

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 نقطی ضرب	
20	1.11 تفرق اور جزوی تفرق	
20	1.12 خطی مکمل	
21	1.13 سطحی مکمل	
22	1.14 دوری سمتیہ	
27	2 مقناطیسی ادوار	
27	2.1 مزاحمت اور پنکچا ہٹ	
28	2.2 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 ہیبان شدہ لچھا	

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

105	4	برقی اور میکانی 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 ہم-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	محرک برقی دباؤ
143	5.4	پچیلے لچھے اور سائن نما مقتناطیسی دباؤ
145	5.4.1	بدلتا رو والے مشین
153	5.5	مقتناطیسی دباؤ کی گھومتی امواج
153	5.5.1	ایک دور کی لپٹی مشین
155	5.5.2	تین دور کی لپٹی مشین کا تحلیلی تجزیہ
159	5.5.3	تین دور کی لپٹی مشین کا ترسیبی تجزیہ
163	5.6	محرک برقی دباؤ
163	5.6.1	بدلتا رو برقی جزیئر
168	5.6.2	یک سمت رو برقی جزیئر
169	5.7	ہموار قطب مشینوں میں قوت مروڑ
170	5.7.1	میکانی قوت مروڑ بذریعہ ترکیب توانائی
172	5.7.2	میکانی قوت مروڑ بذریعہ مقتناطیسی دباؤ

179	6 یکساں حال، برقرار چالو معاصر مشین
180	6.1 متعدد دوری معاصر مشین
183	6.2 معاصر مشین کے امالہ
184	6.2.1 خود امالہ
185	6.2.2 مشترکہ امالہ
187	6.2.3 معاصر امالہ
189	6.3 معاصر مشین کا مساوی دور یا ریاضی نمونہ
191	6.4 برقی طاقت کی منتقلی
195	6.5 یکساں حال، برقرار چالو مشین کے خواص
195	6.5.1 معاصر جزیرہ: برقی بوجھ بالمتقابل I_m کے خط
196	6.5.2 معاصر موثر: I_a بالمتقابل I_m کے خط
198	6.6 کھلا 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 حال¹ میں ہوتی ہے۔ اس باب میں یکساں حال²، 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۔

¹ transient state
² 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 رفتار³ 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 مشین⁴ کہتے ہیں۔

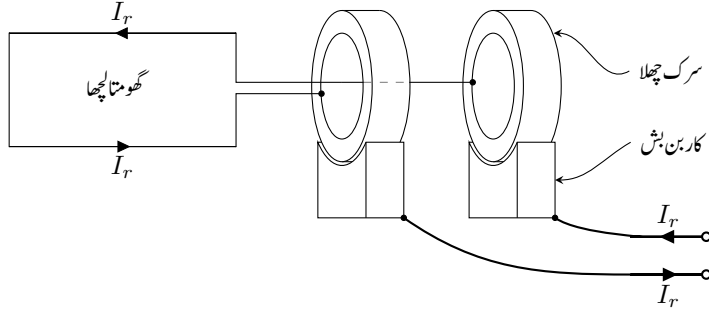
6.1 متعدد دوری معاصر مشین

معاصر مشین عموماً تین دوری ہوتے ہیں۔ تین دوری ساکن قوی لچھے خلائی درز میں 120° 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 سرک⁴ 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 speed³
slip rings⁴



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

کاربن کے ساکن بٹ، اسپرنگ کی مدد سے، سرک چھلوں کے بیرونی سطح کے ساتھ دبا کر رکھے جاتے ہیں۔ جب مشین چلتی ہے، کاربن بٹ ان سرک چھلوں پر سرکتے ہیں۔ اسپرنگ کا دباؤ ان کا برقی جوڑ مضبوط رکھتا ہے تاکہ ان کے بیچ چنگاریاں نہ نکلیں۔ کاربن بٹ کے ساتھ برقی تار لگی ہے۔ ایک سمت برقی رو I_r ، کاربن بٹ⁵ 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 یک سمت برقی دباؤ میں تبدیل کیا جاتا ہے۔ یوں سرک چھلے کی ضرورت پیش نہیں آتی ہے۔ سرک چھلے بوجہ رگڑ خراب ہوتے ہیں جس کی وجہ سے معاصر مشین کی مرمت درکار ہوتی ہے جو ایک مہنگا کام ہے۔

