہذا ایک دوری معاصر امالہ

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

□

ہو گی۔

کسر دور معائنہ کرتے وقت اگر دھرے پر لاگو میکانی طاقت  $p_3$  ناپی جائے تو یہ کسر دور مشین کی کل ضیاع ہو گی۔  $p_3$  ناپتے وقت کسر دور برقی رو  $I_{a,3}$  بھی ناپ لیں۔ اس کا کچھ حصہ قالب کی برقی ضیاع، کچھ دونوں لچھوں میں برقی ضیاع اور کچھ رگڑ سے میکانی ضیاع سے ہے۔ اب اگر اس سے پچھلے معائنہ میں ناپی گئی رگڑ کی ضیاع  $p_2$  منفی کی جائے تو ہمیں لچھوں کی ضیاع اور قالب کی ضیاع ملتا ہے۔ جیسا اوپر عرض کیا گیا کہ کسر دور مشین میں پورا برقی رو، پورے برقی دباؤ کے صرف دس تا بیس فی صد پر حاصل ہو جاتا ہے اور اتنا کم برقی دباؤ حاصل کرنے کے لئے درکار مقناطیسی بہاؤ اتنا ہی کم ہوتا ہے۔ اتنے کم مقناطیسی بہاؤ پر قالب میں ضیاع کو نظر انداز کیا جاسکتا ہے۔ اسی طرح کسی بھی کسر دور معاصر مشین کے گھومتے لچھے میں برقی ضیاع ساکن لچھے میں برقی ضیاع سے بہت کم ہوتا ہے اور اسے بھی نظر انداز کیا جاسکتا ہے۔ لہذا  $(p_3 - p_2)$  کو ساکن لچھے میں برقی ضیاع کے برابر لیا جاتا ہے۔ شکل 6.14 میں ایک ایسا ہی خط دکھایا گیا ہے۔ لہذا

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

اس مساوات سے معاصر مشین کی مساوی مزاحمت یوں حاصل ہوتی ہے۔

$$R_a = \frac{p_3 - p_2}{I_{a,3}^2} \quad (6.42)$$

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

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

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

ہے۔ لہذا

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

□

ہے۔

مثال 6.6: شکل 6.15 میں 500 وولٹ، 50 ہرٹز، 4 قطب ستارہ جڑی معاصر جزیئر کا کھلے دور خط دکھایا گیا ہے۔ اس جزیئر کا معاصر امالہ 0.1 اوہم اور قوی لچھے کی مزاحمت 0.01 اوہم ہے۔ پورے برقی بوجھ پر جزیئر 0.92 تاخیری جزو طاقت<sup>26</sup> پر 1000 ایمپیئر فراہم کرتا ہے۔ پورے بوجھ پر رگڑ کے ضیاع اور لچھے کی مزاحمت میں ضیاع کا مجموعہ 30 کلو واٹ جبکہ قالب کی ضیاع 25 کلو واٹ ہے۔

• جزیئر کی رفتار معلوم کریں۔

• بے بوجھ جزیئر کی سروں پر 500 وولٹ برقی دباؤ کتنی میدان برقی رو پر حاصل ہوگی۔

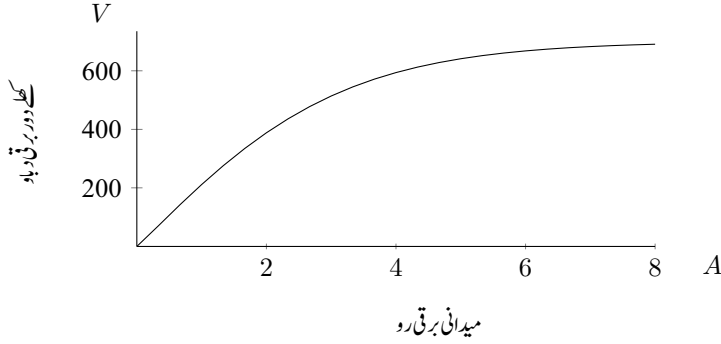
• اگر جزیئر پر 0.92 تاخیری جزو طاقت، 1000 ایمپیئر کا برقی بوجھ لادا جائے تو جزیئر کے برقی سروں پر 500 وولٹ برقرار رکھنے کے لئے کتنی میدان برقی رو درکار ہوگی۔

• جزیئر پورے بوجھ پر کتنی طاقت فراہم کر رہا ہے جبکہ اس کو محرک کتنی میکانی طاقت فراہم کر رہا ہے۔ ان دو سے جزیئر کی فی صد کارگزار<sup>27</sup> حاصل کریں۔

