

# برقی آلات

خالد خان یوسفزئی

جامعہ کامیٹ، اسلام آباد

khalidyoufazai@comsats.edu.pk

تاریخ درستی: 12 مئی 2020

# عنوان

ix

دیباچہ

1	بنیادی حقائق	1
1	1.1 بنیادی اکائیاں	1
1	1.2 غیر سمتی	1
2	1.3 سمتیہ	2
3	1.4 محدود	3
3	1.4.1 کارتیسی محدودی نظام	3
5	1.4.2 تکلی محدودی نظام	5
7	1.5 سمتیہ رقبہ	7
9	1.6 رقبہ عمودی تراش	9
10	1.7 برقی اور مقناطیسی میدان	10
10	1.7.1 برقی میدان اور برقی میدان کی شدت	10
11	1.7.2 مقناطیسی میدان اور مقناطیسی میدان کی شدت	11

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

55	3	ٹرانسفارمر
56	3.1	ٹرانسفارمر کی اہمیت
59	3.2	ٹرانسفارمر کے اقسام
59	3.3	امالی برقی دباؤ
61	3.4	ہیجان انگیز برقی رد اور قابلی ضیاع
64	3.5	تبادلہ برقی دباؤ اور تبادلہ برقی رو کے خواص
68	3.6	ثانوی جانب بوجھ کا ابتدائی جانب اثر
69	3.7	ٹرانسفارمر کی علامت پر نقطوں کا مطلب
70	3.8	رکاوٹ کا تبادلہ
75	3.9	ٹرانسفارمر کا وولٹ-کمپیئر
77	3.10	ٹرانسفارمر کے امالہ اور مساوی ادوار
77	3.10.1	لچھے کی مزاحمت اور اس کی متعاملہ علیحدہ کرنا
79	3.10.2	رستا امالہ
80	3.10.3	ثانوی برقی رد اور قالب کے اثرات
81	3.10.4	ثانوی لچھے کا امالی برقی دباؤ
81	3.10.5	ثانوی لچھے کی مزاحمت اور متعاملہ کے اثرات
83	3.10.6	رکاوٹ کا ابتدائی ثانوی جانب تبادلہ
85	3.10.7	ٹرانسفارمر کے سادہ ترین مساوی ادوار
86	3.11	کھلے دور معائنہ اور کسر دور معائنہ
87	3.11.1	کھلا دور معائنہ
89	3.11.2	کسر دور معائنہ
93	3.12	تین دوری ٹرانسفارمر
101	3.13	ٹرانسفارمر چالو کرتے لمحہ زیادہ محرکی برقی رو کا گزر

103	4	برقی اور میکانی توانائی کا باہمی تبادلہ
103	4.1	مقناطیسی نظام میں قوت اور قوت مروڑ . . . . .
109	4.2	تبادلہ توانائی والا ایک لچھے کا نظام . . . . .
115	4.3	توانائی اور ہم-توانائی . . . . .
119	4.4	متعدد لچھوں کا مقناطیسی نظام . . . . .
129	5	گھومتے مشین کے بنیادی اصول
129	5.1	قانون فیئرڈے . . . . .
130	5.2	معاصر مشین . . . . .
141	5.3	محرک برقی دباؤ . . . . .
144	5.4	پچیلے لچھے اور سائن نما مقناطیسی دباؤ . . . . .
146	5.4.1	بدلتارو مشین . . . . .
155	5.5	مقناطیسی دباؤ کی گھومتی امواج . . . . .
155	5.5.1	ایک دور کی لپٹی مشین . . . . .
156	5.5.2	تین دور کی لپٹی مشین کا تحلیلی تجزیہ . . . . .
161	5.5.3	تین دور کی لپٹی مشین کا ترسیلی تجزیہ . . . . .
164	5.6	محرک برقی دباؤ . . . . .
165	5.6.1	بدلتارو برقی جزیئر . . . . .
170	5.6.2	یک سمت رو برقی جزیئر . . . . .
170	5.7	ہموار قطب مشینوں میں قوت مروڑ . . . . .
171	5.7.1	میکانی قوت مروڑ بذریعہ ترکیب توانائی . . . . .
173	5.7.2	میکانی قوت مروڑ بذریعہ 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
196 . . . . .	6.5 یکساں حال، برقرار چالو مشین کے خواص
196 . . . . .	6.5.1 معاصر جزیر: برقی بوجھ بالمقابل $I_m$ کے خط
197 . . . . .	6.5.2 معاصر موٹر: $I_a$ بالمقابل $I_m$ کے خط
199 . . . . .	6.6 کھلا دور اور کسر دور معائنہ
199 . . . . .	6.6.1 کھلا دور معائنہ
200 . . . . .	6.6.2 کسر دور معائنہ

- 7.1 ساکن لچھوں کی گھومتی مقناطیسی موج . . . . . 212
- 7.2 مشین کا سر کا داور گھومتی امواج پر تبصرہ . . . . . 212
- 7.3 ساکن لچھوں میں امالی برقی دباؤ . . . . . 215
- 7.4 ساکن لچھوں کی موج کا گھومتے لچھوں کے ساتھ اضافی رفتار اور ان میں پیدا امالی برقی دباؤ . . . . . 215
- 7.5 گھومتے لچھوں کی گھومتی مقناطیسی دباؤ کی موج . . . . . 219
- 7.6 گھومتے لچھوں کے مساوی فرضی ساکن لچھے . . . . . 220
- 7.7 امالی موٹر کا مساوی برقی دور . . . . . 221
- 7.8 مساوی برقی دور پر غور . . . . . 226
- 7.9 امالی موٹر کا مساوی تھون دور یا ریاضی نمونہ . . . . . 230
- 7.10 پنجرہ نما امالی موٹر . . . . . 236
- 7.11 بے بوجھ موٹر اور جامد موٹر کے معائنہ . . . . . 237
- 7.11.1 بے بوجھ موٹر کا معائنہ . . . . . 237
- 7.11.2 جامد موٹر کا معائنہ . . . . . 239

- 8.1 میکانی سمت کار کی بنیادی کارکردگی . . . . . 245
- 8.1.1 میکانی سمت کار کی تفصیل . . . . . 247
- 8.2 یک سمت جزیئر کا برقی دباؤ . . . . . 252
- 8.3 قوت مروڑ . . . . . 254
- 8.4 بیرونی پیمان اور خود پیمان یک سمت جزیئر . . . . . 255
- 8.5 یک سمت مشین کی کارکردگی کے خط . . . . . 260
- 8.5.1 حاصل برقی دباؤ بالمتقابل برقی بوجھ . . . . . 260
- 8.5.2 رفتار بالمتقابل قوت مروڑ . . . . . 262