اُبھرے قطب⁶ مشین، پانی سے چلنے والے سست رفتار جزیئر اور عام استعمال کی موٹروں کے لئے موزوں ہیں جبکہ ہموار قطب⁷ مشین، تیز رفتار دو یا چار قطبی ٹربائن جزیئروں کے لئے موزوں ہیں۔

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

carbon bush⁵
salient poles⁶
non-salient poles⁷

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 ϕ_{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 θ_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 θ_r ہر وقت میکانی قوت مروڑ کا تعقب⁸ کرتا ہے۔

موٹر پر لدا میکانی بوجھ بتدریج بڑھانے سے ایک لمحہ آئے گا جب زاویہ θ_r نوے درجہ، $\frac{\pi}{2}$ ریڈین، تک پہنچتا ہے۔ اس لمحہ موٹر اپنی انتہائی قوت مروڑ⁹ 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 معاصر¹⁰ 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۔

hunting⁸
pull out torque⁹
lost synchronism¹⁰

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 شکل¹¹ 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 موٹر¹² 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 رو¹³ 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۔

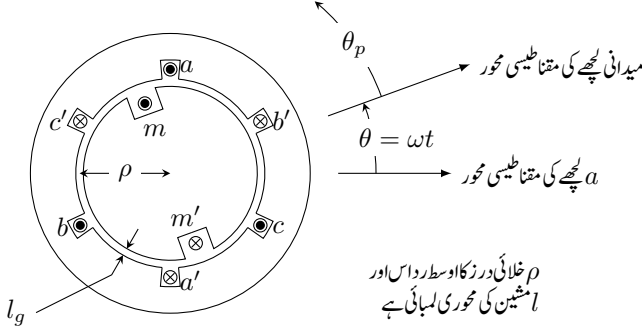
اگرچہ یہاں کچھ لچھے دکھائے گئے ہیں، حقیقت میں پھیلے لچھے استعمال ہوں گے لہذا انہیں پھیلے لچھے تصور کریں۔ اس طرح ہر لچھا ساکن نما برقی دباؤ پیدا کرتا ہے جس کی چوٹی لچھے کی مقناطیسی محور کے رخ ہوگی۔ چونکہ معاصر مشین کے گھومتے لچھے میں یک سمت رو ہوتا ہے لہذا، جیسا شکل 6.2 میں دکھایا گیا ہے، اس لچھے کا مقناطیسی 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 ω 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 breaker¹¹

induction motor¹²

line current¹³



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 ρ 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 θ پر منحصر نہیں ہوتا ہے۔ ان میں سے کسی بھی لچھے کی مقناطیسی دہاو τ

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

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 θ_p کے ساتھ کشافیت مقناطیسی دہاو B کا تعلق پیش کرتی ہے۔ لچھا کے ایک قطب پر کل مقناطیسی بہاو ϕ اس مساوات کا سطحی تکمل¹⁴ 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

¹⁴surface integral

میں گھومتے اور a لچھا کے بیچ زاویہ θ 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° 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 λ 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} ¹⁵ 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۔

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

¹⁵leakage 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

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

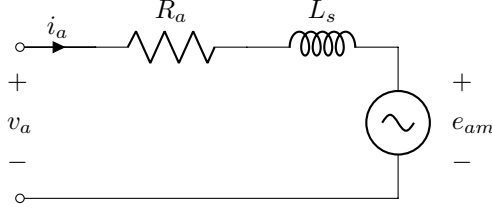
کو معاصر امالہ¹⁶ کہتے ہیں۔

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 λ_a کے برقی دباؤ کے برابر ہو گا

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

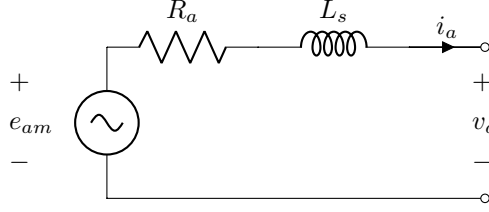
جہاں

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

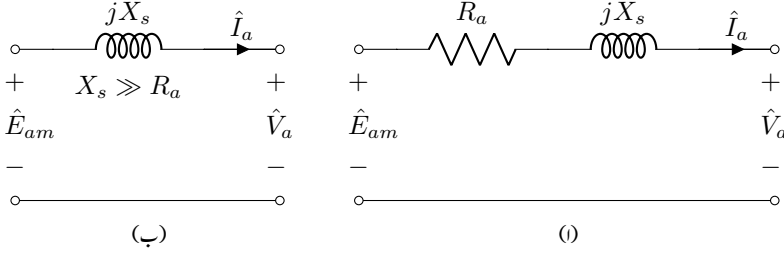
نیچانے برقی دباؤ یا اندرونی پیدا برقی دباؤ کہلاتا ہے جو گھومتے لچھے سے پیدا مقناطیسی بہاؤ کی وجہ سے وجود میں آتا ہے۔ اس کی موثر قیمت $E_{am,rms}$ مساوات 1.42 سے حاصل ہو گی۔