• اگر جزیئر سے یک دم برقی بوجھ ہٹایا جائے تو اس لمحہ اس کے برقی سروں پر کتنا برقی دباؤ ہوگا۔

• اگر جزیئر پر 1000 ایمپیئر 0.92 پیش جزو طاقت والا بوجھ لادا جائے تو جزیئر کے برقی سروں پر 500 وولٹ برقرار رکھنے کے لئے کتنی میدان برقی رو درکار ہوگی۔

<sup>26</sup>lagging power factor  
<sup>27</sup>efficiency



شکل 6.15: کھلے دور خط۔

- ان دو 1000 ایمپیر تاخیری جزو طاقت اور پیش جزو طاقت بوجھوں میں کونسی بوجھ زیادہ میدان برقی رو پر حاصل ہوتی ہے۔ جنریٹر 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 ہے۔
- شکل 6.15 سے 500 وولٹ کے لئے درکار میدان برقی رو تقریباً 2.86 ایمپیر ہے۔
- ستارہ برقی دباؤ کے تعلق  $V_{تار} = \sqrt{3} V_{دوری}$  سے  $V_{دوری} = \frac{500}{\sqrt{3}} = 289$  وولٹ حاصل ہوتا ہے۔ ستارہ جوڑ میں ایک دوری برقی رو اور تار برقی رو برابر ہوتے ہیں۔ جزو طاقت ستارہ ایک 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 تو تاخیری دوری برقی رو  $1000/-23.07^\circ$  لکھی جائے گی۔ یوں شکل 6.4 یا مساوات 6.24 سے اندرونی پیدا یک دوری برقی دباؤ

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

ہو گا جس سے اندرونی پیدا تار برقی دباؤ  $\sqrt{3} \times 349 = 604$  وولٹ حاصل ہوتا ہے۔ شکل 6.15 سے اتنی دباؤ کے لئے 4.1 A میدان برقی رو درکار 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۔

• اگر جنریٹر سے یک دم برقی بوجھ ہٹایا جائے تو اس لمحہ اس کے برقی سروں پر 604 وولٹ برقی دباؤ ہو گا۔

• پیش جزو طاقت کی صورت میں

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

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

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

□

مثال 6.7: ایک 415 وولٹ، 40 کلو وولٹ-ایمپیئر ستارہ جڑی 0.8 جزو طاقت، 50 ہرٹز پر چلنی 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 قابل 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 کی جاتی ہے۔

• اس کی دوری سمتیہ بنائیں۔ تار کی برقی رو  $\hat{I}_t$  اور قوی لچھے کی برقی رو  $\hat{I}_a$  حاصل کریں۔ موٹر کی اندرونی بیجانی برقی دباؤ  $\hat{E}_a$  حاصل کریں۔

- میدان برقی رو کو بغیر تبدیل کئے میکانی بوجھ آہستہ آہستہ بڑھا کر دگنی کی جاتی ہے۔ اس صورت میں موٹر کی رد عمل دوری سمتیہ سے واضح کریں۔
- اس دگنی میکانی بوجھ پر قوی لچھے کی برقی رو، تار کی برقی رو اور موٹر کی اندرونی ہیبانی برقی دباؤ حاصل کریں۔ موٹر کی جزو طاقت بھی حاصل کریں۔

حل:

- ستارہ جڑی موٹر کے سروں پر یک دوری برقی دباؤ  $V = 239.6 \text{ V}$  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 کی 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 یعنی

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

جس کے لئے درکار تار کی برقی رو

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

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

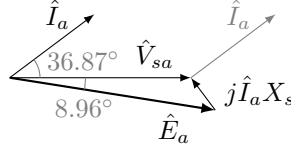
$$\hat{I}_a = \hat{I}_t = 24.346/36.87^\circ$$

لکھا جاسکتا ہے۔

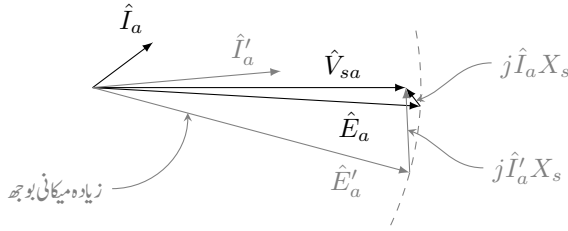
موٹر کا اندرونی یک دوری ہیبانی برقی دباؤ موٹر کی مساوی دور شکل 6.3 کی مدد سے