## 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 جزیئر کو میکانی طاقت فراہم کرنے والے کی رفتار تبدیل کرنے کے چند ہی لمحات میں جزیئر نئی حالات 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 ہوتے ہیں جبکہ اس کے میدانی لچھے معاصر رفتار سے گھومتے ہیں۔ میدانی لچھوں کا برقی رو قوی لچھوں کے برقی رو کی نسبت بہت کم ہوتا ہے لہذا میدانی لچھوں کو گھمایا جاتا ہے اور ان تک

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

برقی رو سرک چھلوں کے ذریعہ پہنچایا جاتا ہے۔ قوی لچھوں کو اس لئے گھومتے حصہ پر نسب نہیں کیا جاتا ہے کہ سرک چھلوں کے ذریعہ ان کا (نسبتاً بہر زیادہ) برقی رو منتقل کرنا مشکل ثابت ہوتا ہے۔ یوں قوی لچھوں کو ساکن رکھا جاتا ہے۔

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 گھومتی 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 پہنچایا جاتا ہے یا مشین کے دھرے پر نسب ایک چھوٹے یک سمت جزیرے سے فراہم کیا جاتا ہے۔

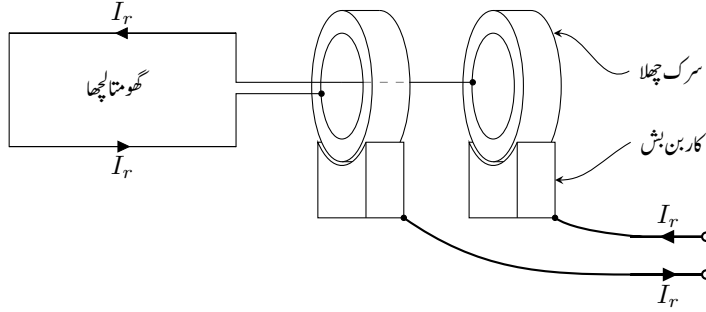
میدانی لچھا ایک میدانی مقناطیسی دباؤ پیدا کرتا ہے جو میدانی لچھے کے ساتھ ساتھ معاصر رفتار سے گھومتا ہے۔ یوں معاصر مشین کے گھومتے لچھوں کی مقناطیسی دباؤ موج اور ساکن لچھوں کی مقناطیسی دباؤ موج معاصر رفتار سے گھومتی ہیں جس کی بنا ان مشینوں کو معاصر مشین<sup>3</sup> کہتے ہیں۔

## 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۔

مشین کے گھومتے حصے کو بیرونی میکانی طاقت سے گھمانے سے مشین ایک معاصر جزیرے کے طور پر کام کرتی ہے اور اس کے تین دوری ساکن قوی لچھوں میں تین دوری برقی دباؤ پیدا ہو گا جس کا برقی تعدد گھومنے کی رفتار پر منحصر ہو گا۔ اس کے برعکس، مشین کے تین دوری ساکن قوی لچھوں کو تین دوری برقی طاقت مہیا کرنے سے مشین ایک معاصر موٹر کے طور پر کام کرتی ہے جو معاصر رفتار سے گھومے گی۔ مشین کی کل برقی قوت کے چند فی صد برابر برقی قوت میدان لچھے کو درکار ہوتی ہے۔

<sup>3</sup>synchronous speed



شکل 6.1: کاربن بٹش اور سرک چھلوں کے ذریعہ گھومتے لچھے تک برقی رو پہنچایا گیا ہے۔

گھومتے لچھے تک برقی دباؤ مختلف طریقوں سے پہنچایا جاسکتا ہے۔ شکل 6.1 میں گھومتے لچھے تک موصل سرک چھلے<sup>4</sup> کی مدد سے ایک سمت برقی رو پہنچانے کا طریقہ دکھایا گیا ہے۔ سرک چھلے اسی دھرے پر نسب ہوں گے جس پر گھومتا لچھا نسب ہو گا لہذا سرک چھلے اور گھومتے لچھے ایک ہی رفتار سے حرکت کریں گے۔

کاربن کے ساکن بٹش، اسپرنگ کی مدد سے، سرک چھلوں کی 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 چگاریاں نہ نکلیں۔ کاربن بٹش کے ساتھ برقی تار جڑی 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 مشین کا میدانی یک سمت رو عموماً ایک چھوٹے بدلتا رو جنریٹر سے حاصل کیا جاتا ہے جو معاصر مشین کے دھرے پر نسب ہوتا ہے اور دھرے کے ساتھ گھومتا ہے۔ چھوٹے جنریٹر 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۔ اسی لئے چھوٹا جنریٹر استعمال کرتے ہوئے سرک چھلوں سے نجات حاصل کی جاتی ہے۔

اُبھرے قطب<sup>6</sup> مشین، پانی سے چلنے والے سست رفتار جنریٹر اور عام استعمال کی موٹروں کے لئے موزوں ہیں جبکہ ہموار قطب<sup>7</sup> مشین، تیز رفتار دو یا چار قطبی چرغابے<sup>8</sup> جنریٹروں کے لئے موزوں ہیں۔

slip rings<sup>4</sup>  
carbon bush<sup>5</sup>  
salient poles<sup>6</sup>  
non-salient poles<sup>7</sup>  
turbine<sup>8</sup>

ایک (بڑی) سلطنت کو درکار برقی توانائی کسی ایک جزیئر سے پیدا کرنا ممکن نہیں ہوتا ہے بلکہ چند درجن سے لے کر کئی سو جزیئر بیک وقت یہ فرغہ 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، جزیروں کو ان مقامات کے قریب نسب کیا جاسکتا ہے جہاں جہاں برقی توانائی درکار ہو۔ اس طرح کے بڑے نظام میں ایک جزیئر کی حیثیت بہت کم ہوتی ہے لہذا کسی ایک جزیئر کو چالو یا بند کرنے سے پورے نظام پر کوئی خاص اثر نہیں پڑتا ہے۔ یوں ہم سلطنت کے برقی نظام کو ایک مقررہ برقی دباؤ اور ایک مقررہ برقی تعدد کا لامتناہی نظام تصور کر سکتے ہیں۔ معاصر جزیئر کو لامتناہی نظام کے ساتھ بڑا تصور کر کے معاصر جزیئر کے کئی اہم پہلو با آسانی سمجھے جاسکتے ہیں۔

