

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

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 یا 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 میکانیکی 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	پھیلے 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 تریسی 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	میکانیکی قوت مروڑ بذریعہ ترکیب توانائی . . . . .
173	5.7.2	میکانیکی قوت مروڑ بذریعہ مقناطیسی بہاؤ . . . . .

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 جزیرہ: برقی بوجھ بالقابل $I_m$ کے خط
197 . . . . .	6.5.2 معاصر موٹر: $I_a$ بالقابل $I_m$ کے خط
199 . . . . .	6.6 کھلا دور اور کسر دور معائنہ
199 . . . . .	6.6.1 کھلا دور معائنہ
200 . . . . .	6.6.2 کسر دور معائنہ

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

- 8.1 میکانی سمت کار کی بنیادی کارکردگی . . . . . 245
- 8.1.1 میکانی سمت کار کی تفصیل . . . . . 247
- 8.2 یک سمت جزیرہ کار برقی دباؤ . . . . . 252
- 8.3 قوت مروڑ . . . . . 254
- 8.4 بیرونی پیمان اور خود پیمان یک سمت جزیرہ . . . . . 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 7

### امالی مشین

قوی برقیات<sup>1</sup> کی میدان میں ترقی کی بنا امالی موٹروں کی رفتار پر قابو رکھنا ممکن ہوا اور یوں ان موٹروں نے کارخانوں میں ایک سمت رو موٹروں کی جگہ لینا شروع کیا۔ اس سے پہلے جہاں بھی موٹر کی رفتار اہم ہوتی وہاں ایک سمت رو موٹر استعمال ہوتی جن کی رفتار پر قابو رکھنا نہایت آسان ہوتا ہے۔ پچاس سال قبل ترقی یافتہ ممالک میں ایک سمت موٹر کی جگہ امالی موٹر کا استعمال شروع ہوا۔ آج میں بھی تبدیلی پاکستان میں دیکھ رہا ہوں۔ امالی موٹروں کی مضبوطی اور دیر پا کام کرنے کی صلاحیت مثالی ہے۔ قوی الیکٹرانکس نے ان کی رفتار کو قابو کر کے بلا مقابلہ بنا دیا۔

امالی موٹر درحقیقت ٹرانسفارمر کی دوسری صورت ہے یا یوں کہنا بہتر ہو گا کہ یہ ایک ایسا ٹرانسفارمر ہے جس کا ثانوی لچھا حرکت بھی کرتا ہے۔ یوں امالی موٹر کے ساکن لچھے ٹرانسفارمر کے ابتدائی لچھے اور موٹر کے گھومتے لچھے ٹرانسفارمر کے ثانوی لچھے تصور کیے جاسکتے ہیں۔ موٹر کے ساکن لچھوں کو بیرونی برقی طاقت فراہم کی جاتی ہے جبکہ خلاء میں گھومتے مقناطیسی موج سے پیدا گھومتے لچھوں میں امالی برقی دباؤ ان لچھوں کو طاقت فراہم کرتا ہے۔ اسی کی بنا ان کو امالی موٹر<sup>2</sup> کہتے ہیں

اس باب کا مقصد امالی موٹر کے مساوی دور (ریاضی نمونہ)<sup>3</sup> کا حصول اور موٹر کی خواص پر غور کرنا ہے۔ ہم دیکھیں گے کہ ان کا مساوی دور ٹرانسفارمر کے مساوی دور کی طرح ہو گا۔

power electronics<sup>1</sup>  
induction motor<sup>2</sup>  
mathematical model<sup>3</sup>

ہم فرض کریں گے کہ موٹر دو قطبی، تین دوری، ستارہ جڑی ہے۔ اس طرح یک دوری لچھوں کا برقی رو، تار برقی رو ہو گا اور یک دوری برقی دباؤ  $\frac{\dot{V}_E}{\sqrt{3}}$  ہو گا۔ ایسا کرنے سے مسئلے پر غور کرنا آسان ہو گا جبکہ نتیجہ کسی بھی موٹر کے لئے کارآمد ہو گا۔

## 7.1 ساکن لچھوں کی گھومتی مقناطیسی موج

امالی مشین کے ساکن لچھے بالکل معاصر مشین کے ساکن لچھوں کی طرح ہوتے ہیں۔ مزید گھومتے حصہ اور ساکن لچھوں کے قطبین کی تعداد ایک جیسی ہو گی۔ ساکن لچھوں کو متوازن تین دوری برقی رو سے پہچان کرنے سے گھومتے مقناطیسی دباؤ کی ایک موج پیدا ہو گی۔ مساوات 5.49 اس موج کو ظاہر کرتی ہے جبکہ مساوات 5.53 اس کی معاصر رفتار دیتی ہے جس کو یہاں  $f_s$  لکھا گیا ہے۔ یہ دونوں مساوات یہاں یاد دہانی کے لئے دوبارہ پیش کرتے ہیں۔ یہاں ساکن لچھوں میں برقی رو کا تعدد  $\omega_e$  لکھا گیا ہے اور  $\alpha$  صفر لیا گیا ہے۔

$$\begin{aligned} \tau_s^+(\theta, t) &= \frac{3\tau_0}{2} \cos(\theta - \omega_e t) \\ f_s &= \frac{2}{P} f_e \end{aligned} \quad (7.1)$$

## 7.2 مشین کا سرکاو اور گھومتی امواج پر تبصرہ

ہم دو قطب کی مشین پر غور کر رہے ہیں جو  $P$  قطبی مشین کے لئے بھی درست ہے۔ ساکن لچھوں میں تین دوری برقی رو کا تعدد  $f_e$  ہے۔ مساوات 5.53 کہتی ہے کہ دو قطبی مشین میں موج کی معاصر رفتار بھی  $f_e$  چکر فی سیکنڈ ہو گی۔ اب تصور کریں مشین کا گھومتا حصہ،  $f$  میکانی چکر فی سیکنڈ کی رفتار سے موج کے رخ گھوم رہا ہے جہاں  $f < f_s$  ہے۔ یوں ہر سیکنڈ گھومتا حصہ مقناطیسی بہاؤ کی موج سے  $f_s - f$  پیچھے سرک جائے گا۔ اس سرکنے کو موج کی معاصر رفتار کی نسبت سے درج ذیل لکھا جاتا ہے۔

$$s = \frac{f_s - f}{f_s} = \frac{f_e - f}{f_e} \quad (7.2)$$

یہاں  $s$  مشین کے سرکاو<sup>4</sup> کی ناپ ہے۔ اس مساوات سے درج ذیل حاصل ہو گا۔

$$(7.3) \quad \begin{aligned} f &= f_s(1-s) = f_e(1-s) \\ \omega &= \omega_s(1-s) = \omega_e(1-s) \quad (2\pi \text{ سے ضرب دیا گیا ہے}) \end{aligned}$$

یہاں غور کیجیے گا۔ مقناطیسی بہاو کی موج  $f_e$  تعدد سے گھوم رہی ہے جبکہ گھومتا لچھا  $f$  تعدد سے گھوم رہا ہے۔ گھومتے لچھا کے حوالہ سے مقناطیسی بہاو کی موج  $(f_e - f)$  رفتار سے گھوم رہی ہے، یعنی، گھومتے لچھے کو ساکن تصور کرنے سے گھومتے مقناطیسی بہاو کی موج  $(f_e - f)$  اضافی رفتار سے گھومتی نظر آئے گی۔ یوں گھومتے لچھا میں امالی برقی دباؤ کا تعدد بھی  $(f_e - f)$  ہو گا۔ مساوات 7.3 کی مدد سے اس امالی برقی دباؤ کا (اضافی) تعدد  $f_z$  درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$(7.4) \quad f_z = f_e - f = f_e - f_e(1-s) = sf_e$$

مشین بطور امالی موٹر استعمال کرنے کے لئے گھومتے لچھے کسر دور کیے جائیں گے۔ ان کسر دور لچھوں میں برقی رو کا تعدد  $sf_e$  اور رو کی قیمت لچھوں میں پیدا امالی برقی دباؤ اور لچھوں کی رکاوٹ پر منحصر ہو گی۔ لچھوں کی رکاوٹ برقی رو کے تعدد پر منحصر ہو گی۔

ساکن موٹر جب چالو کی جائے تو اس کا سرکاو  $s$  اکائی ( $s = 1$ ) ہو گا لہذا گھومتے لچھوں میں برقی رو کا تعدد  $f_e$  ہو گا۔ گھومتے لچھوں میں  $f_e$  تعدد کا برقی رو ایک گھومتی مقناطیسی دباؤ کی موج پیدا کرے گا جو معاصر رفتار سے گھومے گی۔ یہ بالکل اسی طرح ہے جیسا ساکن لچھوں میں برقی رو سے گھومتے مقناطیسی دباؤ کی موج وجود میں آتی ہے۔ یوں موٹر چالو کرنے کے لمحہ پر ساکن اور گھومتے لچھوں کے مقناطیسی دباؤ کی امواج ایک جیسی رفتار سے گھومتی ہیں۔ مقناطیسی دباؤ کی یہ امواج دو گھومتے مقناطیسوں کی طرح کوشش کرتی ہیں کہ ان کے بیچ زاویہ صفر ہو۔ یوں موٹر قوت<sup>5</sup> مروجہ پیدا کرتی ہے جسے مساوات 5.92 میں پیش کیا گیا ہے۔ اگر موٹر کے دھڑے پر لدے بوجھ کو مشین کی پیدا کردہ قوت مروجہ گھما سکے تو مشین گھومے گی۔ اس کی رفتار تیز ہو کر ایک برقرار حد تک پہنچ جائے گی۔ امالی موٹر کی رفتار کبھی بھی معاصر رفتار تک نہیں پہنچ سکتی چونکہ اس رفتار پر اس کے گھومتے لچھوں کی نسبت سے ساکن لچھوں کی گھومتی مقناطیسی دباؤ کی موج ساکن ہو گی اور گھومتے لچھوں میں کوئی امالی برقی دباؤ پیدا نہیں ہو گا۔

جب موٹر چل پڑتی ہے تو اس کے گھومتے لچھوں کے برقی رو کا تعدد  $sf_e$  ہو گا۔ ان برقی رو سے پیدا مقناطیسی دباؤ کی موج گھومتے لچھے کے حوالہ سے  $sf_e$  رفتار سے گھومے گی۔ اب گھومتا لچھا از خود رفتار  $f$  سے گھوم رہا ہو گا لہذا

یہ موج درحقیقت خلاء میں  $(f + sf_e)$  رفتار سے گھومے گی۔ مساوات 7.4 سے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے جو ایک اہم نتیجہ ہے۔

$$(7.5) \quad f + sf_e = f + f_e - f = f_e$$

یہ مساوات کہتی ہے کہ موٹر جس رفتار سے بھی گھوم رہی ہو، گھومتے لچھوں سے پیدا مقناطیسی دباؤ کی موج ساکن لچھوں سے پیدا مقناطیسی دباؤ کی موج کی رفتار سے ہی گھومے گی۔

مثال 7.1: ایک چار قطب، ستارہ، 50 ہرٹز، 415 وولٹ پر چلنے والی امالی موٹر 15 کلو واٹ کی (پوری) بناوٹی بوجھ پر پانچ فی صد سرکاو پر چلتی ہے۔

- اس موٹر کی معاصر رفتار کتنی گی؟
- پورے بوجھ پر اس کی رفتار کتنی ہو گی؟
- پورے بوجھ پر گھومتے لچھے میں برقی تعدد کتنا ہو گا؟
- پورے بوجھ سے لدے موٹر کی دھرے پر قوت مروڑ کتنی ہو گی؟

حل:

• مساوات 7.1 کی مدد سے معاصر رفتار  $f_m = \frac{2}{4} \times 50 = 25$  چکر فی سیکنڈ یا  $25 \times 60 = 1500$  چکر فی منٹ ہو گی۔

• پورے بوجھ سے لدی موٹر پانچ فی صد سرکاو پر چلتی ہے لہذا اس کی رفتار معاصر رفتار سے کم ہو گی۔ موٹر کی رفتار مساوات 7.3 کی مدد سے  $f = 25(1 - 0.05) = 23.75$  چکر فی سیکنڈ یا 1425 چکر فی منٹ حاصل ہوتی ہے۔

• گھومتے لچھے کا برقی تعدد  $f_r = 0.05 \times 50 = 2.5$  ہرٹز ہو گا۔

• اس کے دھرے پر قوت مروڑ  $T_m = \frac{p}{\omega_m} = \frac{15000}{2 \times \pi \times 23.75} = 100.5 \text{ N m}$  ہو گی۔