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

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 ایمپیئر میدانی برقی رو پر 2100 وولٹ ایک دوری موٹر برقی دباؤ پیدا کرتا ہے۔ اس مشین کے قوی اور میدانی لچھوں کا مشترکہ امالہ تلاش کریں۔

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

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



6.4 برقی طاقت کی منتقلی

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

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

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

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

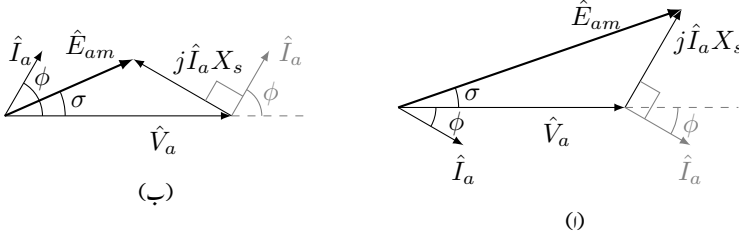
شکل 6.5-ب کی دوری سمتیہ صورت (مساوات 6.26) کو شکل 6.6 میں دکھایا گیا ہے۔ شکل 6.6-1 میں \hat{V}_a کے لحاظ سے \hat{I}_a زاویہ ϕ پیچھے جبکہ شکل 6.6-ب میں ϕ آگے ہے۔ زاویات افقی لکیر سے گھڑی کے مخالف رخ ناپے جاتے ہیں لہذا شکل 6.6-1 میں ϕ منفی اور σ مثبت ہیں جبکہ شکل 6.6-ب میں دونوں زاویات مثبت ہیں۔

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

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

شکل 6.6-1 سے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

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



شکل 6.6: معاصر جزیئر کا دوری سمتیہ۔

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

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

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

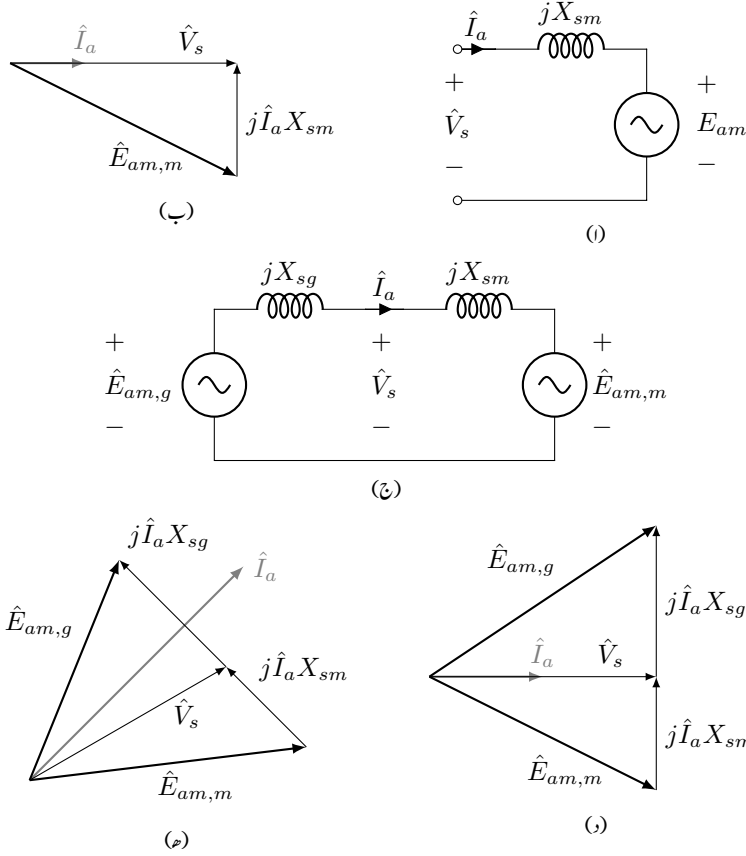
$$(6.30) \quad p_v = \frac{V_a E_{am}}{X_s} \sin \sigma$$