مساوات 5.103 معاصر مشین کی قوت مروڑ دیتی ہے۔ اس مساوات کے مطابق برقی قوت مروڑ، مشین میں موجود متبادل مقناطیسی دباؤ کو ایک دوسرے کی سیدھ میں لانے کی کوشش کرتی ہے۔ برقرار چالو مشین کی برقی قوت مروڑ اور مشین کے دھرے پر لاگو میکانی قوت مروڑ ایک دوسرے کے برابر ہوتی 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 مشین کو گھومنے سے 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 ہوگی۔

کل مقناطیسی بہاؤ  $\phi_{ar}$  اور گھومتے لچھے کا مقناطیسی دباؤ  $\tau_r$  تبدیل نہ ہونے کی صورت میں مساوات 5.103 کے مطابق مشین کی قوت مروڑ  $\sin \theta_r$  کے ساتھ تبدیل ہوگی۔ اگر زاویہ  $\theta_r$  صفر ہو تب قوت مروڑ بھی صفر ہوگی۔ اب تصور کریں کہ یہ 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 اس زاویہ کو بڑھا بڑھا کر برابر کی برقی قوت مروڑ پیدا کرے گی۔ یہاں یہ سمجھنا ضروری ہے کہ موٹر ہر وقت معاصر رفتار سے گھومتی ہے ماسوائے ان لمحات کے لئے جن کے دوران موٹر آہستہ یا تیز ہو کر زاویہ کو ضرورت کے مطابق درست کرتی ہے۔ یعنی موٹر کا زاویہ  $\theta_r$  ہر وقت میکانی قوت مروڑ کا تعقب<sup>9</sup> کرتا ہے۔

موٹر پر لدا میکانی بوجھ بتدریج بڑھانے سے ایک لمحہ آئے گا جب زاویہ  $\theta_r$  نوے درجہ،  $\frac{\pi}{2}$  ریڈیئن، تک پہنچتا ہے۔ اس لمحہ موٹر اپنی انتہائی قوت مروڑ<sup>10</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>11</sup> صورت اختیار

<sup>9</sup> hunting  
pull out torque<sup>10</sup>  
lost synchronism<sup>11</sup>

کر لی ہے۔ مساوات 5.103 سے ظاہر ہے کہ ایک قطب کا کل مقناطیسی بہاؤ یا (اور) گھومتے لچھے کا مقناطیسی دباؤ بڑھا کر موٹر کی انتہائی قوت مروڑ بڑھائی جاسکتی ہے۔

یہی صورت حال 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 شلک<sup>12</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>13</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۔

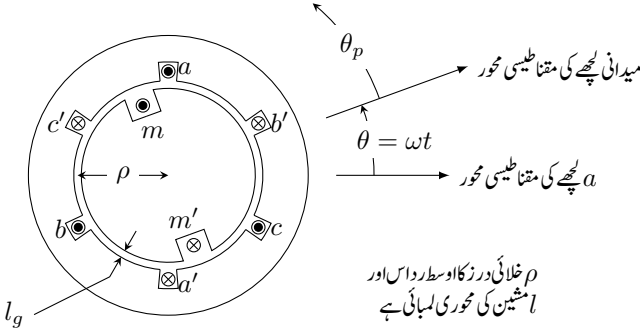
## 6.2 معاصر مشین کے امالہ

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>14</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 قطبین کا حصہ تصور کیا جاسکتا ہے۔

اگرچہ یہاں گچھے 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

circuit breaker<sup>12</sup>  
induction motor<sup>13</sup>  
line current<sup>14</sup>



شکل 6.2: تین دوری، دو قطبی معاصر مشین۔

لمحہ گھومتے حصہ کی مقناطیسی محور کے رخ ہو گا۔ 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  $\theta = \omega t$  ہو گا۔ امالہ کا ریاضی حساب 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 پیتا 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 ہو گا۔ ان میں سے کسی بھی لچھے کا مقناطیسی دباؤ  $\tau$

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

خلائی درز میں درج ذیل کثافت مقناطیسی بہاؤ  $B$  پیدا کرے گا جہاں  $\theta_p$  لچھے کے محور سے ناپا جائے گا۔

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

یہ مساوات زاویہ  $\theta_p$  کے ساتھ کثافت مقناطیسی دہاؤ  $B$  کا تعلق پیش کرتی ہے۔ لچھا کے ایک قطب پر کل مقناطیسی بہاؤ  $\phi$  اس مساوات کا سطحی کنٹول<sup>15</sup> دے گا۔

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

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 بہاؤ پیدا کر رہا ہے۔ ہم بہاؤ 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>15</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 کی حدیں 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  $\theta = \omega t$  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 لچھوں کو ساکن یا دونوں کو متحرک تصور کر کے بھی یہی نتیجہ حاصل ہو گا۔ 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 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 ہے اور مقناطیسی بہاؤ کا کچھ حصہ خلائی درز سے گزر کر دوسری جانب نہیں پہنچ پاتا ہے بلکہ خلائی درز میں رہتے ہوئے لچھے کے گرد چکر کا کچھ حصہ مکمل کرتا ہے۔ مقناطیسی بہاؤ کا یہ حصہ رستا امالہ  $L_{al}$ <sup>16</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 ہوگا:

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

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>16</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

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

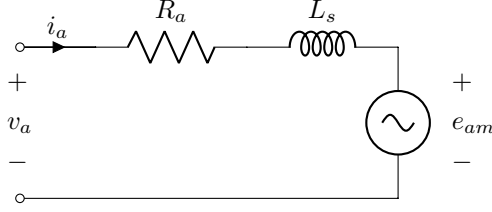
کو معاصر امالہ<sup>17</sup> کہتے ہیں۔

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 ایک 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