□

## 7.3 ساکن لچھوں میں امالی برقی دباؤ

مساوات 7.1 کا پہلا جزو ساکن لچھوں کی پیدا کردہ مقناطیسی دباؤ کی موج کو ظاہر کرتا ہے۔ یہ مقناطیسی دباؤ مشین کی خلائی درز میں مقناطیسی شدت  $H^+(\theta)$  پیدا کرے گی جس سے درز میں کثافت مقناطیس بہاؤ  $B^+(\theta)$  پیدا ہو گا۔ خلائی درز کی رداسی رخ لمبائی  $l_g$  لیتے ہوئے درج ذیل ہو گا

$$\begin{aligned} B^+(\theta) &= \mu_0 H^+(\theta) = \mu_0 \frac{\tau^+(\theta)}{l_g} \\ (7.6) \quad &= \frac{3\mu_0\tau_0}{2l_g} \cos(\theta - \omega_e t) \\ &= B_0 \cos(\theta - \omega_e t) \end{aligned}$$

جو بالکل مساوات 5.4 کی طرح ہے۔ درج بالا میں  $B_0 = \frac{3\mu_0\tau_0}{2l_g}$  لیا گیا ہے۔ یوں مساوات 5.74 مقناطیسی موج  $B^+(\theta)$  کی ساکن لچھوں میں پیدا کردہ امالی برقی دباؤ کو ظاہر کرے گی۔ اس مساوات کو یہاں دوبارہ پیش کیا جاتا ہے

$$\begin{aligned} e_{as}(t) &= \omega_e N_s \phi_0 \cos(\omega_t + 90^\circ) = E_s \cos(\omega_t + 90^\circ) \\ (7.7) \quad e_{bs}(t) &= \omega_e N_s \phi_0 \cos(\omega_t - 30^\circ) = E_s \cos(\omega_t - 30^\circ) \\ e_{cs}(t) &= \omega_e N_s \phi_0 \cos(\omega_t + 210^\circ) = E_s \cos(\omega_t + 210^\circ) \end{aligned}$$

جہاں  $N_s$  ساکن لچھے کے چکر اور  $E_s$  درج ذیل ہے۔

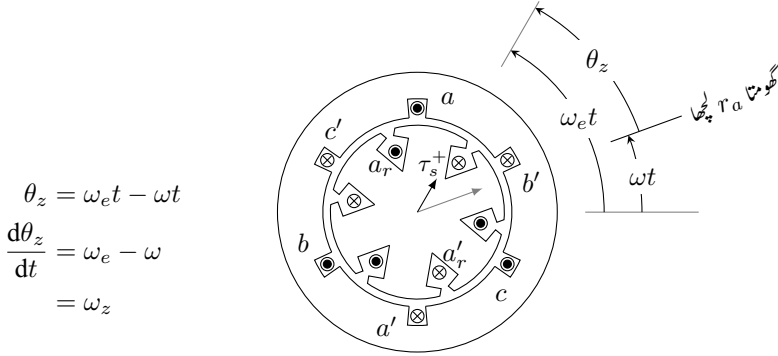
$$(7.8) \quad E_s = \omega_e N_s \phi_0$$

یہاں  $e_{as}(t)$  لکھتے ہوئے زیر نوشت میں  $a$ ، دور  $a$  کو ظاہر کرتا ہے اور  $s$ ، ساکن<sup>6</sup> کو ظاہر کرتا ہے یعنی یہ ساکن  $a$  لچھے کا امالی برقی دباؤ ہے۔ امالی موٹر کے دور  $a$  کی بات آگے بڑھاتے ہیں۔ گھومتی مقناطیسی دباؤ کی موج اس لچھے میں امالی برقی دباؤ  $e_{as}(t)$  پیدا کرتی ہے۔

## 7.4 ساکن لچھوں کی موج کا گھومتے لچھوں کے ساتھ اضافی رفتار اور ان میں پیدا امالی برقی دباؤ

ساکن لچھوں کی پیدا کردہ، گھومتے مقناطیسی دباؤ کی موج (مساوات 7.1) کی چوٹی<sup>7</sup> اس مقام پر ہو گی جہاں  $(\theta - \omega_e t)$  صفر کے برابر ہو۔ یوں لمحہ صفر پر اس کی چوٹی صفر زاویہ  $(\theta = 0)$  پر ہو گی اور لمحہ  $t$  پر اس موج کی چوٹی زاویہ

<sup>6</sup> لفظ ساکن میں حرف س کے آواز کو  $s$  سے ظاہر کیا گیا ہے۔  
<sup>7</sup> peak



شکل 7.1: امالی موٹر اور اس کے گھومتے مقناطیسی دباؤ کی موجیں۔

$\omega_e t$  پر ہوگی۔ ساکن لچھوں کی مقناطیسی دباؤ کی موج کا زاویہ کسی بھی نقطہ کے حوالے سے ناپا جاسکتا ہے۔ اس کتاب میں ساکن لچھا  $a$  کو صفر زاویہ تصور کیا گیا ہے۔ یوں شکل 7.1 میں نقطہ دار افقی لکیر سے زاویہ ناپا جائے گا۔ اس شکل میں ایک امالی موٹر دکھائی گئی ہے جس کے ساکن لچھے تین دوری ہیں۔

مشین  $f$  زاویائی رفتار سے گھوم رہی ہے۔ تصور کریں کہ لمحہ صفر یعنی  $t = 0$  پر گھومتے حصہ کا  $a_r$  لچھا صفر زاویہ پر ہے، یعنی یہ نقطہ دار افقی لکیر پر ہے۔ مزید تصور کریں کہ اس لمحہ ساکن لچھوں کی گھومتی مقناطیسی دباؤ کی موج بھی اسی افقی لکیر پر ہے۔ اب کچھ دیر بعد لمحہ  $t$  پر یہ موج زاویہ  $\omega_e t$  پر ہوگی۔ اتنی دیر میں گھومتا حصہ گھوم کر زاویہ  $\omega t$  تک پہنچے گا جہاں  $\omega = 2\pi f$  مشین کی زاویائی میکانی رفتار ہے۔ یہ سب شکل 7.1 میں دکھایا گیا ہے۔ لہذا لمحہ  $t$  پر موج اور گھومتے لچھے کے بیچ زاویہ  $\theta_z$  درج ذیل ہوگا۔

$$(7.9) \quad \theta_z = \omega_e t - \omega t$$

اگرچہ مقناطیسی موج نے  $\omega_e t$  زاویہ طے کیا لیکن گھومتے لچھے کے حوالے سے اس نے صرف زاویہ  $(\omega_e t - \omega t)$  طے کیا۔ گھومتے لچھے کے حوالے سے موج کی اضافی<sup>8</sup> زاویائی رفتار<sup>9</sup>  $\omega_z$  درج ذیل ہوگی

$$(7.10) \quad \omega_z = \frac{d\theta_z}{dt} = \omega_e - \omega$$

جس کو مساوات 7.4 کی مدد سے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$(7.11) \quad \omega_z = 2\pi(f_e - f) = 2\pi s f_e = s\omega_e$$

<sup>8</sup>  $\omega_z$  لکھتے ہوئے زیر نوشت میں  $z$ ، لفظ اضافی کے حرف ض کی آواز کو ظاہر کرتا ہے۔  
relative angular speed<sup>9</sup>

یہ مساوات کہتی ہے کہ گھومتے لچھوں کے حوالے سے مقناطیسی موج کی رفتار سر کا  $s$  پر منحصر ہوگی۔ البتہ اس موج کا حیثہ تبدیل نہیں ہوا۔ یوں گھومتے لچھوں کے حوالہ سے مساوات 7.6 درج ذیل صورت اختیار کرتی ہے۔

$$(7.12) \quad B_{s,rz}^+(\theta, t) = B_0 \cos(\theta - \omega_z t) = B_0 \cos(\theta - s\omega_e t)$$

$B_{s,rz}^+$  میں  $+$  کا نشان خلاف گھڑی موج کو ظاہر کرتا ہے جبکہ زیر نوشت میں  $s, rz$  <sup>10</sup> اس بات کی یاد دہانی کرتا ہے کہ یہ موج ساکن لچھوں کی وجہ سے وجود میں آئی اور اسے گھومتے یعنی رواں لچھوں کے حوالے سے دیکھا جا رہا ہے۔ مزید، اس مساوات کا تعدد اضافی تعدد  $s\omega_e$  کے برابر ہے۔

یوں گھومتے لچھوں میں امالی برقی دباؤ مساوات 7.7 کی طرح ہوں گے لیکن ان میں تعدد  $\omega_z = s\omega_e t$  ہوگا: <sup>11</sup>

$$(7.13) \quad \begin{aligned} e_{arz}(t) &= s\omega_e N_r \phi_0 \cos(s\omega_e t + 90^\circ) = sE_r \cos(s\omega_e t + 90^\circ) \\ e_{brz}(t) &= s\omega_e N_r \phi_0 \cos(s\omega_e t - 30^\circ) = sE_r \cos(s\omega_e t - 30^\circ) \\ e_{crz}(t) &= s\omega_e N_r \phi_0 \cos(s\omega_e t + 210^\circ) = sE_r \cos(s\omega_e t + 210^\circ) \end{aligned}$$

ان مساوات میں  $N_r$  گھومتے لچھے کے چکر ہیں اور  $E_r$  درج ذیل ہے۔

$$(7.14) \quad E_r = \omega_e N_r \phi_0$$

اب تصور کریں گھومتے لچھوں کو کسر دور کر دیا جاتا ہے۔ امالی برقی دباؤ گھومتے لچھوں میں برقی رو  $i_{arz}$  <sup>12</sup>، وغیرہ، پیدا کرے گا جس کا تعدد  $s\omega_e$  ہوگا۔ ساکن لچھے کی طرح، گھومتے لچھے کی مزاحمت  $R_r$  <sup>13</sup> اور امالہ  $L_r$  یعنی متعاملیت  $j s \omega_e L_r$  ہوگی:

$$(7.15) \quad j s \omega_e L_r = j s X_r$$

یہاں  $j \omega_e L_r$  کو  $j X_r$  لکھا گیا ہے جو گھومتے لچھا کو ساکن ( $s = 1$ ) رکھتے ہوئے گھومتے لچھے کی متعاملیت ہے۔ گھومتے لچھے کا برقی رو  $i_{arz}$  شکل 7.2 سے حاصل کیا جاسکتا ہے جہاں گھومتے لچھے کا امالی برقی دباؤ  $e_{arz}(t)$  مساوات 7.13 میں پیش کیا گیا ہے۔

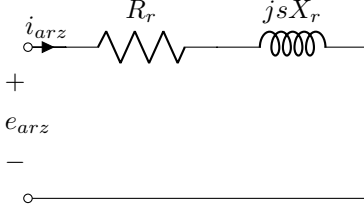
<sup>10</sup> لفظ ساکن کے س کو ظاہر کرتا ہے،  $r$  لفظ رواں کے ر کو ظاہر کرتا ہے اور  $z$  لفظ اضافی کے ض کو ظاہر کرتا ہے۔

<sup>11</sup>  $e_{arz}$  میں دور  $a$  ہے۔ گھومتے لچھے کو  $r$  اور اضافی کو  $z$  ظاہر کرتا ہے۔

<sup>12</sup> یہاں  $r$  گھومتے لچھے کو ظاہر کرتا ہے اور  $z$  اس بات کی یاد دہانی کرتا ہے کہ اس برقی رو کا تعدد، اضافی تعدد ہے۔

<sup>13</sup> ٹرانسفارمر کی اصطلاح میں ثانوی لچھے کو زیر نوشت میں 2 سے ظاہر کرتے ہیں۔ یہاں اسے  $r$  سے ظاہر کیا جاتا ہے۔





$$Z_r = R_r + j s X_r$$

$$\phi_z = \tan^{-1} \frac{s X_r}{R_r}$$

$$\hat{I}_{arz} = \frac{\hat{E}_{arz}}{Z_r}$$

$$\begin{aligned} i_{arz}(t) &= \frac{s E_r}{|Z|} \cos(s \omega_e t + 90^\circ - \phi_z) \\ &= I_{0r} \cos(s \omega_e t + 90^\circ - \phi_z) \end{aligned}$$

شکل 7.2: گھومتے لچھا کا مساوی دور اور اس میں اضافی تعدد کا رو۔

شکل 7.2 بالکل شکل 1.15 کی طرح ہے لہذا مساوات 1.50 سے برقی رو حاصل کیے جاسکتے ہیں:

(7.16)

$$i_{arz}(t) = \frac{s E_r}{\sqrt{R_r^2 + s^2 X_r^2}} \cos(s \omega_e t + 90^\circ - \phi_z) = I_{0r} \cos(s \omega_e t + \theta_0)$$

$$i_{brz}(t) = \frac{s E_r}{\sqrt{R_r^2 + s^2 X_r^2}} \cos(s \omega_e t - 30^\circ - \phi_z) = I_{0r} \cos(s \omega_e t - 120^\circ + \theta_0)$$

$$i_{crz}(t) = \frac{s E_r}{\sqrt{R_r^2 + s^2 X_r^2}} \cos(s \omega_e t + 210^\circ - \phi_z) = I_{0r} \cos(s \omega_e t + 120^\circ + \theta_0)$$