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

ہو گی۔ یہ تمام صورت حال 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۔

- میکانی بوجھ بڑھنے سے موٹر کو زیادہ برقی طاقت درکار ہوگی۔ یہ اس صورت ممکن ہو گا جب موٹر کے قوی لچھے کی برقی رو بڑھ سکے۔ میدان برقی رو معین ہونے کی وجہ سے موٹر کی اندرونی پیمانی برقی دباؤ  $\hat{E}_a$  کی مقدار تبدیل نہیں ہو سکتی البتہ اس کا زاویہ تبدیل ہو سکتا ہے۔ موٹر  $\hat{E}_a$  کی مقدار تبدیل کئے بغیر برقی سروں پر لاگو برقی دباؤ  $\hat{V}_a$  اور  $\hat{E}_a$  کے مابین زاویہ بڑھا کر قوی لچھے کی برقی رو اور یوں حاصل برقی طاقت بڑھائے گا۔ ایسا شکل 6.17 میں دکھایا گیا ہے۔ شکل میں  $\hat{E}_a$  دوری سمتیہ کی نوک نقطہ دار 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 کی برقی رو بڑھ گئی ہے۔ زیادہ بوجھ کے متغیرات کو ہلکی سیابھی میں دکھایا گیا ہے۔

- دگنی میکانی بوجھ پر موٹر کو کل  $26200 + 800 + 1000 = 26200$  واٹ یا 26.2 کلو واٹ برقی طاقت درکار ہے۔ مساوات 6.29 کی مدد سے

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



یوں موٹر کی اندرونی پیمانی برقی دباؤ  $276/\underline{-16.89^\circ}$  ہوگی اور قوی لچھے کی برقی رو

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

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

□



- earth, 94
- eddy current loss, 62
- eddy currents, 62, 126
- electric field
  - intensity, 10
- electrical rating, 59
- electromagnet, 131
- electromotive force, 61, 137
- emf, 137
- enamel, 62
- energy, 43
- Euler, 21
- excitation, 61
- excitation current, 50, 60, 61
- excitation voltage, 61
- excited coil, 61
  
- Faraday's law, 38, 125
- field coil, 131, 251
- flux, 30
- Fourier series, 63, 142
- frequency, 130
- fundamental, 142
- fundamental component, 64
  
- generator
  - ac, 159
- ground current, 94
- ground wire, 94
  
- harmonic, 142
- harmonic components, 64
  
- ampere-turn, 32
- armature coil, 131, 251
- axle, 161
  
- carbon bush, 177
- cartesian system, 4
- charge, 10, 136
- circuit breaker, 178
- coercivity, 46
- coil
  - high voltage, 56
  - low voltage, 56
  - primary, 55
  - secondary, 55
- commutator, 164, 241
- conductivity, 25
- conservative field, 108
- core, 55, 126
- core loss, 62
- core loss component, 64
- Coulomb's law, 10
- cross product, 13
- cross section, 9
- current
  - transformation, 66
- cylindrical coordinates, 5
  
- delta connected, 92
- design, 195
- differentiation, 18
- dot product, 15
  
- E,I, 62

parallel connected, 253  
 permeability, 26  
     relative, 26  
 phase current, 94  
 phase difference, 23  
 phase voltage, 94  
 phasor, 21  
 pole  
     non-salient, 140  
     salient, 140  
 power, 43  
 power factor, 23  
     lagging, 23  
     leading, 23  
 power factor angle, 23  
 power-angle law, 188  
 primary  
     side, 55  
  
 rating, 96, 97  
 rectifier, 164  
 relative permeability, 26  
 relay, 101  
 reluctance, 25  
 residual magnetic flux, 45  
 resistance, 25  
 rms, 49, 164  
 rotor, 36  
 rotor coli, 104  
 rpm, 155  
  
 saturation, 47  
 scalar, 1  
 self excited, 251  
 self flux linkage, 42  
 self inductance, 42  
 separately excited, 251  
 side  
     secondary, 55  
 single phase, 23, 59  
 slip, 209  
 slip rings, 176, 229

Henry, 39  
 hunting, 178  
 hysteresis loop, 46  
  
 impedance transformation, 71  
 in-phase, 69  
 induced voltage, 38, 49, 61  
 inductance, 39  
  