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

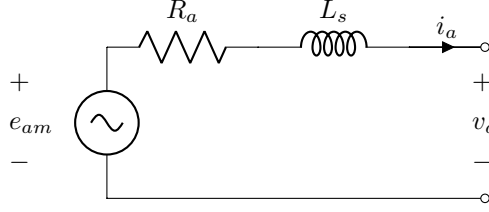
جہاں

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

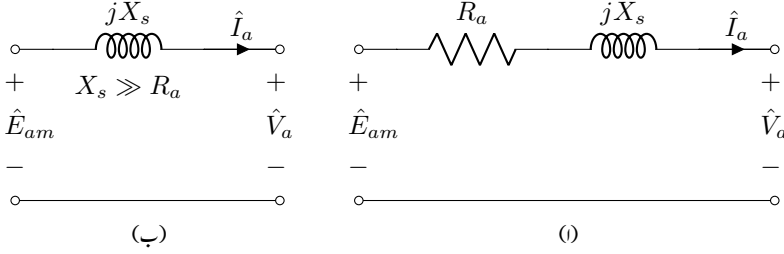
نیچانے برقی دباؤ یا اندرونی پیدا برقی دباؤ کہلاتا ہے جو گھومتے لچھے سے پیدا مقناطیسی بہاؤ کی وجہ سے وجود میں آتا ہے۔ اس کی موثر قیمت  $E_{am,rms}$  مساوات 1.42 سے حاصل ہو گی۔

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

مساوات 6.20 کو ایک برقی دور سے ظاہر کیا 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 امپیئر میدان برقی رو پر 2100 وولٹ ایک دوری موٹر برقی دباؤ پیدا کرتا ہے۔ اس مشین کے قوی اور میدان 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

ٹرانسفارمر کا مساوی دور (ریاضی نمونہ) شکل 3.23 میں اور معاصر جزیر کا مساوی دور شکل 6.5 میں دکھایا گیا ہے۔ یہ مساوی ادوار 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۔ اس طرح 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۔

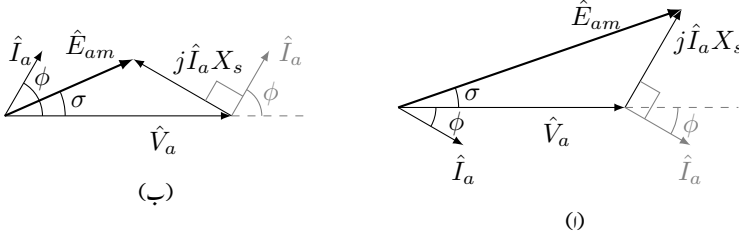
شکل 6.5-ب کی دوری سمتیہ صورت (مساوات 6.26) کو شکل 6.6 میں دکھایا گیا ہے۔ شکل 6.6-1 میں  $\hat{V}_a$  کے لحاظ سے  $\hat{I}_a$  زاویہ  $\phi$  پیچھے جبکہ شکل 6.6-ب میں  $\phi$  آگے ہے۔ زاویات افقی لکیر سے خلاف گھڑی ناپے جاتے ہیں لہذا شکل 6.6-1 میں  $\phi$  منفی اور  $\sigma$  مثبت ہیں جبکہ شکل 6.6-ب میں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

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

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

مساوات 6.26 اور شکل 6.6-1 سے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

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



شکل 6.6: معاصر جزیئر کا دوری سمتیہ۔

شکل 6.6 سے واضح ہے کہ درج بالا مساوات میں  $\hat{I}_a$  کا حقیقی جزو  $\hat{V}_a$  کا ہم قدم ہو گا۔ کسی بھی دوری سمتیہ  $K/\alpha$  کو حقیقی افقی جزو  $K \cos \alpha$  اور فرضی عمودی جزو  $jK \sin \alpha$  کا مجموعہ تصور کیا جاسکتا ہے۔ مساوات 6.28 کے آخری قدم میں دائیں ہاتھ کے حقیقی اجزاء سے رو کا حقیقی جزو حاصل ہو گا:

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

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

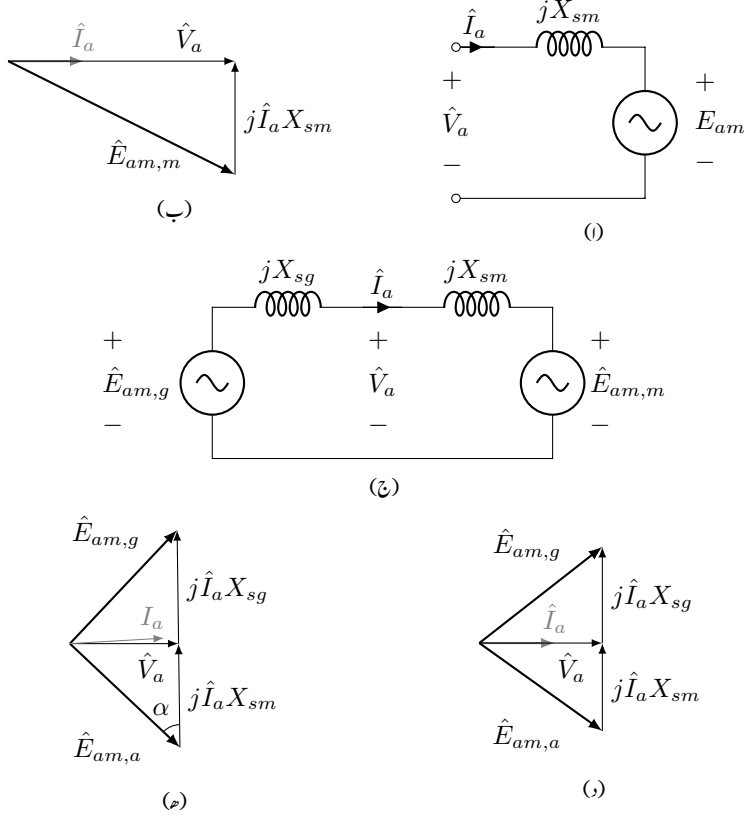
$$(6.30) \quad p_v = \frac{V_a E_{am}}{X_s} \sin \sigma$$

تین دوری معاصر مشین کے لئے اس مساوات کو تین سے ضرب کرنا ہو گا:

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

مساوات 6.31 طاقت بالمقابل زاویہ<sup>18</sup> کا قانون پیش کرتی ہے۔ اٹل  $V_a$  کی صورت میں جزیئر  $E_{am}$  یا (اور)  $\sigma$  بڑھا کر طاقت بڑھا سکتا ہے۔ گھومتے میدان لچھے میں برقی رو بڑھا کر  $E_{am}$  بڑھایا جاتا ہے جو ایک حد تک کرنا ممکن ہو گا چونکہ میدانی لچھے کی مزاحمت میں برقی توانائی ضائع ہونے سے لچھا گرم ہو گا 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، جزیئر زیادہ سے زیادہ طاقت مہیا کرے گا:

$$(6.32) \quad p_{v, \text{مہیا}} = \frac{3V_a E_{am}}{X_s} \quad (\sin 90^\circ = 1)$$