یہ تین دوری برقی رو ہیں جو آپس میں  $120^\circ$  زاویہ رکھتے ہیں۔ یہاں  $\phi_z$  رکاوٹ کا زاویہ<sup>14</sup> ہے۔ امید کی جاتی ہے کہ اسے آپ مقناطیسی بہاؤ نہیں سمجھیں گے۔ درج بالا مساوات میں درج ذیل ہوں گے۔

$$\theta_0 = 90 - \phi_z$$

(7.17)

$$I_{0r} = \frac{s E_r}{\sqrt{R_r^2 + s^2 X_r^2}}$$

شکل 7.2 سے واضح ہے کہ ایک گھومتے لچھے کی مزاحمت میں

(7.18)

$$p_r = \left( \frac{I_{0r}}{2} \right)^2 R_r$$

برقی طاقت کا ضیاع ہو گا جہاں برقی رو کی موثر قیمت استعمال کی گئی ہے۔ یہ طاقت حرارت میں تبدیل ہو کر لچھے کو گرم کرے گی۔

<sup>14</sup> تکنیکی دنیا میں رکاوٹ کے زاویہ کے لئے  $\phi_z$  استعمال ہوتا ہے۔ یہاں یہی کیا گیا ہے۔

## 7.5 گھومتے لچھوں کی گھومتے مقناطیسی دباؤ کی موج

ہم جانتے ہیں کہ ساکن تین دوری لچھوں میں  $f_e$  تعدد کے برقی رو گھومتے مقناطیسی دباؤ کی موج پیدا کرتے ہیں جو ساکن لچھے کے حوالے سے  $f_e$  معاصر زاویائی رفتار سے گھومتی ہے۔ اسی طرح گھومتے تین دوری لچھوں میں  $sf_e$  تعدد کے برقی رو ایک گھومتے مقناطیسی دباؤ کی موج  $\tau_{rz}^+$  پیدا کرتے ہیں جو گھومتے لچھے کے حوالے سے  $sf_e$  زاویائی رفتار سے گھومتی ہے۔

$$(7.19) \quad \tau_{rz}^+(\theta, t) = k_w \frac{4}{\pi} \frac{N_r I_{0r}}{2} \cos(\theta - s\omega_e t - \theta_0)$$

یہاں  $I_{0r}$  اور  $\theta_0$  مساوات 7.17 میں دیے گئے ہیں۔ گھومتا لچھا از خود  $f$  زاویائی رفتار سے گھوم رہا ہو گا لہذا اس کی پیدا کردہ موج خلائی درز میں  $(f + sf_e)$  زاویائی رفتار سے گھومے گی۔ اس رفتار کو مساوات 7.3 کی مدد سے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

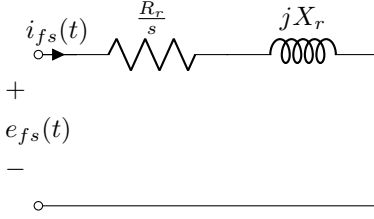
$$(7.20) \quad f + sf_e = f_e(1 - s) + sf_e = f_e$$

یوں گھومتے لچھوں کے مقناطیسی دباؤ کی موج کو ساکن لچھوں کے حوالے سے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$(7.21) \quad \tau_{r,s}^+(\theta, t) = k_w \frac{4}{\pi} \frac{N_r I_{0r}}{2} \cos(\theta - \omega_e t - \theta_0)$$

$\tau_{r,s}^+$  میں + کا نشان گھڑی کے مخالف رخ گھومتی موج کو ظاہر کرتا ہے جبکہ زیر نوشت میں  $r, s$  اس بات کی وضاحت کرتا ہے کہ یہ موج گھومتے لچھوں کی وجہ سے وجود میں آیا ہے مگر اسے ساکن لچھوں کے حوالے سے دیکھا جا رہا ہے۔

یہاں ذرا رک کر غور کرتے ہیں۔ مساوات 7.21 کے مطابق گھومتا لچھا خود جس رفتار سے بھی گھوم رہا ہو، اس کی پیدا کردہ موج ساکن لچھے کی پیدا کردہ موج کی رفتار سے ہی گھومے گی۔ یوں مشین میں دو امواج ایک ہی معاصر رفتار سے گھوم رہی ہوں گی۔ مساوات 5.91 کہتی ہے کہ دو مقناطیسی دباؤ کی موجیں قوت مروڑ پیدا کرتی ہیں جو امواج کی چوٹیوں اور ان کے بیچ زاویہ پر منحصر ہو گی۔ امالی مشین میں موجود دو مقناطیسی امواج قوت مروڑ پیدا کرتی ہیں جس کی قیمت ان امواج کی چوٹیوں اور ان کے بیچ زاویہ پر منحصر ہو گی۔ امالی موٹر، لدے بوجھ کے مطابق امواج کے بیچ زاویہ رکھ کر درکار قوت مروڑ پیدا کرتی ہے۔



$$Z_{fs} = \frac{R_r}{s} + jX_r$$

$$\phi_{fZ} = \tan^{-1} \left( \frac{X_r}{\frac{R_r}{s}} \right)$$

$$= \tan^{-1} \frac{sX_r}{R_r}$$

شکل 7.3: گھومتے لچھوں کی جگہ فرضی ساکن لچھے کا دور۔

## 7.6 گھومتے لچھوں کے مساوی فرضی ساکن لچھے

اب دوبارہ اصل موضوع پر آتے ہیں۔ اگر گھومتے لچھوں کی جگہ  $N_r$  چکر کے تین دوری فرضی ساکن لچھے ہوں تب مساوات 7.7 کی طرح ان میں امالی برقی دباؤ پیدا ہوں گے:<sup>15</sup>

$$(7.22) \quad \begin{aligned} e_{afs}(t) &= \omega_e N_r \phi_0 \cos(\omega_e t - 90^\circ) = E_r \cos(\omega_e t - 90^\circ) \\ e_{bfs}(t) &= \omega_e N_r \phi_0 \cos(\omega_e t - 30^\circ) = E_r \cos(\omega_e t - 30^\circ) \\ e_{cfs}(t) &= \omega_e N_r \phi_0 \cos(\omega_e t + 210^\circ) = E_r \cos(\omega_e t + 210^\circ) \end{aligned}$$

مزید فرض کریں ان فرضی ساکن لچھوں کی مزاحمت  $\frac{R_r}{s}$  اور متعاملیت  $jX_r$  ہیں:

$$(7.23) \quad Z_{fs} = \frac{R_r}{s} + jX_r$$

اگر ان فرضی ساکن لچھوں پر مساوات 7.22 کے برقی دباؤ لاگو کیے جائیں جیسا شکل 7.3 میں دکھایا گیا ہے تب ان

<sup>15</sup> ان مساوات میں زیر نوشت میں  $f$  لفظ فرضی کے ف کو ظاہر کرتا ہے۔

میں درج ذیل برقی رو ہوں گے۔

(7.24)

$$\begin{aligned} i_{afs}(t) &= \frac{E_r}{\sqrt{\left(\frac{R_r}{s}\right)^2 + X_r^2}} \cos(\omega_e t + 90^\circ - \phi_Z) = I_{or} \cos(\omega_e t + \theta_0) \\ i_{bfs}(t) &= \frac{E_r}{\sqrt{\left(\frac{R_r}{s}\right)^2 + X_r^2}} \cos(\omega_e t - 0^\circ - \phi_Z) = I_{or} \cos(\omega_e t - 120^\circ + \theta_0) \\ i_{cfs}(t) &= \frac{E_r}{\sqrt{\left(\frac{R_r}{s}\right)^2 + X_r^2}} \cos(\omega_e t + 210^\circ - \phi_Z) = I_{or} \cos(\omega_e t + 120^\circ + \theta_0) \end{aligned}$$

یہاں مساوات 7.17 استعمال کی گئی ہے۔ دھیان رہے کہ ان مساوات میں رکاوٹ کا زاویہ  $\phi_{fZ}$  وہی ہے جو گھومتے لچھے کا تھا:

$$(7.25) \quad \phi_{fZ} = \tan^{-1} \frac{X}{\left(\frac{R}{s}\right)} = \tan^{-1} \frac{sX}{R} = \phi_Z$$

ان رو کا تعدد  $\omega_e$  اور پیدا کردہ گھومتا مقناطیسی موج درج ذیل ہو گا جو ہو بہو گھومتے لچھے کی موج  $\tau_{r,s}^+(\theta, t)$  ہے۔

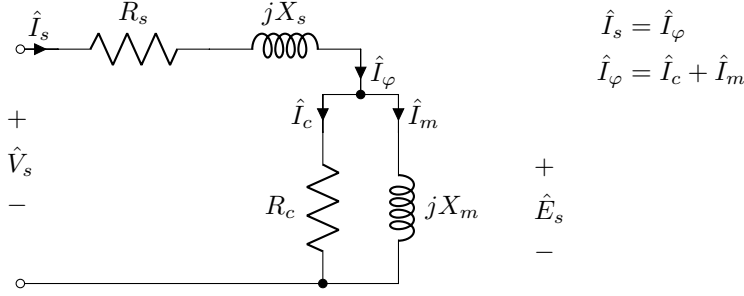
$$(7.26) \quad \tau_{f,s}^+(\theta, t) = k_w \frac{4}{\pi} \frac{N_r I_{or}}{2} \cos(\theta - \omega_e t - \theta_0)$$

## 7.7 امالی موٹر کا مساوی برقی دور

ہم ٹرانسفارمر کے ابتدائی لچھے کا برقی دور پہلے بنا چکے ہیں جہاں لچھے کی مزاحمت  $R_1$  اور رستا متعاملیت  $jX_1$  تھی۔ ٹرانسفارمر کے قالب میں وقت کے ساتھ بدلتا مقناطیسی بہاؤ اس لچھے میں امالی برقی دباؤ  $\hat{E}_1$  پیدا کرتا ہے۔ یوں

$$(7.27) \quad \hat{V}_1 = \hat{I}_1 (R_1 + jX_1) + \hat{E}_1$$

لکھا جا سکتا ہے جہاں  $\hat{V}_1$  ابتدائی لچھے پر لاگو بیرونی برقی دباؤ ہے۔ ہم دیکھیں گے کہ امالی موٹر کے ساکن لچھے کے لئے بھی یہی مساوات حاصل ہو گی۔



شکل 7.4: امالی موٹر کے ساکن لچھوں کا مساوی برقی دور۔

تصور کریں کہ مشین کے گھومتے لچھے کھلا دور ہیں اور ساکن لچھوں پر تین دوری برقی دباؤ لاگو ہے۔ ساکن لچھوں کے برقی رو گھومتے مقناطیسی دباؤ کی ایک موج  $\tau_s^+(\theta, t)$  پیدا کریں گے جو مساوات 7.1 میں دی گئی ہے۔

اس حصہ میں ہم مشین کے ایک دور، مثلاً دور  $a$ ، پر نظر رکھیں گے۔ یہاں شکل 7.4 سے رجوع کریں۔ اگر ساکن لچھے کی مزاحمت  $R_s$  اور متعاملیت  $jX_s$  ہو اور اس پر لاگو بیرونی برقی دباؤ  $v_s(t)$  ہو تب کرنوفے<sup>17</sup> کے برقی دباؤ کے قانون کے تحت درج ذیل ہو گا

$$(7.28) \quad v_s(t) = i_s R_s + L_s \frac{di_s}{dt} + e_s(t)$$

جہاں  $e_s(t)$ ، مساوات 7.7 میں دی گئی، اس موج کی ساکن لچھے میں پیدا امالی برقی دباؤ ہے۔ اسی کو دوری سمتیہ کی صورت میں لکھتے ہیں۔

$$(7.29) \quad \hat{V}_s = \hat{I}_s (R_s + jX_s) + \hat{E}_s$$

ٹرانسفارمر کی مثال آگے بڑھاتے ہیں۔ اگر موٹر کا گھومتا لچھا کھلا دور<sup>18</sup> رکھا جائے تب قالب میں ایک ہی گھومتے مقناطیسی دباؤ کی موج  $\tau_s^+(\theta, t)$  ہو گی۔ صرف ساکن لچھے میں برقی رو  $(\hat{I}_\varphi)$  ہو گا جو قالب میں مقناطیسی بہاؤ  $\varphi_s$  پیدا کرے گا۔ یہ برقی رو  $\hat{I}_\varphi$  غیر سائن نما ہو گا۔ فوریر تسلسل<sup>19</sup> کی مدد سے اس کے بنیادی اور ہارمونی اجزاء دریافت کئے جاسکتے ہیں۔ اس کے بنیادی جزو کے دو حصے ہوں گے۔ ایک حصہ  $\hat{I}_c$ ، لاگو بیرونی برقی دباؤ  $\hat{V}_s$  کے ہم قدم اور قالب میں طاقت کے ضیاع کو ظاہر کرے گا جبکہ دوسرا حصہ  $\hat{V}_s$  سے نوے درجہ تاخیری زاویہ پر ہو گا۔  $\hat{I}_\varphi$  میں سے