 Joule, 43  
  
 lagging, 22  
 laminations, 31, 62, 126  
 leading, 22  
 leakage inductance, 79  
 leakage reactance, 79  
 line current, 94  
 line voltage, 94  
 linear circuit, 226  
 load, 98  
 Lorentz law, 136  
 Lorenz equation, 102  
  
 magnetic constant, 26  
 magnetic core, 31  
 magnetic field  
     intensity, 11, 33  
 magnetic flux  
     density, 33  
     leakage, 78  
 magnetizing current, 64  
 mmf, 30  
 model, 81, 207  
 mutual flux linkage, 43  
 mutual inductance, 42  
  
 name plate, 97  
 non-salient poles, 177  
  
 Ohm's law, 26  
 open circuit test, 86  
 orthonormal, 3

unit vector, 2

VA, 75

vector, 2

volt, 137

volt-ampere, 75

voltage, 137

DC, 164

transformation, 66

Watt, 43

Weber, 32

winding

distributed, 140

winding factor, 147

star connected, 92

stator, 36

stator coil, 104, 127

steady state, 175

step down transformer, 58

step up transformer, 58

surface density, 11

synchronous, 130

synchronous inductance, 184

synchronous speed, 155, 176

Tesla, 33

theorem

maximum power transfer, 229

Thevenin theorem, 226

three phase, 59, 92

time period, 100, 142

torque, 165, 209

pull out, 178

transformer

air core, 59

communication, 59

ideal, 65

transient state, 175

- ابتدائی  
جانب، 55  
لچھا، 55  
ارتباط بہاؤ، 39  
اضافی  
زاویائی رفتار، 212  
اکائی سمتیہ، 2  
امالہ، 39  
امالی برقی دباؤ، 38، 49، 61  
اوہم میٹر، 237  
ایک، تین پتریاں، 62  
ایک مرحلہ، 59  
ایک پیسہ چکر، 32  
بار، 136  
برقرار چالو، 100، 175  
برقی بار، 10، 136  
برقی دباؤ، 28، 137  
تبادلہ، 56، 66  
محرك، 137  
بیجائی، 185  
یک سمتی، 164  
برقی رو، 28  
بھنور نما، 126  
تبادلہ، 66  
بیجان انگیز، 50  
برقی سکت، 59  
برقی میدان، 10  
شدت، 10، 28  
بش، 177  
بناوٹ، 86  
بنیادی جزو، 64، 142  
بو جھ، 98  
بھنی، 114  
بھنور نما  
برقی رو، 62  
ضیاع، 62  
بھنور نما برقی رو، 126  
بے بو جھ، 60  
پتری، 31، 126  
پتریاں، 62  
پورا بو جھ، 197  
پیچھے، 80  
پیش زاویہ، 22  
تاخیری زاویہ، 22  
تار کی برقی دباؤ، 94  
تار کی برقی رو، 94  
تانبہ، 28  
تبادلہ  
رکاوٹ، 71  
تختی، 97  
تدریجی تفرق، 113  
تعدد، 130  
تعقب، 178  
تفرق، 18  
جزوی، 18  
تکمل، 18  
تکوئی جوڑ، 92  
توانائی، 43  
تین مرحلہ، 59، 92  
ٹرانسفارمر  
برقی دباؤ والا، 59  
بو جھ بردار، 68  
خلائی قالب، 59  
دباؤ گھٹاتا، 58  
دباؤ گھٹاتا، 58  
ذرائع ابلاغ، 59  
رو والا، 59  
کامل، 65  
ٹسلا، 33  
ٹھنڈی تار، 94  
ثانوی جانب، 55  
چاول، 43  
جزو  
پھیلاؤ، 147  
جزو طاقت، 23  
پیش، 23  
تاخیری، 23