شکل 6.7: معاصر جزیرہ معاصر موٹر چلا رہا ہے۔

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

مثال 6.3: ایک 50 قطبی، 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 روتار رکھا 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-ایکمیٹر کے معاصر جزیر سے چلایا جاتا ہے جس کا ایک دوری معاصر امالہ 2.3 اوہم ہے۔ موٹر پر اس کا پورا برقی بوجھ لاد کر جزیر 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 جا سکتی ہے اور اس کی سروں پر دباوتار کتنا ہو گا؟

حل:

- شکل 6.7-1 اور 6.7-ب سے رجوع کریں۔ یک 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 ہو گا۔

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

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

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

اس طرح تین دوری زیادہ سے زیادہ طاقت 3095904 واٹ ہو گی۔ 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 جا سکتی ہے۔

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

موٹر پر اس سے زیادہ قوت مروڑ کا بوجھ مسلط کرنے سے موٹر رک جائے گی جبکہ جزیر کی رفتار بے قابو بڑھنے شروع ہو جائے گی۔ خود کار منقطع کار اس لمحہ پر نظام کو روک دیگا۔



- شکل 6.7-ج سے رجوع کریں۔ اس مثال کے پہلے جزو کی طرح یہاں بھی موٹر کے برقی سروں پر دباوتار 2300 وولٹ اور محرک برقی دباو 1632 وولٹ ہوں گے۔ جزیٹر کا محرک برقی دباو 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۔

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

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

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

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

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

شکل 6.7-ھ میں  $\hat{E}_{am,m}$  اور  $\hat{E}_{am,g}$  آپس میں عمودی ہیں لہذا درج ذیل ہو گا۔

$$I_a(X_{s,g} + X_{s,m}) = \sqrt{E_{am,m}^2 + E_{am,g}^2} = 2346 \text{ V}$$

$$I_a = \frac{2346}{2.1 + 2.3} = 533 \text{ A}$$

$$I_a X_{sg} = 533 \times 2.1 = 1119.9 \text{ V}$$

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{1686}{1632} = 45.93^\circ$$

یوں دوری دباو  $V_a$ ، جو صفر زاویہ پر تصور کیا جاتا ہے، درج ذیل ہو گا۔

$$V_a = \sqrt{1632^2 + 1119.9^2 - 2 \times 1632 \times 1119.9 \times \cos 45.93^\circ} = 1172.7 \text{ V}$$

لا متناہی نظام کی بجائے موٹر کو جزیئر سے طاقت مہیا کر کے، موٹر پر بوجھ بڑھانے سے موٹر کے سروں پر برقی دباؤ گھٹتا ہے جس کی بنا زیادہ سے زیادہ ممکنہ طاقت 3095 kW سے گھٹ کر 1876 kW رہ گئی ہے۔ موٹر کی سروں پر برقی دباؤ  $\hat{V}_a$  اور برقی رو  $\hat{I}_a$  ہم قدم نہیں ہیں۔ □

## 6.5 یکساں حال، برقرار چالو مشین کے خواص

6.5.1 معاصر جزیئر: برقی بوجھ بالمقابل  $I_m$  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>19</sup>

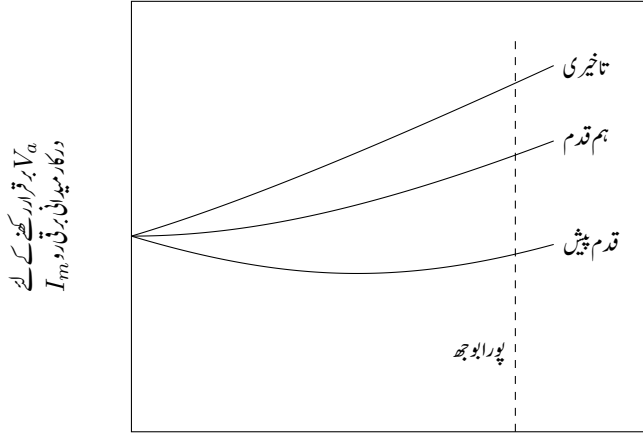
$$\begin{aligned} E_{am} \cos \sigma + j E_{am} \sin \sigma &= V_a \cos 0 + j V_a \sin 0 + I_a X_s \cos \left( \frac{\pi}{2} + \phi \right) + j I_a X_s \sin \left( \frac{\pi}{2} + \phi \right) \\ &= V_a - I_a X_s \sin \phi + j I_a X_s \cos \phi \\ &= E_{am,x} + j E_{am,y} \end{aligned}$$

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

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

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۔

<sup>19</sup> complex number



برقی باریقوی لچھے کا برقی دہائی  $I_a$

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

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

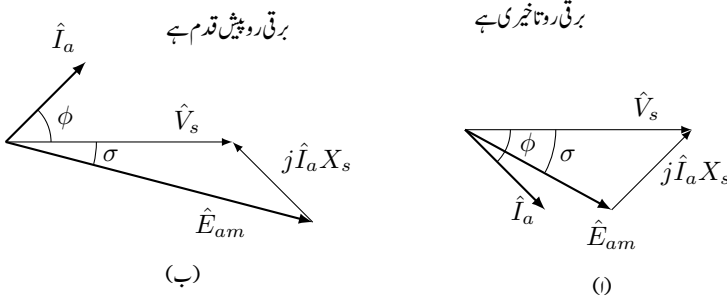
معاصر موٹر کا مساوی دور (ریاضی نمونہ) شکل 6.3 اور دوری سمتیہ شکل 6.9 میں دکھایا گیا ہے۔ مزاحمت نظر انداز کر کے اس کی مساوات لکھتے ہیں۔

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

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>20</sup> مثبت اور تاخیری زاویہ<sup>21</sup> منفی ہو گا۔ اس مساوات سے امالی دباؤ  $E_{am}$  حاصل کرتے ہیں۔