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

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

مساوات 6.31 طاقت بالمتقابل زاویہ¹⁷ کا قانون پیش کرتی ہے۔ اٹل V_a کی صورت میں جزیئر E_{am} یا (اور) σ بڑھا کر طاقت بڑھا سکتا ہے۔ گھومتے لچھے میں برقی رو بڑھا کر E_{am} بڑھایا جاتا ہے جو ایک حد تک کرنا ممکن ہوگا۔ لچھے کی مزاحمت میں برقی توانائی ضائع ہونے سے لچھا گرم ہوگا جس کو خطرناک حد تک پہنچنے نہیں دیا جاسکتا ہے۔ اسی طرح σ کو نوے زاویہ تک بڑھایا جاسکتا ہے جس پر، کسی مخصوص E_{am} کے لئے، جزیئر زیادہ سے زیادہ طاقت مہیا کرتا ہے:

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



شکل 6.7: معاصر جزیر معاصر موٹر چلا رہی ہے۔

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

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

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

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

- اس موٹر کو 2 قطبی، 3000 چکر فی منٹ، تین دوری، ستارہ، 2300 وولٹ دباوتار پیدا کرنے والا 2200 کلو وولٹ-کمپیٹر کے معاصر جزیئر سے چلایا جاتا ہے جس کا ایک دوری معاصر امالہ 2.3 اوہم ہے۔ موٹر پر اس کا پورا برقی بوجھ لاد کر جزیئر 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 6.7-6 ب سے رجوع کریں۔ ایک دوری برقی دباو اور کل برقی رو درج ذیل ہوں گے۔

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

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

یوں درج ذیل ہو گا۔

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

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

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

اس طرح تین دوری زیادہ سے زیادہ طاقت 3095904 واٹ 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 جاسکتی ہے۔

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

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

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

یہ صورت شکل 6.7-د میں دکھائی گئی ہے۔

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

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

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

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

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

□

6.5 یکساں حال، برقرار چالو مشین کے خواص

6.5.1 معاصر جزیٹر: برقی بوجھ بالقابل I_m کے خط

شکل 6.5-ب کی دوری سمتیہ مساوات

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

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

$$(6.34) \quad E_{am}/\sigma = V_a/0 + I_a X_s / \left[\frac{\pi}{2} + \phi \right]$$

جس کو بطور مخلوط عدد¹⁸

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

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

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

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

6.5.2 معاصر موٹر: I_a بالمقابل I_m کے خط

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

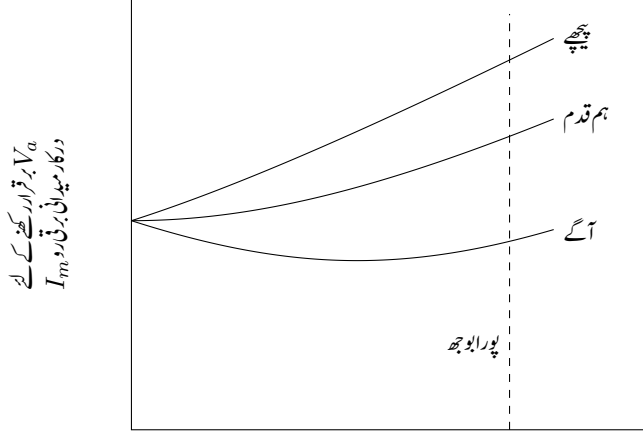
$$\begin{aligned} (6.36) \quad \hat{V}_a &= \hat{E}_{am} + j \hat{I}_a X_s \\ V_a/0 &= E_{am}/\sigma + j I_a/\phi X_s \\ &= E_{am}/\sigma + I_a X_s / \left[\frac{\pi}{2} + \phi \right] \end{aligned}$$

اس مساوات میں موٹر پر لاگو برقی دباؤ \hat{V}_a کے حوالہ سے زاویات کی پیمائش کی گئی ہے لہذا \hat{V}_a کا زاویہ صفر ہو گا۔ یاد رہے کہ مثبت زاویہ کی پیمائش افقی لکیر سے گھڑی کے مخالف رخ ہو گی لہذا پیش زاویہ¹⁹ مثبت اور تاخیر زاویہ²⁰