<sup>17</sup>Kirchoff's voltage law  
<sup>18</sup>open circuited  
<sup>19</sup>Fourier series

$\hat{I}_c$  منفی کر کے مقناطیسی جڑو حاصل ہو گا جس کو  $\hat{I}_m$  سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ بنیادی جزو کے لحاظ سے مقناطیسی جزو تاخیری اور باقی سارے ہارمونی اجزاء کا مجموعہ ہو گا۔ یہ قالب میں مقناطیسی بہاؤ  $\varphi_s$  پیدا کرتا ہے۔

$$(7.30) \quad \hat{I}_\varphi = \hat{I}_c + \hat{I}_m$$

امالی موٹر کے مساوی دور میں  $\hat{I}_c$  کو مزاحمت  $R_c$  سے اور  $\hat{I}_m$  کو  $X_\varphi$  سے یوں ظاہر کیا جاتا ہے کہ چلتی موٹر میں، متوقع برقی تعدد اور امالی برقی دباؤ  $\hat{E}_s$  پر،  $R_c$  میں  $I_c$  اور  $X_m$  میں  $I_m$  برقی رو حاصل ہو:

$$(7.31) \quad R_c = \frac{\hat{E}_s}{\hat{I}_c} = \frac{E_s}{I_c}$$

$$X_\varphi = \frac{\left| \hat{E}_s \right|}{\left| \hat{I}_m \right|} = \frac{E_s}{I_m}$$

مقناطیسی دباؤ کی موج  $\tau_s^+(\theta, t)$  گھومتے لچھے میں بھی امالی برقی دباؤ پیدا کرے گی۔ مساوات 7.29 میں اگر رکاوٹ میں برقی دباؤ کے گٹھنے کو نظر انداز کیا جائے تب لاگو بیرونی برقی دباؤ اور لچھے کا اندرونی امالی برقی دباؤ ہر حالت میں ایک دوسرے کے برابر ہوں گے۔ اب تصور کریں کہ گھومتے لچھے کسر دور کر دیے جاتے ہیں۔ ایسا کرتے ہی ان میں برقی رو گزرنے لگے گئیں جو مقناطیسی دباؤ کی موج  $\tau_{r,s}^+(\theta, t)$  جو مساوات 7.21 میں دی گئی ہے، پیدا کریں گے۔ اس موج سے ساکن لچھے میں امالی برقی دباؤ  $\hat{E}_s$  تبدیل ہو گا لہذا امالی برقی دباؤ اور لاگو برقی دباؤ ایک دوسرے کے برابر نہیں رہیں گے۔ یہ ایک نامکنہ صورت حال ہے۔

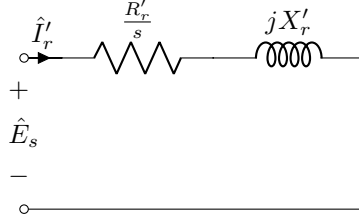
ساکن لچھے میں امالی برقی دباؤ، لاگو برقی دباؤ کے برابر تب رہے گا جب قالب میں مقناطیسی دباؤ تبدیل نہ ہو۔ مشین کے قالب میں مقناطیسی دباؤ برقرار یوں رہتا ہے کہ ساکن لچھے، مقناطیسی دباؤ  $\tau_{r,s}^+(\theta, t)$  کی متضاد، مقناطیسی دباؤ کی ایک موج پیدا کرتے ہیں جو  $\tau_{r,s}^+(\theta, t)$  کے اثر کو مکمل طور پر ختم کر دیتی ہے۔ یہ موج پیدا کرنے کے لئے ساکن لچھوں میں برقی رو  $\hat{I}_\varphi$  سے بڑھ کر  $(\hat{I}_\varphi + \hat{I}_r)$  ہو جاتی ہے جہاں اضافی برقی رو درج ذیل ہو گا۔

$$(7.32) \quad \begin{aligned} i'_{ar}(t) &= I'_{or} \cos(\omega_e t + \theta_0) \\ i'_{br}(t) &= I'_{or} \cos(\omega_e t - 120^\circ + \theta_0) \\ i'_{cr}(t) &= I'_{or} \cos(\omega_e t + 120^\circ + \theta_0) \end{aligned}$$

یہ اضافی برقی رو درج ذیل موج پیدا کرتے ہیں۔

$$(7.33) \quad \tau_{(r)}^+(\theta, t) = k_w \frac{4}{\pi} \frac{N_s I'_{or}}{2} \cos(\theta - \omega_e t - \theta_0)$$





$$R'_r = \left(\frac{N_s}{N_r}\right)^2 R_r$$

$$X'_r = \left(\frac{N_s}{N_r}\right)^2 X_r$$

$$i'_a(t) = \frac{sE_s}{\sqrt{R_r'^2 + s^2 X_r'^2}} \cos(s\omega_e t - \theta_0 - \phi_z)$$

شکل 7.6: گھومتے لچھے کا ایک مساوی دور۔

پرساکن لچھوں کا امالی برقی دباؤ  $\hat{E}_s$  لاگو ہے لہذا برقی رورج ذیل ہوں گے۔

$$(7.37) \quad \begin{aligned} i'_a(t) &= \frac{sE_s}{\sqrt{R_r'^2 + s^2 X_r'^2}} \cos(\omega_e t + 90^\circ - \phi_z) \\ i'_b(t) &= \frac{sE_s}{\sqrt{R_r'^2 + s^2 X_r'^2}} \cos(\omega_e t - 30^\circ - \phi_z) \\ i'_c(t) &= \frac{sE_s}{\sqrt{R_r'^2 + s^2 X_r'^2}} \cos(\omega_e t + 210^\circ - \phi_z) \end{aligned}$$

ان سب کے حیطے ایک دوسرے کے برابر ہیں۔ اس حیطہ کو

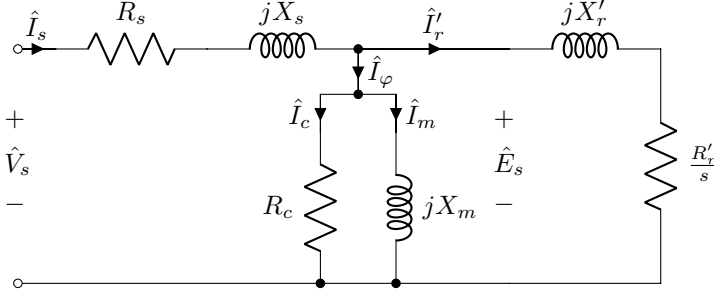
$$(7.38) \quad \frac{sE_s}{\sqrt{R_r'^2 + s^2 X_r'^2}} = \frac{s\omega_e N_s \phi_0}{\sqrt{\left(\frac{N_s}{N_r}\right)^2 (R_r^2 + s^2 X_r^2)}} = \left(\frac{N_r}{N_s}\right) I_{0r} = I'_{0r}$$

لکھ کر مساوات 7.37 کو درج ذیل صورت میں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(7.39) \quad \begin{aligned} i'_a(t) &= I'_{0r} \cos(\omega_e t + 90^\circ - \phi_z) \\ i'_b(t) &= I'_{0r} \cos(\omega_e t - 30^\circ - \phi_z) \\ i'_c(t) &= I'_{0r} \cos(\omega_e t + 210^\circ - \phi_z) \end{aligned}$$

یہ مساوات بالکل مساوات 7.32 کی طرح ہے جہاں  $\theta_0 = 90 - \phi_z$  ہو گا۔ یوں شکل 7.5 میں ساکن لچھوں کے امالی برقی دباؤ  $\hat{E}_s$  کے متوازی شکل 7.6 جوڑنے سے ساکن لچھوں میں اضافی برقی رواتنا ہی ہو گا جتنا اصل موٹر میں گھومتے لچھوں کی بنا ہو گا۔ شکل 7.7 میں ایسا کرتے ہوئے امالی موٹر کا مساوی برقی دور حاصل کیا گیا ہے جو امالی موٹر کی صحیح عکاسی کرتا ہے۔





شکل 7.7: امالی موٹر کا مساوی برقی دور۔

## 7.8 مساوی برقی دور پر غور

ایک گھومتے لچھے میں برقی طاقت کے ضیاع کو مساوات 7.18 ظاہر کرتی ہے۔ مساوات 7.36 اور 7.38 کی مدد سے اسے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$(7.40) \quad p_{\text{ضیاع}} = I_{0r}^2 R_r = \left( \frac{N_s^2}{N_r^2} I_{0r}^2 \right) \left( \frac{N_r^2}{N_s^2} R_r \right) = I_{0r}'^2 R_r'$$

شکل 7.7 کے گھومتے لچھے کو کل

$$(7.41) \quad p_r = I_{0r}'^2 \frac{R_r'}{s}$$

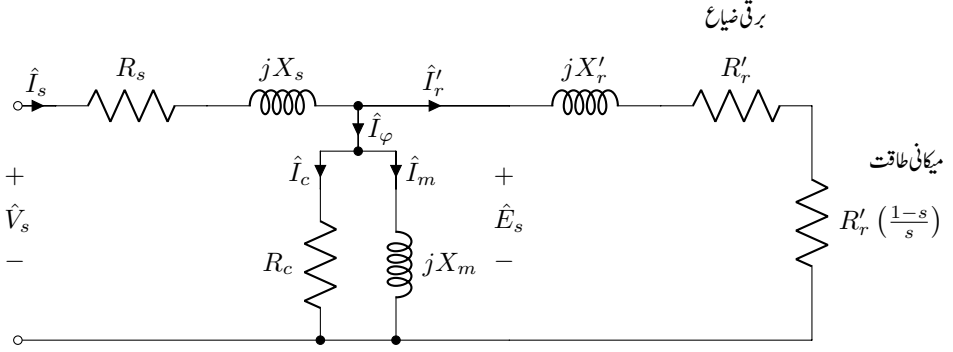
برقی طاقت دی جاتی ہے جس میں سے ضیاع  $p$  گھومتے لچھے کی مزاحمت میں ضائع ہو جاتی ہے اور باقی بطور میکانیکی طاقت مشین کے دھرے پر دستیاب ہوتی ہے:

$$(7.42) \quad p = I_{0r}'^2 \frac{R_r'}{s} - I_{0r}'^2 R_r' = I_{0r}'^2 \frac{R_r'}{s} (1 - s) = p_r (1 - s)$$

تین دوری مشین جس میں تین لچھے ہوتے ہیں تین میکانیکی طاقت فراہم کرے گی:

$$(7.43) \quad p_{\text{میکانی}} = 3 I_{0r}'^2 \frac{R_r'}{s} (1 - s) = 3 p_r (1 - s)$$

مساوات 7.43 کہتی ہے کہ ساکن موٹر، جس کا سرکڈ اکائی ہو گا، کوئی میکانیکی طاقت فراہم نہیں کرتی ہے بلکہ وہ تمام برقی توانائی جو گھومتے حصہ کو ملتی ہے ضائع ہو کر اس حصہ کو گرم کرتی ہے جس سے موٹر جلنے کا امکان ہوتا ہے۔



شکل 7.8: امالی موٹر کا دوسرا مساوی برقی دور۔

آپ اس مساوات سے دیکھ سکتے ہیں کہ امالی موٹر کا سرکاو صفر کے قریب رہنا چاہئے ورنہ یہ ناقابل قبول (اور ناقابل برداشت) حد تک برقی توانائی ضائع کرے گی۔ ہم امالی موٹر کی مساوی برقی دور کو شکل 7.8 کی طرح بھی تفصیل دے سکتے ہیں جس میں شکل 7.7 کی مزاحمت  $\frac{R'_r}{s}$  کو دو حصوں میں تقسیم کیا گیا ہے:

$$\frac{R'_r}{s} = R'_r + R'_r \left( \frac{1-s}{s} \right)$$

یوں شکل 7.7 میں مزاحمت  $R'_r$  میں برقی طاقت کا ضیاع  $I_{0r}^2 R'_r$  گھومتے لچھے کا ضیاع جبکہ مزاحمت  $R'_r \left( \frac{1-s}{s} \right)$  میں برقی طاقت کا ضیاع  $I_{0r}^2 R'_r \left( \frac{1-s}{s} \right)$  دراصل میکانیکی طاقت ہو گا۔ یاد رہے کہ تین دوری مشین کے لئے ان نتائج کو تین سے ضرب دینا ہو گا۔