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

leading angle<sup>20</sup>  
lagging angle<sup>21</sup>



شکل 6.9: موٹر کا دوری سمتیہ۔

یوں  $|E_{am}|$  درج ذیل ہو گا۔

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

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

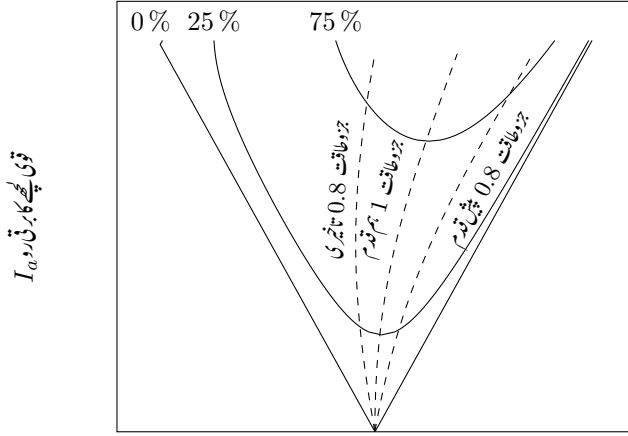
موٹر پر لاگو برقی دباؤ اور اس پر میکانی بوجھ کو 0%، 25% اور 75% پر رکھ کر، موٹر کے  $E_{am}$  بالمقابل  $I_a$  خطوط، مساوات 6.37 سے شکل 6.10 میں ترسیم کیے گئے ہیں۔ چونکہ امالی دباؤ  $I_m$  کا راست تناسب ہوتا ہے لہذا یہی موٹر کے  $I_m$  بالمقابل  $I_a$  خطوط بھی ہوں گے۔ ان میں سے ہر خط ایک معین میکانی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

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

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 کے حصول میں مساوات 6.37 کو مساوات 6.38 کی مدد سے ترسیم کیا جاتا ہے۔ مخصوص  $V_a$  اور  $p$  کے لئے مختلف  $I_a$  پر مساوات 6.38 سے  $\phi$  حاصل کیا جاتا ہے۔ اس کے بعد ہر انفرادی  $I_a$  اور مطابقتی  $\phi$  کو مساوات 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 برق گھیر<sup>22</sup> استعمال کیا جاسکتا ہے۔ حقیقت میں ایسا نہیں کیا جاتا ہے چونکہ معاصر موٹر سے برق گھیر زیادہ سستا دستیاب ہوتا ہے۔

capacitor<sup>22</sup>



میدانی لچھے کا برقی رد  $I_m$

شکل 6.10: موثر کی  $I_m$  بالقابل  $I_a$  ترسیم۔

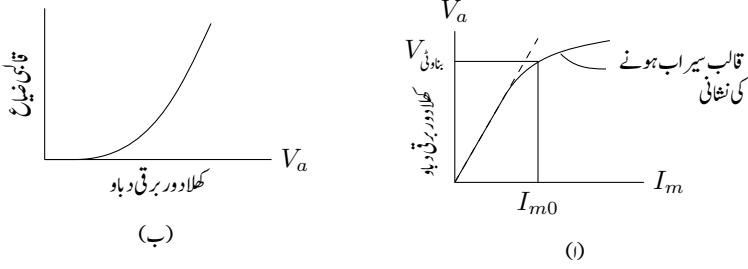
## 6.6 کھلا دور اور کسر دور معائنہ

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  $I_m$  بالقابل 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۔

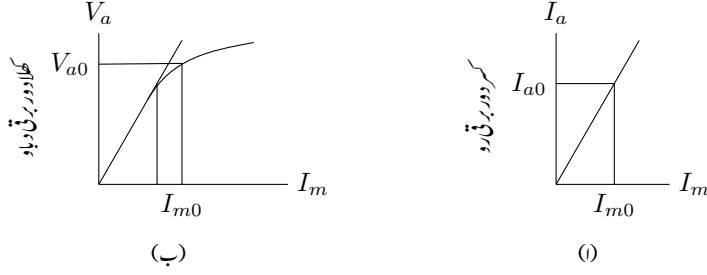
کھلا دور معائنہ کے دوران دھرے پر میکانی طاقت  $p_1$  کی پیمائش بے بوجھ مشین کا ضیاع طاقت دے گی۔ اس کا بیشتر حصہ رگڑی ضیاع، کچھ قالبی ضیاع اور کچھ گھومتے لچھے کا ضیاع ہو گا۔ یاد رہے گھومتے لچھے کو عموماً دھرے پر نسب یک سمت جزیئر برقی توانائی فراہم کرتا ہے جس کو از خود طاقت محرک<sup>23</sup> فراہم کرتا 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>23</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۔

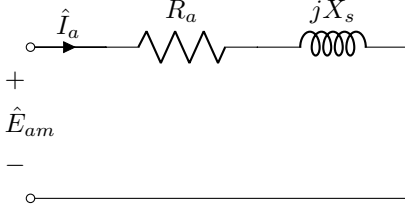
$$(6.39) \quad \hat{E}_{am} = \hat{I}_a R_a + j \hat{I}_a X_s$$

$X_s \gg R_a$  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>24</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۔

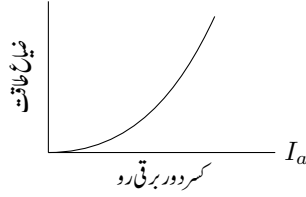
اس مشین کا معاصر امالہ تلاش کریں۔

حل: یک دوری برقی دباؤ درج ذیل ہو گا۔

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

<sup>24</sup>line voltage





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 جاسکتا 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 جاسکتا ہے۔ یوں  $(p_3 - p_2)$  کو ساکن لچھے کا برقی ضیاع تصور کیا جاسکتا 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۔

$$(6.43) \quad R_a = \frac{p_3 - p_2}{I_{a,3}^2}$$

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>25</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 قابلی ضیاع 25 کلو واٹ ہے۔

• جنریٹر کی رفتار معلوم کریں۔

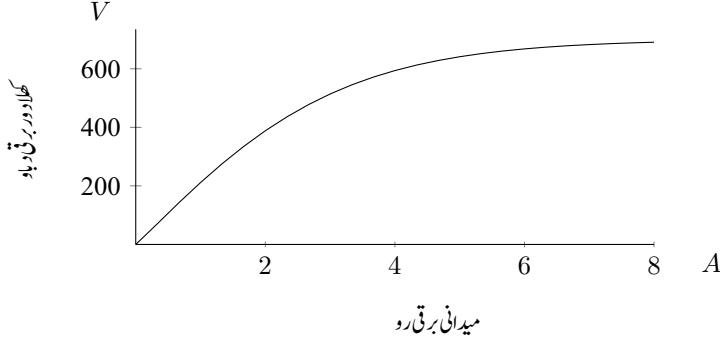
• بے بوجھ جنریٹر کی سروں پر 500 وولٹ برقی دباؤ کتنے میدانی برقی رو پر حاصل ہو گا؟