¹⁸ complex number

¹⁹ leading angle

²⁰ lagging angle



برقی دباؤ یا قوی لچھے کی برقی دباؤ I_a

شکل 6.8: جنرٹر: برقی بوجھ بالمتقابل I_m کے خط

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

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

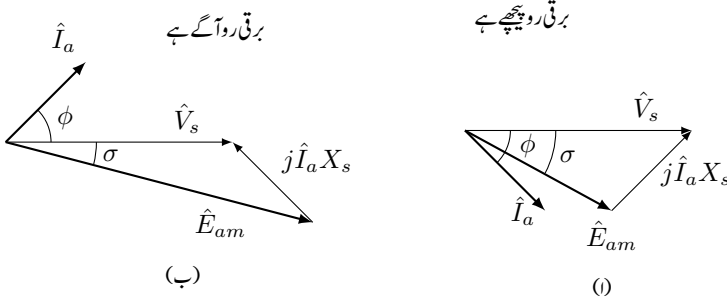
یوں $|E_{am}|$ درج ذیل ہو گا۔

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

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

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

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



شکل 6.9: موٹر کا دوری سمتیہ۔

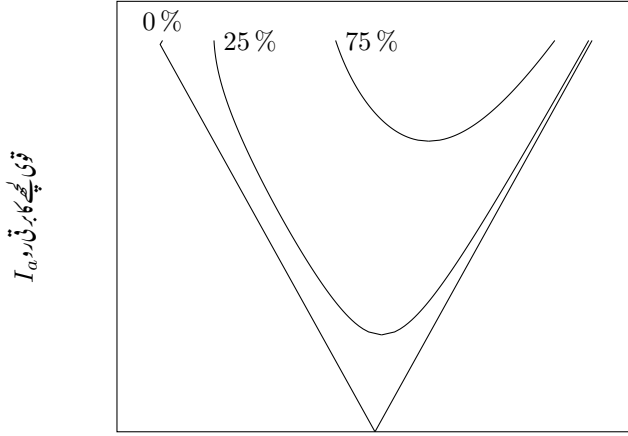
کے حصول میں مساوت 6.37 کو مساوات 6.38 کی مدد سے ترسیم کیا جاتا ہے۔ مخصوص V_a اور p کے لئے مختلف I_a پر مساوات 6.38 سے ϕ حاصل کیا جاتا ہے۔ اس کے بعد ہر انفرادی I_a اور مطابقتی ϕ کو مساوات 6.37 میں پر کر کے E_{am} حاصل کیا جاتا ہے۔ مخصوص p کے لئے E_{am} بالقابل I_a ترسیم کیے جاتے ہیں۔ شکل 6.10 میں 0%،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

موٹر کے خطوط سے واضح ہے کہ I_m تبدیل کر کے موٹر کا جزو طاقت تبدیل کیا جاسکتا ہے۔ یوں موٹر کو پیش زاویہ یا تاخیر زاویہ پر چلایا جاسکتا ہے۔ موٹر کو پیش زاویہ چلا کر بطور ایک برقی گھیر²¹ استعمال کیا جاسکتا ہے۔ حقیقت میں ایسا نہیں کیا جاتا ہے چونکہ معاصر موٹر سے برق گھیر زیادہ سستا دستیاب ہوتا ہے۔

6.6 کھلا 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 گئی²² 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۔

capacitor²¹
design²²



میدانی لچھے کا برقی رد I_m

شکل 6.10: موثر I_m بالقابل I_a کے خط

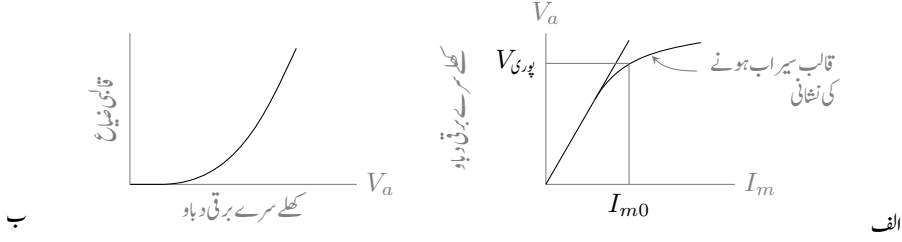
6.6.1 کُھلے دور معائنہ

معاصر مشین کے برقی سرے کُھلے رکھ کر اور اسے معاصر رفتار پر گھماتے ہوئے مختلف I_m پر مشین کے سرورں 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 کُھلے دور خاصیت ظاہر کرتا ہے۔ یہی خط مشین بنانے والے بھی مہیا کر سکتے ہیں۔

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 رد I_{m0} دکھلایا گیا ہے۔

یہ معائنہ کرتے وقت اگر دھرے پر میکانی 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 محرک²³ سے ہی ملتی ہے۔ بے بوجھ مشین اور بوجھ بردار مشین