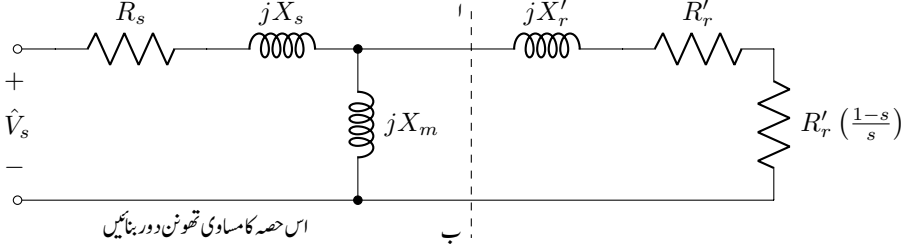
میکانیکی طاقت سے مراد قوت مروڑ ضرب میکانیکی زاویائی رفتار ہے۔ امالی موٹر کی میکانیکی زاویائی رفتار مساوات 7.3 دیتی ہے جبکہ مساوات 5.53 میں میکانیکی معاصر رفتار  $\omega_{sm}$  دیتی ہے۔ یوں میکانیکی طاقت

$$(7.44) \quad p = T_m \omega = T_m \times 2\pi f = T_m \times 2\pi(1-s)f_s = T_m(1-s)\omega_{sm}$$

اور قوت مروڑ درج ذیل ہو گی۔

$$(7.45) \quad T_m = \frac{p}{(1-s)\omega_{sm}} = \frac{3I_{0r}^2 R'_r}{\omega_{sm} s}$$

اصل موٹر میں رگڑ، قلبی ضیاع، لچھوں میں ضیاع اور دیگر وجوہات کی بنا، دھرے پر طاقت یا قوت مروڑ ان سے کم ہو گی۔



شکل 7.9: امالی موٹر کا سادہ دور۔ قابلی ضیاع کو نظر انداز کیا گیا ہے۔

ٹرانسفارمر کے سادہ ترین مساوی دور میں  $R_c$  اور  $X_m$  کو نظر انداز کیا گیا تھا۔ امالی موٹر میں ایسا کرنا ممکن نہیں ہوتا چونکہ موٹروں میں خلائی درز ہوتی ہے جس میں مقناطیسی بہاؤ پیدا کرنے کے لئے بہت زیادہ مقناطیسی دباؤ درکار ہوتی ہے۔ بے بوجھ امالی موٹر کو بناؤی برقی روکاتیں سے پچاس فی صد برقی رو، قالب کو ہجان کرنے کے لئے درکار ہوتا ہے۔ مزید، خلائی درز کی وجہ سے اس کی رستا امالہ بھی زیادہ ہوتا ہے اور اسے نظر انداز کرنا ممکن نہیں ہوتا۔ البتہ مساوی دور میں  $R_c$  کو نظر انداز کیا جاسکتا ہے جیسے شکل 7.9 میں کیا گیا ہے۔ اس شکل میں نقطہ دار لکیر کی بائیں جانب کا مساوی تھونن دور بنایا جاسکتا ہے۔ ایسا کرنے سے امالی موٹر پر غور کرنا آسان ہو جاتا ہے۔ اب ہم ایسا ہی کرتے ہیں۔

مثال 7.2: ستارہ، چھ قطبی، پچاس ہرٹز اور 415 وولٹ پر چلنے والی 15 کلو واٹ امالی موٹر کے مساوی دور کے اجزاء درج ذیل ہیں۔

$$R_s = 0.5 \Omega, \quad R_r' = 0.31 \Omega, \quad X_s = 0.9 \Omega, \quad X_r' = 0.34 \Omega, \quad X_m = 0.22 \Omega$$

موٹر میں رگڑ سے طاقت کا ضیاع 600 واٹ ہے۔ قابلی ضیاع کو اسی کا حصہ تصور کیا گیا ہے۔ اس کو اٹل تصور کیا جائے۔ یہ موٹر درکار وولٹ اور تعداد پر دو فی صد سرکاو پر چل رہی ہے۔ اس حالت میں موٹر کی رفتار، اس کے دھرے پر پیدا قوت مروڑ اور طاقت، اس کے ساکن لچھے کا برقی رو اور اس کی فی صد کارگزاری حاصل کریں۔

حل: موٹر کی معاصر رفتار  $f_m = \frac{2}{6} \times 50 = 16.66$  چکر فی سیکنڈ یا  $16.66 \times 60 = 1000$  چکر فی منٹ ہو گی۔ دو فی صد سرکاو پر موٹر کی رفتار  $f = 16.66 \times (1 - 0.02) = 16.33$  چکر فی سیکنڈ یا  $16.33 \times 60 = 979.8$  چکر فی منٹ ہو گی۔

شکل 7.9 میں دائیں جانب

$$jX_r' + R_r' + R_r' \frac{1-s}{s} = jX_r' + \frac{R_r'}{s} = j0.34 + \frac{0.31}{0.02} = j0.34 + 15.5$$

اور  $jX_m$  متوازی جڑے ہیں جن کی مساوی رکاوٹ درج ذیل ہوگی۔

$$\frac{1}{Z} = \frac{1}{15.5 + j0.34} + \frac{1}{j22}$$

$$Z = 10.147 + j7.375 = R + jX$$

موٹر پر لاگو یک دوری برقی دباؤ  $\frac{415}{\sqrt{3}} = 239.6$  وولٹ ہے۔ یوں ساکن لچھے کا برقی رو درج ذیل ہو گا۔

$$\hat{I}_s = \frac{\hat{V}_s}{R_s + jX_s + Z}$$

$$= \frac{239.6}{0.5 + j0.99 + 10.147 + j7.375}$$

$$= 17.6956 / -38.155^\circ$$

اس موٹر کے گھومتے حصہ کو وہی طاقت منتقل ہوگی جو رکاوٹ  $Z$  کو منتقل ہوگی۔ یوں مساوات 7.41 درج ذیل لکھی جاسکتی ہے۔

$$p = I_{or}^2 \frac{R'_r}{s} = I_s^2 R = 17.6956^2 \times 10.147 = 3177.37 \text{ W}$$

تین دور کے لئے  $3 \times 3177.37 = 9532$  واٹ ہوگی۔ مساوات 7.43 موٹر کی اندرونی میکانی طاقت دیتی ہے:

$$p_{\text{میکانی}} = 9532 \times (1 - 0.02) = 9341 \text{ W}$$

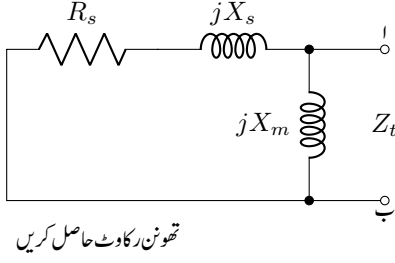
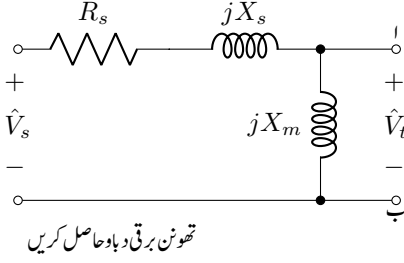
اس سے طاقت کا ضیاع منفی کرنے سے موٹر کے دھرے پر میکانی طاقت  $9341 - 600 = 8741$  واٹ حاصل ہوتی ہے لہذا دھرے پر قوت مروڑ درج ذیل ہوگی۔

$$T = \frac{8741}{2 \times \pi \times 16.33} = 85.1 \text{ N m}$$

موٹر کو کل مہیا برقی طاقت  $\sqrt{3} \times 415 \times 17.6956 \times \cos(-38.155) = 10001.97$  واٹ ہوگی۔

□

یوں اس موٹر کی کارگزاری  $\frac{8741}{10001.97} \times 100 = 87.39\%$  ہوگی۔



شکل 7.10: تھونن رکاوٹ اور تھونن برقی دباو حاصل کرنے کے ادوار۔

## 7.9 امالی موٹر کا مساوی تھونن دور یا ریاضی نمونہ

مسئلہ تھونن<sup>21</sup> کے مطابق کسی بھی سادہ خطی برقی دور<sup>22</sup> کو اس کے دو برقی سروں کے مابین ایک رکاوٹ اور ایک برقی دباؤ کی مساوی سلسلہ وار دور سے ظاہر کیا جاسکتا ہے۔ اس مساوی دور کو مساوی تھونن دور کہتے ہیں جبکہ اس مساوی تھونن دور کی رکاوٹ کو تھونن رکاوٹ اور برقی دباؤ کو تھونن برقی دباؤ کہتے ہیں۔

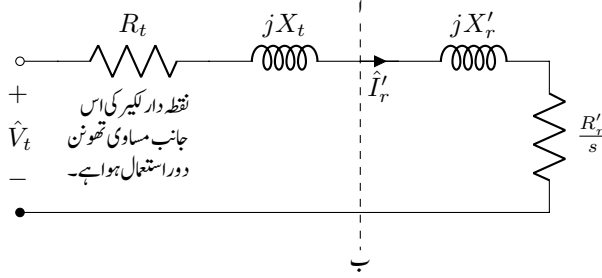
برقی دور کے دو برقی سروں کے بیچ تھونن رکاوٹ حاصل کرنے کے لئے برقی دور کے تمام اندرونی برقی دباؤ کسر دور کر کے ان دو برقی سروں کے بیچ رکاوٹ معلوم کی جاتی ہے۔ یہی رکاوٹ، تھونن رکاوٹ ہوگی۔ انہیں برقی سروں پر تھونن برقی دباؤ حاصل کرنے کے لئے دیے گئے برقی دور کے تمام اندرونی برقی دباؤ برقرار رکھ کر ان دو سروں پر برقی دباؤ معلوم کیا جاتا ہے۔ یہی برقی دباؤ درحقیقت تھونن برقی دباؤ ہوگا۔ بعض اوقات ہم ایک برقی دور کے ایک خاص حصے کا مساوی تھونن دور بنانا چاہتے ہیں۔ ایسا کرتے وقت باقی برقی دور کو اس حصے سے مکمل طور پر منقطع کر کے درکار حصہ کا تھونن مساوی دور حاصل کیا جاتا ہے۔ شکل 7.10 سے ا اور ب کے بیچ مساوی تھونن رکاوٹ  $Z_t$  اور تھونن برقی دباؤ  $V_t$  درج ذیل حاصل ہوتے ہیں۔

$$(7.46) \quad Z_t = \frac{(R_s + jX_s) jX_m}{R_s + jX_s + jX_m} = R_t + jX_t$$

$$\hat{V}_t = \frac{jX_m \hat{V}_s}{R_s + jX_s + jX_m} = V_t / \theta_t$$

کسی بھی مخلوط عدد<sup>23</sup> کی طرح  $Z_t$  کو ایک حقیقی عدد  $R_t$  اور ایک فرضی عدد  $jX_t$  کا مجموعہ لکھا جاسکتا ہے۔ یہی اس

<sup>21</sup>Thevenin theorem  
<sup>22</sup>linear circuit



شکل 7.11: تھونن دور استعمال کرنے کے بعد امالی موٹر کا مساوی دور۔

مساوات میں کیا گیا ہے۔

ہم یوں امالی موٹر کے مساوی برقی دور کو شکل 7.11 کی طرح بنا سکتے ہیں جہاں سے دوری سمتیہ کی استعمال سے مندرجہ ذیل برقی رو  $\hat{I}'_r$  حاصل ہوتا ہے۔

$$\hat{I}'_r = \frac{\hat{V}_t}{R_t + jX_t + \frac{R'_r}{s} + jX'_r}$$

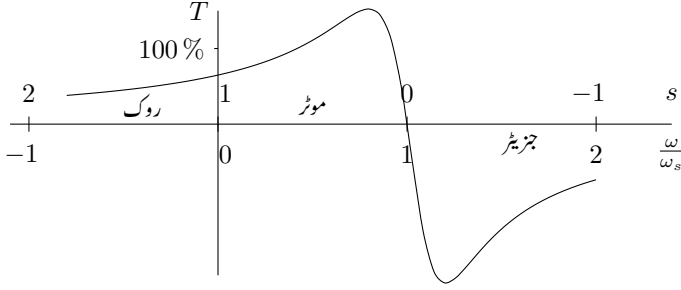
$$(7.47) \quad |\hat{I}'_r| = I'_r = \frac{V_t}{\sqrt{\left(R_t + \frac{R'_r}{s}\right)^2 + (X_t + X'_r)^2}}$$

چونکہ  $I'_r$  کی قیمت پر  $\hat{V}_t$  کے زاویے کا کوئی اثر نہیں لہذا مساوی تھونن دور میں  $\hat{V}_t$  کی جگہ  $V/0$  استعمال کیا جاسکتا ہے۔ اس کتاب میں ایسا ہی کیا جائے گا۔

مساوات 7.45 اور مساوات 7.47 سے تین دوری مشین کی قوت مروڑ حاصل کرتے ہیں۔

$$T = \frac{1}{\omega_{sm}} \frac{3V_t^2 \left(\frac{R'_r}{s}\right)}{\left(R_t + \frac{R'_r}{s}\right)^2 + (X_t + X'_r)^2}$$

$$(7.48) \quad = \frac{1}{\omega_{sm}} \frac{3V_t^2 \left(\frac{R'_r}{s}\right)}{\frac{R'^2_r}{s^2} + 2R_t \frac{R'_r}{s} + R_t^2 + (X_t + X'_r)^2}$$