• 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>26</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

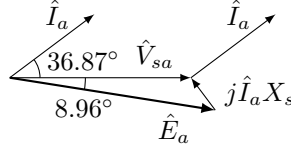
$$\hat{I}_a = \hat{I}_t = 24.346/36.87^\circ$$

لکھا جاسکتا ہے۔

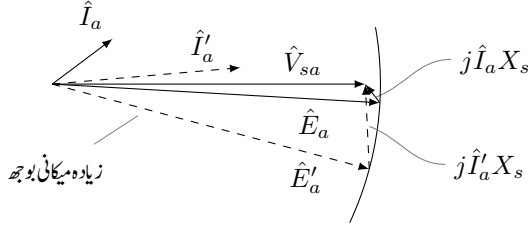
موٹر کا اندرونی یک دوری ہجانی برقی دباؤ موٹر کے مساوی دور شکل 6.3 کی مدد سے درج ذیل ہو گا۔

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

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, 95
- eddy current loss, 62
- eddy currents, 61, 130
- electric field
  - intensity, 10
- electrical rating, 59
- electromagnet, 135
- electromotive force, 61, 142
- electronics
  - power, 211
- emf, 142
- enamel, 62
- energy, 44
  - co, 115
- Euler, 20
- excitation current, 52, 60, 61
- excitation voltage, 61
- excite, 61
- excited coil, 61
  
- Faraday's law, 38, 129
- field coil, 135, 255
- flux, 30
- Fourier series, 63, 146
- frequency, 134
- fundamental, 147
- fundamental component, 64
  
- generator
  - ac, 164
- ground current, 95
- ground wire, 95
  
- ampere-turn, 33
- armature coil, 135, 255
  
- capacitor, 199
- carbon bush, 181
- cartesian system, 4
- charge, 10, 141
- circuit breaker, 183
- coercivity, 46
- coil
  - high voltage, 56
  - low voltage, 56
  - primary, 55
  - secondary, 55
- commutator, 169, 245
- conductivity, 25
- conservative field, 111
- core, 55, 130
- core loss, 62
- core loss component, 64
- Coulomb's law, 10
- cross product, 13
- cross section, 9
- current
  - transformation, 66
- cylindrical coordinates, 5
  
- delta connected, 94
- differentiation, 18
- dot product, 15
  
- E,I, 62



Ohm's law, 26  
 open circuit test, 87  
 orthonormal, 3  
  
 parallel connected, 258  
 permeability, 26  
     relative, 26  
 phase current, 95  
 phase difference, 22  
 phase voltage, 95  
 phasor, 21  
 pole  
     non-salient, 144  
     salient, 144  
 power, 44  
 power factor, 22  
     lagging, 22  
     leading, 22  
 power factor angle, 22  
 power-angle law, 192  
 primary  
     side, 55  
  
 rating, 97, 98  
 rectifier, 169  
 relative permeability, 26  
 relay, 103  
 reluctance, 25  
 residual magnetic flux, 46  
 resistance, 25  
 rms, 19, 50, 169  
 rotor, 37  
 rotor coil, 106  
 rpm, 161  
  
 saturation, 47  
 scalar, 1  
 self excited, 255  
 self flux linkage, 43  
 self inductance, 43  
 separately excited, 255  
 side

harmonic, 147  
 harmonic components, 64  
 Henry, 40  
 hunting, 182  
 hysteresis loop, 47  
  
 impedance transformation, 71  
 induced voltage, 38, 50, 61  
 inductance, 40  
     leakage, 187  
 induction  
     motor, 211  
  
 Joule, 44  
  
 lagging, 22  
 laminations, 31, 62, 130  
 leading, 22  
 leakage inductance, 79  
 leakage reactance, 79  
 line current, 95  
 line voltage, 95  
 linear circuit, 230  
 load, 99  
 Lorentz law, 141  
 Lorenz equation, 104  
  
 magnetic constant, 26  
 magnetic core, 31  
 magnetic field  
     intensity, 11, 33  
 magnetic flux  
     density, 33  
     leakage, 79  
 magnetizing current, 64  
 mmf, 30  
 model, 81, 211  
 mutual flux linkage, 43  
 mutual inductance, 43  
  
 name plate, 98  
 non-salient poles, 181

transformer  
     air core, 59  
     communication, 59  
     ideal, 65  
     oil, 77  
 transient state, 179

unit vector, 2

VA, 76

vector, 2

volt, 141

volt-ampere, 76

voltage, 141

    DC, 169

    transformation, 65

Watt, 44

Weber, 33

winding

    distributed, 144

winding factor, 152

    secondary, 55

single phase, 23, 59

slip, 213

slip rings, 180, 233

squirrel cage, 236

star connected, 94

stator, 37

stator coil, 106, 131

steady state, 179

step down transformer, 58

step up transformer, 58

surface density, 11

synchronous, 134

synchronous inductance, 188

synchronous speed, 160, 161, 180

Tesla, 33

theorem

    maximum power transfer, 233

Thevenin theorem, 230

three phase, 59, 93

time period, 101, 146

torque, 170, 213

    pull out, 182

بھنور نما برقی رو، 130  
بے بوجھ، 60

پتری، 130، 31  
پتریاں، 62  
پیش زاویہ، 22

تاخیری، 80  
تاخیری زاویہ، 22  
تار کا برقی دباؤ، 95  
تار کا برقی رو، 95  
تانا، 28  
تبادلہ