²³ گھومتے لچھے کو توانائی یک سمت جزیئر سے آتی ہے اور اس جزیئر کو دھرے سے آتی ہے۔



شکل 6.11: کھلے سرے اور قابلی ضیاع۔

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 ہو گا۔ ان دونوں ناپے گئے طاقت کا فرق یعنی $(p_1 - p_2)$ قالب میں طاقت کے ضیاع اور گھومتے لچھے میں برقی ضیاع کے برابر ہو گا۔ 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 قابلی ضیاع کا ایک خط شکل 6.11-ب میں دیا گیا ہے۔

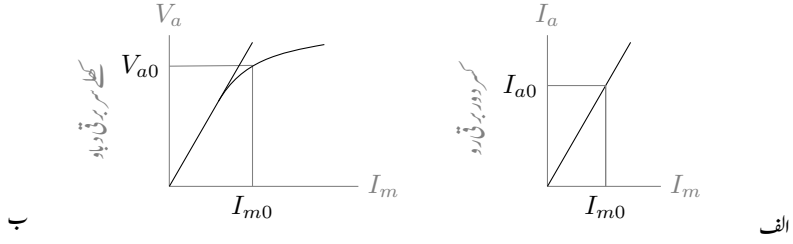
6.6.2 کسر دور معائنہ

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 خاصیت دکھاتا 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 جزیئر کے پورے برقی بوجھ I_a پر ²⁴ 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۔

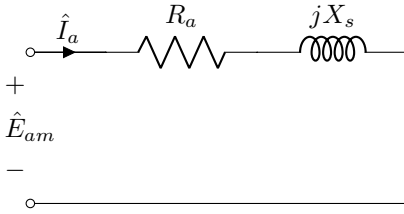
شکل 6.5 میں جزیئر کے مساوی برقی دور دکھائے گئے ہیں۔ اسے شکل 6.13 میں کسر دور کر کے دکھایا گیا ہے۔ یہاں سے واضح ہے کہ

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

full load²⁴



شکل 6.12: کسر دور خط اور کھلے دور خط۔



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

شکل 6.13: معاصر امالہ۔

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

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

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 6.33 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

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

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 دباؤ²⁵ ناپے گئے ہوں تو انہیں $\sqrt{3}$ سے تقسیم کر کے مشین کے یک دوری برقی دباؤ حاصل کر کے مساوات میں استعمال کریں، یعنی

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

مثال 6.4: ایک 75 کلو وولٹ-ایمپیئر 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: $V_L = 415 \text{ V}$ اور $I_m = 3.2 \text{ A}$ ہیں۔
- کسر دور معائنہ: جب قوی لچھے کی برقی رو 104 A تھی تب میدان لچھے کی برقی رو 2.48 A تھی اور جب قوی لچھے کی برقی رو 126 A تھی تب میدان لچھے کی برقی رو 3.2 A تھی۔

اس مشین کی معاصر امالہ حاصل کریں۔

حل: یک دوری برقی دباؤ

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

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

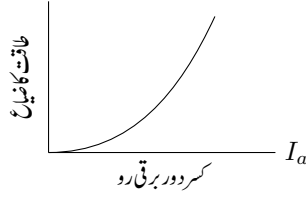
$$X_s = \frac{239.6}{126} = 1.901 \Omega$$

□

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

²⁵line voltage



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

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۔

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

مثال 6.5: ایک 75 کلو وولٹ-ایمپیئر 415 وولٹ پر چلنے والی تین دوری معاصر مشین کے پورے 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 $\frac{2200}{3} = 733.33 \text{ W}$ ہے۔ مشین کے پوری برقی رو

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

ہے۔ لہذا

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

□

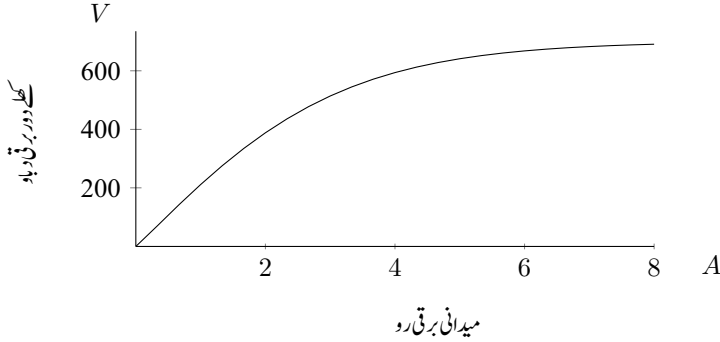
ہے۔

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 طاقت²⁶ 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 میدانی 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 میدانی 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 کارگزار²⁷ 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 میدانی برقی رو درکار ہوگی۔
- ان دو 1000 ایمپیئر تاخیری جزو طاقت اور پیش جزو طاقت بوجھوں میں کونسی بوجھ زیادہ میدانی برقی رو پر حاصل ہوتی ہے۔ جزیئر کس بوجھ سے زیادہ گرم ہوگا۔