- جزیر 159، بدلتی رو، 176، 229، سرک چھلے،  
 سطحی تحلیل، 181،  
 سطحی کشافیت، 11،  
 سکت، 96، 97،  
 سلسلہ وار، 145،  
 سمت کار، 241،  
 برقیاتی، 164،  
 میکانی، 164،  
 سمتیہ، 2،  
 عمودی اکائی، 3،  
 سمتی رفتار، 102،  
 سیرانیت، 47،  
 ضرب  
 نقطہ، 15،  
 ضرب صلیبی، 13،  
 طاقت، 43،  
 طاقت بالقابل زاویہ، 188،  
 طول موج، 18،  
 عارضی صورت، 175،  
 عمودی تراش، 9،  
 رقبہ، 9،  
 غیر سمتی، 1،  
 غیر معاصر، 178،  
 فورئیر، 250،  
 فورئیر تسلسل، 63، 142،  
 فیراڈے  
 قانون، 38، 125،  
 قالب، 126،  
 قالبی ضیاع، 62،  
 جزو، 64،  
 قانون  
 اوہم، 26،  
 کولمب، 10،  
 لورینز، 136،  
 قدامت پسند میدان، 108،  
 قریب جڑی مرکب، 253،  
 جزیر  
 بدلتی رو، 159،  
 جوڑ  
 ٹکونی، 92،  
 ستارہ نما، 92،  
 چکر فی منٹ، 126،  
 چوٹی، 211،  
 خطی  
 برقی دور، 226،  
 خودارتباط بہاء، 42،  
 خودامالہ، 42،  
 داخلی پیمان  
 سلسلہ وار، 253،  
 متوازی، 253،  
 مرکب، 253،  
 دور جڑی مرکب، 253،  
 دور شکن، 178،  
 دوری عرصہ، 100، 142،  
 دھرا، 161،  
 رستا  
 امالہ، 79،  
 متعاملہ، 79،  
 رستائیت، 217،  
 رفتار  
 اضافی زاویائی، 212،  
 روغن، 62،  
 ریاضی نمونہ، 81، 207،  
 ریلے، 101،  
 زاویہ جزو طاقت، 23،  
 زمین، 94،  
 زمینی برقی رو، 94،  
 زمینی تار، 94،  
 ساکن حصہ، 36،  
 ساکن پچھا، 104، 127،  
 ستارہ نما جوڑ، 92،  
 سرک، 209،

مرحلی فرق، 23  
 مرکب جزیر، 253  
 مزاجت، 25  
 مساوات اور نیز، 102  
 مسئلہ  
 تھون، 226  
 زیادہ سے زیادہ طاقت کی منتقلی، 228  
 مشترکہ ارتباط امالہ، 43  
 مشترکہ امالہ، 42  
 معاصر، 130  
 معاصر امالہ، 184  
 معاصر رفتار، 155، 176  
 معائنہ  
 کھلے دور، 86  
 مقناطیس  
 برقی، 131  
 چال کا دائرہ، 46  
 خاتم شدت، 46  
 مقناطیسی برقی رو، 64  
 مقناطیسی بہاؤ، 30  
 رشتہ، 78  
 کشاف، 33  
 مقناطیسی چال، 52  
 مقناطیسی دباؤ، 30  
 سمت، 141  
 مقناطیسی قالب، 31، 55  
 مقناطیسی مستقل، 26، 166  
 جزو، 26، 31  
 مقناطیسی میدان  
 شدت، 11، 33  
 موثر، 19، 49  
 موثر قیمت، 164  
 موسیقائی جزو، 64، 142  
 موصلیت، 25  
 میدانی لچھے، 251  
 واٹ، 43  
 وولٹ، 137  
 وولٹ-ایمپیئر، 75  
 وپیر، 32

قطب  
 ابھرے، 140، 177  
 ہموار، 140، 177  
 قوت مروڑ، 165، 209  
 انتہائی، 178  
 قوی الیکٹرانکس، 207، 241  
 قوی لچھے، 251  
 کاربن بش، 177  
 کارگزاری، 200  
 کپیسٹر، 194  
 کشاف  
 برقی رو، 27  
 کشاف مقناطیسی بہاؤ  
 بقایا، 45  
 کسر دور، 38  
 گرم تار، 94  
 گھومتا حصہ، 36  
 گھومتا لچھا، 104  
 لچھا  
 ابتدائی، 55  
 پھیلے، 140  
 پیچیدار، 40  
 ثانوی، 55  
 زیادہ برقی دباؤ، 56  
 ساکن، 104  
 سمت، 133  
 قوی، 131  
 کم برقی دباؤ، 56  
 گھومتا، 104  
 میدانی، 131  
 محدود  
 کارتیسی، 4  
 نکلی، 5  
 محرک برقی دباؤ، 61  
 محور، 161  
 مخلوط عدد، 192  
 مرحلی سمتیہ، 21، 186



یک سمتی رو  
مشین، 241  
یک مرحلہ، 23  
یک مرحلہ برقی دباؤ، 94  
یک مرحلہ برقی رو، 94  
یولر مساوات، 21

ویبر-چکر، 39  
ہچکچاہٹ، 25، 30  
ہم قدم، 69  
ہیجان، 61  
بیرونی، 251  
خود، 251  
لچھا، 61  
ہیجان انگیز  
برقی دباؤ، 61  
برقی رو، 61  
ہیجان انگیز برقی رو، 60  
ہیجانی برقی دباؤ، 185