شکل 7.12: امالی موٹر کی قوت مروڑ بالمتقابل سرکاو۔

اس مساوات کو شکل 7.12 میں دکھایا گیا ہے جہاں موٹر کی رفتار کو معاصر رفتار کی نسبت سے دکھایا گیا ہے۔ موٹر از خود گھومتے مقناطیسی موج کے رخ گھومتی ہے اور اس کی رفتار معاصر رفتار سے کم رہتی ہے۔ زیادہ سرکاو پر موٹر کی کارگزاری خراب ہو جاتی ہے۔ اسی لئے لگاتار استعمال میں موٹر تقریباً پانچ فی صد سے کم سرکاو پر چلائی جاتی ہے بلکہ ان کی بناوٹ یوں کی جاتی ہے کہ امالی موٹر اپنی بناوٹی طاقت تقریباً پانچ فی صد سے کم سرکاو پر مہیا کرتی ہو۔

اگر موٹر کو زبردستی ساکن لچھوں کے گھومتے مقناطیسی موج کے رخ معاصر رفتار سے زیادہ رفتار پر گھمایا جائے تو یہ ایک جزیئر کے طور پر کام کرنے شروع ہو جائے گی۔ ایسا کرنے کے لئے بیرونی میکانی طاقت درکار ہوگی۔ اگرچہ امالی مشین عام طور پر بطور جزیئر استعمال نہیں ہوتی البتہ ہوا سے برقی طاقت کی پیداوار میں انہیں بطور جزیئر استعمال کیا جانے لگا ہے۔

شکل 7.12 میں منفی رفتار بھی دکھائی گئی ہے جہاں سرکاو کی قیمت اکائی سے زیادہ ہے۔ موٹر کو ساکن لچھوں کے گھومتے مقناطیسی دباؤ کی موج کے مخالف رخ گھمانے سے ایسا ہو گا۔ چلتی موٹر کو جلد ساکن کرنے کے لئے ایسا کیا جاتا ہے۔ تین دوری موٹر پر لاگو کسی دو برقی دباؤ کو آپس میں تبدیل کرنے سے موٹر کے ساکن لچھوں کے گھومتے مقناطیسی موج یکدم مخالف رخ گھومنا شروع ہو جاتی ہے جبکہ موٹر ابھی پہلے رخ گھوم رہی ہوتی ہے۔ اس طرح موٹر جلد آہستہ ہوتی ہے اور جیسے ہی موٹر رک کر دوسرے رخ گھومنا چاہتی ہے اس پر لاگو برقی دباؤ منقطع کر دیا جاتا ہے۔ امالی موٹر یوں ریل گاڑی میں عموماً بطور روک<sup>24</sup> (بریک) استعمال کی جاتی ہے۔

امالی مشین  $s < 0$  کی صورت میں بطور جزیئر،  $0 < s < 1$  کی صورت میں بطور موٹر اور  $s > 1$  کی صورت میں بطور روک کام کرتی ہے۔

امالی موٹر کی زیادہ سے زیادہ قوت مروڑ مساوات 7.48 سے حاصل کی جاسکتی ہے۔ قوت مروڑ اسی لمحہ زیادہ سے زیادہ ہوگی جب گھومتے حصے کو زیادہ سے زیادہ طاقت میسر ہو۔ زیادہ سے زیادہ طاقت منتقل کرنے کے مسئلہ<sup>25</sup> کے مطابق مزاحمت  $\frac{R'_r}{s}$  میں طاقت کا ضیاع اس صورت زیادہ سے زیادہ ہوگا جب (شکل 7.11 میں) اس کی قیمت باقی سلسلہ وار جڑی اجزاء کی قیمت کے برابر ہو:

$$(7.49) \quad \frac{R'_r}{s} = |R_t + jX_t + jX'_r| = \sqrt{R_t^2 + (X_t + X'_r)^2}$$

اس مساوات سے زیادہ سے زیادہ طاقت پر سرکاو  $s_z$  حاصل ہوگا۔

$$(7.50) \quad s_z = \frac{R'_r}{\sqrt{R_t^2 + (X_t + X'_r)^2}}$$

مساوات 7.48 کی نسب نما میں  $R_t^2 + (X_t + X'_r)^2$  کی جگہ مساوات 7.49 کا مربع استعمال کرتے ہوئے زیادہ سے زیادہ قوت مروڑ  $T_z$  حاصل ہوگی:

$$(7.51) \quad \begin{aligned} T_z &= \frac{1}{\omega_{sm}} \frac{3V_t^2 \left( \frac{R'_r}{s} \right)}{\frac{R_t'^2}{s^2} + 2R_t \frac{R'_r}{s} + \frac{R_t'^2}{s^2}} \\ &= \frac{1}{\omega_{sm}} \frac{3V_t^2}{2 \left( R_t + \frac{R'_r}{s} \right)} \\ &= \frac{1}{\omega_{sm}} \frac{3V_t^2}{2 \left( R_t + \sqrt{R_t^2 + (X_t + X'_r)^2} \right)} \end{aligned}$$

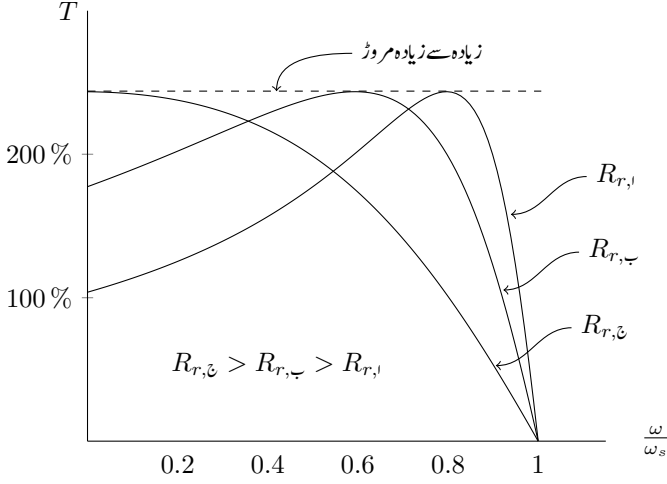
درج بالا کے حصول میں آخری قدم پر مساوات 7.49 کا استعمال دوبارہ کیا گیا۔

اس مساوات کے مطابق امالی موٹر کی زیادہ سے زیادہ قوت مروڑ اس کے گھومتے لچھوں کی مزاحمت پر منحصر نہیں ہوگی۔ یہ ایک اہم معلومات ہے جسے استعمال کر کے امالی موٹر کی زیادہ سے زیادہ قوت مروڑ درکار رفتار پر حاصل کی جاسکتی ہے۔ آئیں دیکھتے ہیں کہ ایسا کس طرح کیا جاتا ہے۔

امالی موٹر کے گھومتے لچھوں کے برقی سروں کو سرکے پھلوس<sup>26</sup> کے ذریعہ باہر نکالا جاتا ہے<sup>27</sup> جہاں ان کے ساتھ سلسلہ وار بیرونی مزاحمت جوڑی جاتی ہے۔ اس طرح گھومتے لچھوں کی کل مزاحمت بڑھ کر  $R_r + R_{بیرونی}$  ہو جاتی

maximum power theorem<sup>25</sup>  
slip rings<sup>26</sup>  
شکل کے نمونہ پر۔<sup>27</sup>





شکل 7.13: بیرونی مزاحمت کا قوت مروڑ بالقابل سرکاو کے خطوط پر اثرات۔

ہے۔ ایسا کرنے سے مساوات 7.49 کے مطابق زیادہ سے زیادہ قوت مروڑ نسبتاً زیادہ سرکاو یعنی کم زاویائی رفتار پر حاصل ہوگی۔ شکل 7.13 کے مطابق مزاحمت  $R_{r,c}$  استعمال کرتے ہوئے ساکن موٹر چالو ہوتے وقت زیادہ سے زیادہ قوت مروڑ دے گی۔ اس طرح بوجھ بردار موٹر ساکن حالت سے ہی زیادہ بوجھ اٹھانے کے قابل ہوگی۔ بیرونی مزاحمت استعمال کیے بغیر یا کم بیرونی مزاحمت، مثلاً  $R_{r,a}$ ، استعمال کرتے ہوئے ساکن موٹی کی قوت مروڑ نسبتاً بہت کم ہوگی۔ چونکہ زیادہ سرکاو پر موٹر کی کارگزاری خراب ہوتی ہے لہذا اس طرح موٹر کو زیادہ دیر نہیں چلایا جاتا اور جیسے ہی اس کی رفتار بڑھ جاتی ہے، اس سے بیرونی مزاحمتیں منقطع کر کے گھومتے لچھوں کے برقی سرے کسر دور کر دیے جاتے ہیں۔

مثال 7.3: صفحہ 228 پر مثال 7.2 میں دی گئی امالی موٹر استعمال کریں اور رگڑ سے طاقت کے ضیاع کو نظر انداز کریں۔

- اگر موٹر درکار وولٹ اور تعداد پر تین فی صد سرکاو پر چل رہی ہو تب ساکن لچھے میں گھومتے لچھے کے حصہ کا برقی رو  $I_r'$  اور مشین کی اندرونی میکانیکی طاقت اور قوت مروڑ حاصل کریں۔
- موٹر کی زیادہ سے زیادہ اندرونی پیدا قوت مروڑ اور اس قوت مروڑ پر موٹر کی رفتار حاصل کریں۔
- موٹر چالو ہونے کے لمحہ پر قوت مروڑ اور اس لمحہ پر  $I_r'$  حاصل کریں۔

حل:

- یک دوری برقی دباؤ  $\frac{415}{\sqrt{3}} = 239.6$  استعمال کرتے ہوئے مساوات 7.46 کی مدد سے درج ذیل ہو گا۔

$$Z_t = \frac{(0.5 + j0.99) j22}{0.5 + j0.99 + j22} = 0.4576 + j0.9573$$

$$\hat{V}_t = \frac{j22 \times 239.6 \angle 0^\circ}{0.5 + j0.99 + j22} = 229.2 \angle 1.246^\circ$$

- مساوات 7.47 میں تین فی صد سرکاو پر  $\frac{R'_s}{s} = 10.3333$  استعمال کرتے ہوئے درج ذیل ہو گا۔

$$\hat{I}'_r = \frac{229.2 \angle 1.246^\circ}{0.4576 + j0.9573 + 10.3333 + j0.34} = 21.1 \angle -5.6^\circ$$

$$I'_r = |\hat{I}'_r| = 21.1 \text{ A}$$

یہاں رک کر تسلی کر لیں کہ مندرجہ بالا مساوات میں  $229.2 \angle 1.246^\circ$  کی جگہ  $229.2 \angle 0^\circ$  استعمال کرنے سے  $I'_r$  کی قیمت تبدیل نہیں ہوتی ہے۔

مساوات 7.43 اور 7.44 کی مدد سے طاقت اور قوت مروڑ حاصل کرتے ہیں۔

$$p_m = \frac{3 \times 21.1^2 \times 0.31}{0.03} \times (1 - 0.03) = 13387.46 \text{ W}$$

$$T = \frac{13387.46}{(1 - 0.03) \times 2 \times \pi \times 16.66} = 131.83 \text{ N m}$$

- مساوات 7.50 زیادہ سے زیادہ طاقت پر سرکاو درج ذیل دیتی ہے۔

$$s_z = \frac{0.31}{\sqrt{0.4576^2 + (0.9573 + 0.34)^2}} = 0.1638$$

یوں موٹر کی رفتار  $1000 \times (1 - 0.1638) = 836.2$  چکر فی منٹ ہو گی۔

- چالو کرتے لمحہ پر سرکاو اکائی ہو گا لہذا  $\frac{R'_s}{s} = 0.31$  اور یوں درج ذیل ہو گا۔

$$\hat{I}'_r = \frac{229.2 \angle 1.246^\circ}{0.4576 + j0.9573 + 0.31 + j0.34} = 152.07 \angle -58.14^\circ$$

$$I'_r = 152 \text{ A}$$

اس لمحہ قوت مروڑ درج ذیل ہو گی۔

$$T = \frac{3 \times 152.07^2 \times 0.31}{2 \times \pi \times 16.66} = 205 \text{ N m}$$

□

مثال 7.4: دو قطب، ستارہ، پچاس ہرٹز پر چلنے والی تین دوری امالی موٹر 2975 چکر فی منٹ کی رفتار پر بارہ کلوواٹ کی میکانی بوجھ سے لدی ہے۔ موٹر کا سرکاو اور دھرے پر قوت مروڑ حاصل کریں۔