حل:

- $f_m = \frac{2}{4} \times 50 = 25$ سے $f_e = \frac{P}{2} f_m$ چکر فی سیکنڈ یا $25 \times 60 = 1500$ چکر فی منٹ ہے۔
- شکل 6.15 سے 500 وولٹ کے لئے درکار میدانی برقی رو تقریباً 2.86 ایمپیئر ہے۔



شکل 6.15: کھلے دور خط۔

- ستارہ برقی دباؤ کے تعلق $V_{\text{تار}} = \sqrt{3}V_{\text{یکدوری}} = 289$ سے $V_{\text{یکدوری}} = \frac{500}{\sqrt{3}} = 289$ ولٹ حاصل ہوتا ہے۔ ستارہ جوڑ میں یک دوری برقی رو اور تار برقی رو برابر ہوتے ہیں۔ جزو طاقت 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 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 $\sqrt{3} \times 349 = 604$ ولٹ حاصل ہوتا ہے۔ شکل 6.15 سے اتنی دباؤ کے لئے 4.1 A میدانی برقی رو درکار ہے۔

- جزیئر 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 جزیئر کی کارگزاری $\eta = \frac{796.743}{851.74} \times 100 = 93.54\%$ ہے۔

- اگر جنیٹر سے یک دم برقی بوجھ ہٹایا جائے تو اس لمحہ اس کے برقی سروں پر 604 ولٹ 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 $478 = \sqrt{3} \times 276$ ولٹ حاصل ہوتا ہے۔ شکل 6.15 سے اتنی دباؤ کے لئے 2.7 A میدانی برقی رو درکار ہے۔

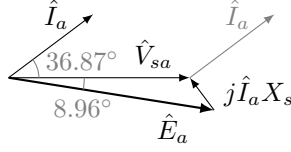
- تاخیری جزو طاقت کے بوجھ پر جنیٹر کو زیادہ میدانی برقی رو درکار ہے۔ میدانی لچھے کی مزاحمت میں اس کی وجہ سے زیادہ برقی طاقت ضائع ہو گی اور جنیٹریوں زیادہ گرم ہو گا۔

□

مثال 6.7: ایک 415 ولٹ، 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 قالبی ضیاع 800 واٹ ہے۔ یہ موٹر 12.2 کلو واٹ میکانی 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 ہجانی برقی دباؤ \hat{E}_a حاصل کریں۔
- میدانی 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 ہجانی برقی دباؤ حاصل کریں۔ موٹر کی جزو طاقت بھی حاصل کریں۔

حل:



شکل 6.16: بوجھ بردار معاصر موٹر۔

- ستارہ جڑی موٹر کے سروں پر یک دوری برقی دباؤ $V_{sa} = 239.6 \text{ V}$ ہو گا جسے صفر زاویہ پر تصور کرتے ہوئے برقی رو کا زاویہ بیان کیا جاتا ہے۔ یوں $V_{sa} = 239.6/\underline{0^\circ}$ لکھا جائے گا۔ جزو طاقت 0.8 زاویہ 36.87° کو ظاہر کرتا ہے۔ یوں تار کی برقی رو کا پیش زاویہ یہی ہو گا۔ موٹر کو مہیا برقی طاقت اس کی میکائی 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 روتار کے برقی رو کے برابر ہو گی۔ یوں برقی رو کا زاویہ شامل کرتے ہوئے اسے

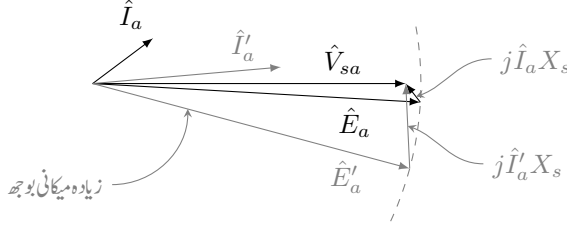
$$\hat{I}_a = \hat{I}_t = 24.346/\underline{36.87^\circ}$$