رکاوٹ، 71  
تنجی، 98

تعدد، 134  
تعقب، 182  
تفرق، 18

جزوی، 18  
تکونی جوڑ، 94  
توانائی، 44

ہمہ، 115  
تین دوری، 93، 59

ٹرانسفارمر

برقی دباؤ والا، 59  
بوجھ بردار، 68  
تیل، 77

خلائی قالب، 59  
دباؤ بڑھاتا، 58  
دباؤ گھٹاتا، 58

ذرائع ابلاغ، 59  
رووالا، 59  
کامل، 65

ٹسلا، 33

ٹھنڈی تار، 95

ثانوی جانب، 55

چاول، 44  
جزو

پھیلاؤ، 152

ابتدائی

جانب، 55  
لچھا، 55

ارتباط بہاؤ، 39

اضافی

زاویائی رفتار، 216

اکائی سمتیہ، 2

امالہ، 40

رستا، 187

امالی

برقی دباؤ، 50

امالی برقی دباؤ، 61، 38

ایک، تین پتریاں، 62

ایمپیسر۔ چکر، 33

بار، 141

برقرار چالو، 179، 101

برقی گھیر، 199

برقیات

قوی، 211

برقی بار، 141، 10

برقی دباؤ، 141، 28

تبادلہ، 65، 56

محرک، 142

پہچانی، 189

یک سمت، 169

برقی رو، 28

بھنور نما، 130

تبادلہ، 66

پہچان انگیز، 52

برقی سکت، 59

برقی میدان، 10

شدت، 28، 10

بش، 181

بناوٹ، 87

بنیادی جزو، 147، 64

بوجھ، 99

بھٹی، 117

بھنور نما

برقی رو، 61

ضیاع، 62

- جزو طاقت، 22  
پیش، 22  
تاخیری، 22  
جزیر  
بدلتارو، 164  
جوڑ  
تکونی، 94  
ستارہ نما، 94  
چکر فی منٹ، 130  
چوٹی، 215  
حال  
عارضی، 179  
یکساں، 179  
خطی  
برقی دور، 230  
خودار تباط بہاد، 43  
خودامالہ، 43  
داخلی ہیجان  
سلسلہ وار، 258  
متوازی، 258  
مرکب، 258  
دور جزا مرکب، 258  
دور شکن، 183  
دوری سمتیہ، 190، 21  
دوری عرصہ، 146، 101  
رستا  
امالہ، 79  
متعاملہ، 79  
رستا متعاملیت، 221  
رفقار  
اضافی زوایائی، 216  
روغن، 62  
روک، 232  
ریاضی نمونہ، 211، 81  
رسلے، 103  
زاویائی فرق، 22  
زاویہ جزو طاقت، 22  
زمین، 95  
زمینی برقی رو، 95  
زمینی تار، 95  
ساکن حصہ، 37  
ساکن لچھا، 106، 131  
ستارہ نما جوڑ، 94  
سرکاو، 213  
سرک چھلے، 180، 233  
سطحی عمل، 185  
سطحی کثافت، 11  
سکت، 97، 98  
سلسلہ وار، 150  
سمت کار، 245  
برقیاتی، 169  
میکانی، 169  
سمتیہ، 2  
عمودی اکائی، 3  
سمتی رفتار، 104  
سیرابیت، 47  
ضرب  
نقطہ، 15  
ضرب صلیبی، 13  
طاقت، 44  
طاقت بالمتقابل زاویہ، 192  
طول موج، 18  
عمودی تراش، 9  
رقبہ، 9  
غیر سمتی، 1  
غیر معاصر، 182  
فوریز، 254  
فوریز سلسل، 63، 146  
فیراڈے  
قانون، 38، 129  
قالب، 130

- قالبی ضیاع، 62  
جزو، 64  
قانون  
اوہم، 26  
کولمب، 10  
لورینز، 141  
قدامت پسند میدان، 111  
قریب بڑا مرکب، 258  
قطب  
ایہرے، 181، 144  
ہموار، 181، 144  
قوت مروڑ، 170، 213  
انتہائی، 182  
قوی برقیات، 245  
قوی لچھے، 255  
کاربن بش، 181  
کارگزاری، 204  
کشافت  
برقی رو، 28  
کشافت مقناطیسی بہاؤ  
بقایا، 46  
کسر دور، 39  
گرم ہمار، 95  
گھومتا حصہ، 37  
گھومتا لچھا، 106  
لچھا  
ابتدائی، 55  
پھیلے، 144  
پتھچدار، 41  
ثانوی، 55  
رخ، 137  
زیادہ برقی دباؤ، 56  
ساکن، 106  
قوی، 135  
کم برقی دباؤ، 56  
گھومتا، 106  
میدانی، 135  
محدود  
کار تیشی، 4  
تکلی، 5  
محرک برقی دباؤ، 61  
مجوری  
لمبائی، 166  
مخلوط عدد، 196  
مرکب جزئیہ، 258  
مزاحمت، 25  
مزاحمت پتھا، 241  
مساوات لورینز، 104  
مسئلہ  
تھونن، 230  
زیادہ سے زیادہ طاقت کی منتقلی، 233  
مشیر کہ ارتباط امالہ، 43  
مشیر کہ امالہ، 43  
معاصر، 134  
مشین، 180  
معاصر امالہ، 188  
معاصر رفتار، 180، 161، 160  
معائنہ  
کھلا دور، 87  
مقناطیس  
برقی، 135  
چال کا دائرہ، 47  
خاتم شدت، 46  
مقناطیسی برقی رو، 64  
مقناطیسی بہاؤ، 30  
رستا، 79  
کشافت، 33  
مقناطیسی چال، 52  
مقناطیسی دباؤ، 30  
رخ، 146  
مقناطیسی قالب، 31، 55  
مقناطیسی مستقل، 26، 171  
جزو، 26، 31  
مقناطیسی میدان  
شدت، 11، 33  
موٹر  
امالی، 211

ہیجان انگیز  
 برقی دباؤ، 61  
 برقی رو، 61  
 ہیجان انگیز برقی رو، 60  
 ہیجانی برقی دباؤ، 189  
 یک دوری، 23، 59  
 یک دوری برقی دباؤ، 95  
 یک دوری برقی رو، 95  
 یک سمت رو  
 مشین، 245  
 یو لرمساوات، 20

پنجرہ نما، 236  
 موثر، 19، 50  
 موثر قیمت، 169  
 موسیقائی جزو، 64، 147  
 موصیلت، 25  
 میدانی لچھے، 255  
 واٹ، 44  
 وولٹ، 141  
 وولٹ-ایمپیئر، 76  
 ویر، 33  
 ویر-پھر، 39  
 پنکچا ہٹ، 25، 30  
 ہیجان، 61  
 بیرونی، 255  
 خود، 255  
 لچھا، 61