حل: معاصر رفتار  $50 = \frac{2}{2} \times 50 = 50$  یا  $f_e = \frac{2}{P}$  چکر فی سیکنڈ یا  $3000 = 50 \times 60$  چکر فی منٹ ہے۔ یوں سرکاو  $s = \frac{3000 - 2975}{3000} = 0.00833$  یا  $s = 0.833$  فی صد ہو گا۔ موٹر کی رفتار  $\frac{2975}{60} = 49.5833$  چکر فی سیکنڈ ہے لہذا اس کے دھرے پر قوت مروڑ  $38 \text{ N m} = \frac{12000}{2 \times \pi \times 49.58}$  ہو گی۔ □

## 7.10 پنجرہ نما امالی موٹر

گھومتے لچھوں کی ساخت پر ذرا غور کرتے ہیں۔ گھومتے لچھوں کے  $N_r$  چکر ہوتے ہیں جہاں  $N_r$  کوئی بھی عدد ہو سکتا ہے۔ سادہ ترین صورت میں  $N_r$  ایک کے برابر ہو سکتا ہے یعنی ایک ہی چکر کا گھومتا لچھا۔ اب بجائے اس کے کہ قالب میں لچھوں کے لئے شکاف بنائے جائیں اور ہر شکاف میں تانبے کی تار کا ایک چکر لپٹا جائے ہم یوں بھی کر سکتے ہیں کہ ہر شکاف میں سیدھا تانبے کا ایک سلاخ رکھ دیں اور اس طرح کے سب سلاخوں کی ایک جانب کے سروں کو تانبے کی ایک دائرہ نما سلاخ سے کسر دور کر دیں اور اسی طرح دوسری جانب کے تمام سروں کو بھی ایک تانبے کی دائرہ نما سلاخ سے کسر دور کر دیں۔ یوں تانبے کی سلاخوں کا پنجرہ حاصل ہو گا۔ اسی لئے ایسی امالی موٹر کو پنجرہ نما امالی موٹر<sup>28</sup> کہتے ہیں۔

حقیقت میں شکافوں میں پگھلا تانبا یا سلور<sup>29</sup> ڈالا جاتا ہے جو ٹھنڈا ہو کر ٹھوس ہو جاتا ہے اور قالب کو بھکڑ لیتا ہے۔ دونوں اطراف کے دائرہ نما کسر دور کرنے والے چھلے بھی اسی طرح اور اسی وقت ڈھالے جاتے ہیں۔ یوں ایک مضبوط گھومتا حصہ حاصل ہوتا ہے۔ اسی مضبوطی کی وجہ سے پنجرہ نما امالی موٹر بہت مقبول ہوئی ہے۔ ایسی موٹریں سالوں تک بغیر دیکھ بھال کام کرتی ہیں اور روز مرہ زندگی میں ہر جگہ پائی جاتی ہیں۔ گھروں میں پانی کے پمپ اور پتکھے انہیں سے چلتے ہیں۔

<sup>28</sup>squirrel cage  
<sup>29</sup>copper, aluminium

## 7.11 بے بوجھ موٹر اور جامد موٹر کے معائنہ

امالی موٹر کی کارکردگی دو معائنوں سے معلوم کی جاتی ہے جن سے موٹر کے مساوی دور کے اجزاء بھی حاصل کئے جاتے ہیں۔ ہم تین دوری امالی موٹر کی مثال سے ان معائنوں پر بحث کرتے ہیں۔

## 7.11.1 بے بوجھ موٹر کا معائنہ

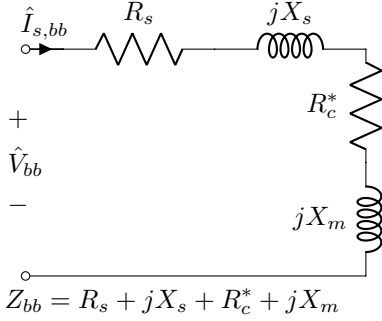
یہ معائنہ بالکل ٹرانسفارمر کے بے بوجھ معائنہ کی طرح ہے۔ اس میں موٹر کے ہیجان انگیز برقی رو اور بے بوجھ موٹر میں طاقت کے ضیاع کی معلومات حاصل ہوتی ہیں۔

اس میں بے بوجھ امالی موٹر پر یکساں تین دوری برقی دباؤ  $V_{bb}^{30}$  لاگو کر کے بے بوجھ موٹر کی برقی طاقت کا ضیاع  $p_{bb}$  اور اس کے ساکن لچھے کا ہیجان انگیز برقی رو  $I_{s,bb}$  ناپا جاتا ہے۔ یہ معائنہ امالی موٹر کے بناؤی برقی دباؤ اور برقی تعدد پر سرانجام دیا جاتا ہے۔

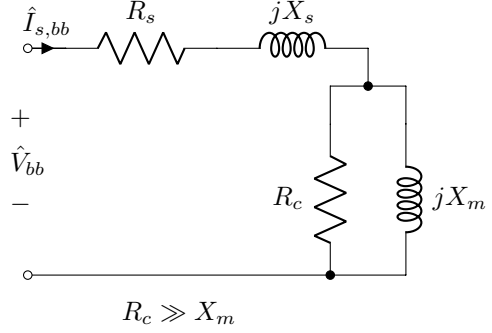
بے بوجھ امالی موٹر صرف اتنی قوت مروڑ پیدا کرتی ہے جتنی رگڑ اور دیگر ضیاع طاقت کی وجہ سے درکار ہو۔ اتنی کم قوت مروڑ بہت کم سرکاو پر حاصل ہوگی۔ مساوات 7.47 سے ظاہر ہے کہ بہت کم سرکاو پر  $I_r$  بھی نہایت کم ہو گا اور اس سے گھومتے لچھوں میں برقی طاقت کا ضیاع قابل نظر انداز ہو گا۔ اسی بات کو صفحہ 226 پر شکل 7.7 کی مدد سے بھی سمجھا جاسکتا ہے جہاں واضح ہے کہ بہت کم سرکاو پر مزاحمت  $\frac{R'_s}{s}$  کی قیمت بہت زیادہ ہوگی اور اس کو کھلا دور سمجھا جاسکتا ہے۔ ایسا کرنے سے شکل 7.14-ا ملتی ہے۔

شکل 7.14-ا کے متوازی اجزاء  $R_c$  اور  $X_m$  کی جگہ مساوی سلسلہ وار جڑے اجزاء پر کرنے سے شکل 7.14-ب حاصل ہوگی۔ کسی بھی امالی موٹر کی  $R_c$  کی قیمت اس کی  $X_m$  کی قیمت سے بہت زیادہ ہوتی ہے۔ متوازی دور کی

<sup>30</sup>  $V_{bb}$  لکھتے ہوئے لفظ بے بوجھ کے پہلے حروف ب اور ب کو زیر نوشت میں bb سے ظاہر کیا گیا ہے۔



(ب)



(i)

شکل 7.14: بے بوجھ امالی موٹر کا معائنہ۔

رکاوٹ  $Z_m$  سے مساوی سلسلہ وار رکاوٹ  $Z_s$  حاصل کرتے ہیں:

$$\begin{aligned}
 Z_m &= \frac{R_c jX_m}{R_c + jX_m} \\
 &= \frac{R_c jX_m}{R_c + jX_m} \frac{R_c - jX_m}{R_c - jX_m} \\
 &= \frac{jR_c^2 X_m + R_c X_m^2}{R_c^2 + X_m^2} \\
 &\approx \frac{jR_c^2 X_m + R_c X_m^2}{R_c^2} \quad \text{چونکہ } R_c \gg X_m \\
 &= jX_m + \frac{X_m^2}{R_c} = jX_m + R_c^* = Z_s
 \end{aligned}
 \tag{7.52}$$

بے بوجھ ٹرانسفارمر میں ابتدائی لچھوں کی برقی طاقت کے ضیاع کو بھی نظر انداز کیا جاتا ہے۔ بے بوجھ امالی موٹروں کا ہیجان انگیز برقی رو کافی زیادہ ہوتا ہے لہذا ان کے ساکن لچھوں کی برقی طاقت کے ضیاع کو نظر انداز نہیں کیا جا سکتا۔ بے بوجھ امالی موٹر کی  $p_{bb}$  سے تین ساکن لچھوں کا برقی ضیاع منفی کر کے میکانیکی ضیاع طاقت حاصل ہوگا:

$$p_{\text{نیع}} = p_{bb} - 3I_{s,bb}^2 R_s
 \tag{7.53}$$

میکانیکی طاقت کا ضیاع بے بوجھ اور بوجھ بردار موٹر کے لئے ایک جیسا تصور کیا جاتا ہے۔

شکل 7.14- ب سے ہم درج ذیل لکھ سکتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 R_{bb} &= \frac{p_{bb}}{3I_{s,bb}^2} \\
 Z_{bb} &= \frac{V_{bb}}{I_{s,bb}} \\
 X_{bb} &= \sqrt{|Z_{bb}|^2 - R_{bb}^2} \\
 X_{bb} &= X_s + X_m
 \end{aligned}
 \tag{7.54}$$

یوں اس معائنہ سے موٹر کی بے بوجھ متعلات  $X_{bb}$  حاصل ہوتی ہے۔ اگر کسی طرح ساکن لچھے کی متعلات  $X_s$  معلوم ہو تب اس مساوات سے  $X_m$  حاصل کی جاسکتی ہے۔ اگلے معائنہ میں ہم  $X_s$  کا اندازہ لگاسکیں گے۔

### 7.11.2 جامد موٹر کا معائنہ

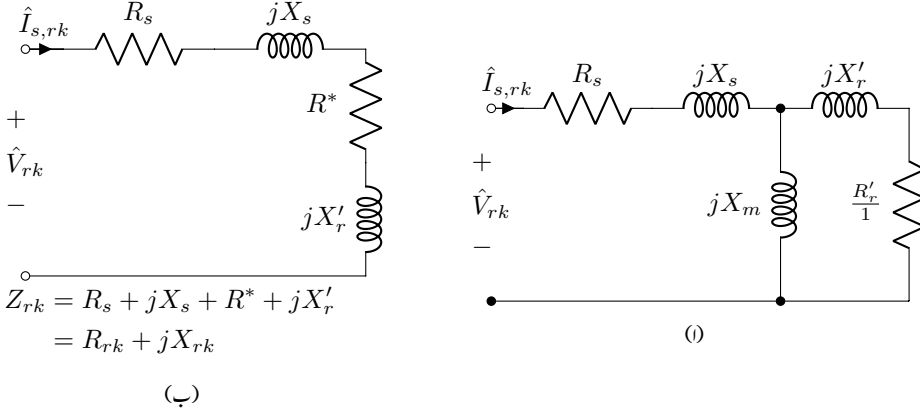
یہ معائنہ ٹرانسفارمر کے کسر دور معائنہ کی طرح ہے۔ اس میں مشین کے رستا مالوں کی معلومات حاصل ہوتی ہے۔ البتہ امالی موٹر کا مسئلہ ذرا زیادہ پیچیدہ ہے۔ امالی موٹر کے رستا مالہ گھومتے لچھوں میں برقی تعدد اور قالب کے سیراب ہونے پر منحصر ہوتے ہیں۔

اس معائنہ میں امالی موٹر کے گھومتے حصہ کو حرکت کرنے سے زبردستی روک دیا جاتا ہے جبکہ ساکن لچھوں پر بیرونی برقی دباؤ  $V_{rk}$  لاگو کر کے برقی طاقت  $p_{rk}$  اور ساکن لچھوں کے برقی رو  $I_{s,rk}$  ناپے جاتے ہیں۔ اصولی طور پر یہ معائنہ ان حالات کو مد نظر رکھ کر کیا جاتا ہے جن پر موٹر کی معلومات درکار ہوں۔

ساکن موٹر چالو کرنے کے لمحہ پر موٹر کا سرکاو اکائی ہوتا ہے اور اس کے گھومتے لچھوں میں روز مرہ تعدد  $f_e$  کے برقی رو  $I_{t=0}^{31}$  ہوں گے، لہذا اگر اس لمحہ کے نتائج درکار ہوں تب موٹر کے ساکن لچھوں پر روز مرہ تعدد،  $f_e$  کا اتنا برقی دباؤ لاگو کیا جائے گا جتنے سے اس کے گھومتے لچھوں میں برقی رو  $I_{t=0}$  پیدا ہو۔ اسی طرح اگر برقرار چالو حالت میں بوجھ بردار موٹر کے نتائج درکار ہوں جب موٹر کا سرکاو  $s$  اور اس کے گھومتے لچھوں میں برقی رو  $I_{t \rightarrow \infty}^{32}$  ہوتے ہیں تب معائنہ میں  $s f_e$  تعدد کے برقی دباؤ استعمال کیے جائیں گے اور اس کی قیمت اتنی رکھی جائے گی جتنی سے گھومتے لچھوں میں  $I_{t \rightarrow \infty}$  برقی رو وجود میں آئے۔ تقریباً  $20 \text{ kV A}$  سے چھوٹی موٹروں میں برقی تعدد کے اثرات قابل نظر انداز ہوتے ہیں لہذا ان کا معائنہ  $f_e$  تعدد کے برقی دباؤ پر ہی کیا جاتا ہے۔