لکھا جاسکتا ہے۔

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

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

ہو گی۔ یہ تمام صورت حال شکل 6.16 میں دوری سمتیت کی مدد سے دکھایا گیا ہے۔



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 کی برقی رو بڑھ سکے۔ میدانی برقی رو معین ہونے کی وجہ سے موٹر کی اندرونی بیجانی 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 سیابہی میں دکھایا گیا ہے۔

- دگنی میکانیکی بوجھ پر موٹر کو کل $26200 = 1000 + 800 + 24400$ واٹ یا 26.2 کلو واٹ برقی طاقت درکار ہے۔ مساوات 6.30 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 بیجانی برقی دباؤ $276 / -16.89^\circ$ ہوگی اور قوی لچھے کی برقی رو

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

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

□

- earth, 97
- eddy current loss, 64
- eddy currents, 63, 130
- electric field
 - intensity, 12
- electrical rating, 61
- electromagnet, 135
- electromotive force, 63, 141
- emf, 141
- enamel, 64
- energy, 46
 - co, 117
- Euler, 22
- excitation current, 54, 62, 63
- excitation voltage, 63
- excite, 63
- excited coil, 63

- Faraday's law, 40, 129
- field coil, 135, 255
- flux, 32
- Fourier series, 65, 145
- frequency, 134
- fundamental, 146
- fundamental component, 66

- generator
 - ac, 163
- ground current, 97
- ground wire, 97

- harmonic, 146

- ampere-turn, 35
- armature coil, 135, 255

- carbon bush, 181
- cartesian system, 6
- charge, 12, 140
- circuit breaker, 183
- coercivity, 48
- coil
 - high voltage, 58
 - low voltage, 58
 - primary, 57
 - secondary, 57
- commutator, 168, 245
- conductivity, 27
- conservative field, 113
- core, 57, 130
- core loss, 64
- core loss component, 66
- Coulomb's law, 12
- cross product, 15
- cross section, 11
- current
 - transformation, 68
- cylindrical coordinates, 7

- delta connected, 96
- design, 199
- differentiation, 20
- dot product, 17

- E,I, 64

parallel connected, 257
 permeability, 28
 relative, 28
 phase current, 97
 phase difference, 24
 phase voltage, 97
 phasor, 23
 pole
 non-salient, 143
 salient, 143
 power, 46
 power factor, 24
 lagging, 24
 leading, 24
 power factor angle, 24
 power-angle law, 192
 primary
 side, 57

 rating, 99, 100
 rectifier, 168
 relative permeability, 28
 relay, 105
 reluctance, 27
 residual magnetic flux, 48
 resistance, 27
 rms, 21, 52, 168
 rotor, 39
 rotor coil, 108
 rpm, 159

 saturation, 49
 scalar, 3
 self excited, 255
 self flux linkage, 45
 self inductance, 45
 separately excited, 255
 side
 secondary, 57
 single phase, 25, 61
 slip, 213
 slip rings, 180, 235

harmonic components, 66
 Henry, 41
 hunting, 182
 hysteresis loop, 48

 impedance transformation, 73
 induced voltage, 40, 51, 63
 inductance, 41
 leakage, 187

 Joule, 46

 lagging, 24
 laminations, 33, 64, 130
 leading, 24
 leakage inductance, 81
 leakage reactance, 81
 line current, 97
 line voltage, 97
 linear circuit, 230
 load, 101
 Lorentz law, 140
 Lorenz equation, 106

 magnetic constant, 28
 magnetic core, 33
 magnetic field
 intensity, 13, 35
 magnetic flux
 density, 35
 leakage, 81
 magnetizing current, 66
 mmf, 32
 model, 83, 211
 mutual flux linkage, 45
 mutual inductance, 45

 name plate, 100
 non-salient poles, 181

 Ohm's law, 28
 open circuit test, 89
 orthonormal, 5

unit vector, 4

VA, 78

vector, 4

volt, 140

volt-ampere, 78

voltage, 140

DC, 168

transformation, 67

Watt, 46

Weber, 35

winding

distributed, 143

winding factor, 151

star connected, 96

stator, 39

stator coil, 108, 131

steady state, 179

step down transformer, 60

step up transformer, 60

surface density, 13

synchronous, 134

synchronous inductance, 188

synchronous speed, 159, 180

Tesla, 35

theorem

maximum power transfer, 233

Thevenin theorem, 230

three phase, 61, 95

time period, 103, 145

torque, 169, 213

pull out, 182

transformer

air core, 61

communication, 61

ideal, 67

oil, 79

transient state, 179

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

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

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

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