<sup>31</sup> اس لمحہ کے برقی رو کو چھوٹی لکھائی میں وقت صفر سے منسلک کیا گیا ہے یعنی  $t = 0$

<sup>32</sup> زیر نوشت میں  $\infty \rightarrow$  اس بات کو ظاہر کرتی ہے کہ موٹر کافی دیر سے چالو ہے اور یہ ایک برقرار قار تک پہنچ گئی ہے۔



شکل 7.15: ر کے امالی موٹر کا معائنہ۔

یہاں صفحہ 226 کے شکل 7.7 کو ر کے (ساکن) موٹر کے معائنہ کے نقطہ نظر سے دوبارہ دیکھتے ہیں۔ ر کے (ساکن) موٹر کا سرکاو اکائی ہوتا ہے۔ مزید، اس معائنہ میں لاگو برقی دباؤ برقرار چالو موٹر پر لاگو برقی دباؤ سے خاصا کم ہوتا ہے۔ اتنے کم لاگو برقی دباؤ پر قابلی ضیاع کو نظر انداز کیا جاسکتا ہے۔ شکل میں  $R_c$  کو کھلے دور کرنا قابلی ضیاع کو نظر انداز کرنے کے مترادف ہے۔ ایسا کرنے سے شکل 7.15-ا ملتا ہے۔ چونکہ  $s = 1$  ہے لہذا اس شکل میں  $\frac{R'_r}{s}$  کو  $R'_r$  لیا گیا ہے۔

شکل 7.15-ا میں  $jX_m$  اور  $(R'_r + jX'_r)$  متوازی جڑے ہیں جن کی جگہ ان کی مساوی سلسلہ وار رکاوٹ پر کرنے سے شکل 7.15-ب حاصل ہوگی۔ متوازی رکاوٹ  $Z_m$  کی مساوی سلسلہ وار رکاوٹ  $Z_s$  حاصل کرتے ہیں:

$$\begin{aligned}
 Z_m &= \frac{jX_m(R'_r + jX'_r)}{R'_r + j(X_m + X'_r)} \\
 &= \left( \frac{jX_m R'_r - X_m X'_r}{R'_r + j(X_m + X'_r)} \right) \left( \frac{R'_r - j(X_m + X'_r)}{R'_r - j(X_m + X'_r)} \right) \\
 (7.55) \quad &= \frac{jX_m R_r'^2 + X_m R'_r (X_m + X'_r) - X_m X'_r R'_r + jX_m X'_r (X_m + X'_r)}{R_r'^2 + (X_m + X'_r)^2} \\
 &= \frac{X_m^2 R'_r}{R_r'^2 + (X_m + X'_r)^2} + \frac{j(X_m R_r'^2 + X_m^2 X'_r + X_m X_r'^2)}{R_r'^2 + (X_m + X'_r)^2} \\
 &= R_s^* + jX_s^* = Z_s
 \end{aligned}$$

ان مساوات میں  $X_m \gg R'_r$  اور  $X_m \gg X'_r$  لینے سے درج ذیل حاصل ہو گا۔

$$(7.56) \quad R_s^* \approx R'_r \left( \frac{X_m}{X_m + X'_r} \right)^2$$

$$(7.57) \quad X_s^* \approx \frac{X_m R_r'^2}{X_m^2} + \frac{X_m^2 X'_r}{X_m^2} + \frac{X_m X_r'^2}{X_m^2} \approx X'_r$$

اس معائنہ میں پیمائش کی گئی قیمتوں اور شکل 7.15-ب سے درج ذیل حاصل ہو گا۔

$$(7.58) \quad \begin{aligned} Z_{rk} &= \frac{V_{rk}}{I_{s,rk}} \\ R_{rk} &= \frac{p_{rk}}{3I_{s,rk}^2} \\ X_{rk} &= \sqrt{|Z_{rk}|^2 - R_{rk}^2} \end{aligned}$$

اس مساوات کے پہلے جزو میں پیمائشی برقی دباؤ اور برقی رو سے رکاوٹ حاصل کی گئی ہے۔ اس طرح دوسرے جزو میں مزاحمت اور تیسرے میں متعاملیت کا حساب لگایا گیا ہے۔

شکل 7.15-ب سے درج ذیل واضح ہے۔

$$(7.59) \quad X_{rk} = X_s + X'_r$$

امالی مشین مختلف خواص کے بنائے جاتے ہیں۔ عام آدمی کی آسانی کے لئے ایسی مشینوں کی درجہ بندی کی جاتی ہے۔ جدول 7.1 میں پنجرہ نما امالی موٹر کی مختلف اقسام  $A, B, C, D$  اور ایسی مشین جن کا گھومتا حصہ لچھے پر مشتمل ہو، کی رستا متعاملیت  $X_{rk}$  کو ساکن اور گھومتے لچھوں میں تقسیم کرنا دکھایا گیا ہے۔ اس جدول کے مطابق، گھومتے لچھے والی مشین میں ساکن اور گھومتی متعاملیت ایک دوسرے کے برابر ہوتی ہیں۔ شکل 7.15-ب میں  $R_{rk} = R^* + R_s$  ہے لہذا ساکن لچھے کی مزاحمت  $R_s$  مزاحمت  $R^*$  کی مدد سے ناپ کر درج ذیل حاصل کیا جاسکتا ہے۔

$$(7.60) \quad R^* = R_{rk} - R_s$$

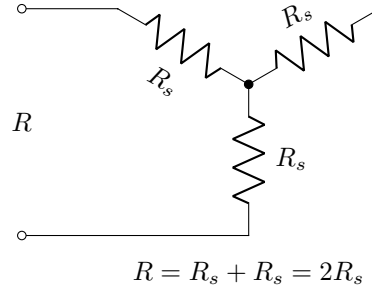
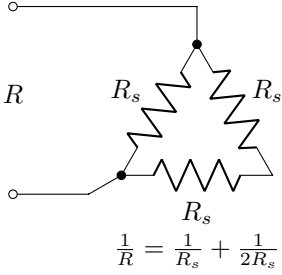
اب  $R'_r$  کو مساوات 7.56 سے حاصل کیا جاسکتا ہے جہاں  $X_m$  بے بوجھ امالی موٹر کے معائنہ میں حاصل کی جاتی ہے۔

مزاحمت پیمائی کی مدد سے ساکن لچھے کی مزاحمت ناپتے وقت یہ جاننا ضروری ہے کہ موٹر ستارہ یا ٹکونی جڑی ہے۔ شکل 7.16 میں لچھے کو دونوں طرح جڑا دکھایا گیا ہے۔ اگر یک دوری مزاحمت  $R_s$  ہو تب ستارہ جڑی موٹر کے لئے مزاحمت پیمائی  $2R_s$  مزاحمت دے گا جبکہ ٹکونی جڑی موٹر کے لئے یہ  $\frac{2}{3}R_s$  مزاحمت دے گا۔



گھومتا حصہ	خاصیت	$X_s$	$X'_r$
لپٹا ہوا	کارکردگی گھومتے حصے کی مزاحمت پر منحصر	$0.5X_{rk}$	$0.5X_{rk}$
بناوٹ A	عمومی ابتدائی قوت مروڑ، عمومی ابتدائی رو	$0.5X_{rk}$	$0.5X_{rk}$
بناوٹ B	عمومی ابتدائی قوت مروڑ، کم ابتدائی رو	$0.4X_{rk}$	$0.6X_{rk}$
بناوٹ C	زیادہ ابتدائی قوت مروڑ، کم ابتدائی رو	$0.3X_{rk}$	$0.7X_{rk}$
بناوٹ D	زیادہ ابتدائی قوت مروڑ، زیادہ سرکاو	$0.5X_{rk}$	$0.5X_{rk}$

جدول 7.1: متعاملیت کی ساکن اور گھومتے حصوں میں تقسیم۔



شکل 7.16: ستارہ اور ٹکونی جڑی موٹروں کی ساکن لچھوں کی مزاحمت کا مزاحمت پیک کی مدد سے حصول۔

مثال 7.5: ستارہ، چار قطب، پچاس ہرٹز اور 415 وولٹ پر چلنے والی موٹر کے معائنہ کئے جاتے ہیں۔ موٹر کی بناوٹ درجہ بندی A کے مطابق ہے۔ مزاحمت پیکسی بھی دو برقی سروں کے بیچ 0.55 اوہم جواب دیتا ہے۔ بے بوجھ معائنہ 50 Hz اور 415 V پر کرتے ہوئے برقی رو 4.1 A اور طاقت کا ضیاع 906 W ناپا جاتا ہے۔ جامد موٹر معائنہ 15 Hz اور 50 V پر کرتے ہوئے برقی رو 13.91 A اور طاقت کا ضیاع 850 W ناپا جاتا ہے۔ اس موٹر کا مساوی برقی دور بنائیں اور پانچ فی صد سرکاو پر اس کی اندرونی میکانی طاقت حاصل کریں۔

حل: مزاحمت پیکسی کے جواب سے ستارہ موٹر کے ساکن لچھے کی مزاحمت  $R_s = \frac{0.55}{2} = 0.275 \Omega$  حاصل ہوتی ہے۔ بے بوجھ معائنہ میں یک دوری برقی دباؤ  $\frac{415}{\sqrt{3}} = 239.6 \text{ V}$  ہے جس سے درج ذیل حاصل ہوتے ہیں۔

$$R_{bb} = \frac{906}{3 \times 4.1^2} = 17.965 \Omega$$

$$|Z_B| = \frac{239.6}{4.1} = 58.439 \Omega$$

$$X_{bb} = \sqrt{58.439^2 - 17.965^2} = 55.609 \Omega = X_s + X_m$$

رکے موٹر معائنہ کے نتائج سے  $X_s$  حاصل کرنے کے بعد  $X_m$  حاصل ہو گی۔

ساکن لچھے کی مزاحمت میں اس برقی رو پر کل

$$3I_{bb}^2 R_s = 3 \times 4.1^2 \times 0.275 = 13.87 \text{ W}$$

برقی طاقت کا ضیاع ہو گا لہذا رگڑ اور دیگر ضیاع طاقت  $906 - 13.86 = 892$  واٹ ہو گا۔

رکے موٹر معائنہ میں یک دوری برقی دباؤ  $\frac{50}{\sqrt{3}} = 28.9$  وولٹ ہیں۔ یوں درج ذیل حاصل ہوں گے۔

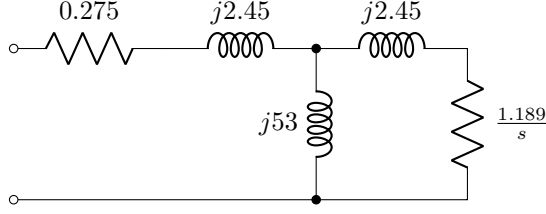
$$R_{rk} = \frac{850}{3 \times 13.91^2} = 1.464 \Omega$$

$$|Z_{rk}| = \frac{28.9}{13.91} = 2.07 \Omega$$

$$X_{rk,15} = \sqrt{2.07^2 - 1.464^2} = 1.46 \Omega$$

اس معائنہ میں برقی تعدد 15 ہرٹز تھا لہذا 50 ہرٹز پر متعاملیت درج ذیل ہو گی۔

$$X_{rk,50} = \frac{50}{15} \times X_{rk,15} \approx 4.9 \Omega$$



شکل 7.17: امالی موٹر کا مساوی برقی دور۔

درجہ بندی A کی امالی موٹر میں یہ متعاملت ساکن اور گھومتے لچھے میں ایک جیسی تقسیم ہو گی:

$$X_s = X'_r = \frac{4.9}{2} = 2.45 \Omega$$

یوں درج ذیل ہو گا۔

$$X_m = X_{bb} - X_s = 55.609 - 2.45 = 53 \Omega$$

چونکہ  $R_s = 0.275$  اوہم ہے لہذا

$$R'_r = R_{rk} - R_s = 1.464 - 0.275 = 1.189 \Omega$$

ہو گا۔ مساوی برقی دور شکل 7.17 میں دکھایا گیا ہے۔

پانچ فی صد سرکاو پر اندرونی میکانی طاقت کی خاطر بائیں جانب کا تھونن مساوی دور استعمال کرتے ہوئے درج ذیل ہو گا۔

$$V_t = 229 / 0.2833^\circ$$

$$Z_t = 0.251 + j2.343$$

$$|\hat{I}'_r| = 11.8 \text{ A}$$

$$p_m = \frac{3 \times 11.8^2 \times 0.974 \times (1 - 0.05)}{0.05} = 7730 \text{ W}$$

□

- 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  
ایک پیسہ 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

بھتی، 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 شکل، 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 بہاو  
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 پتیا، 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 بہاو، 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-ایمپیر، 76  
 ویر، 33  
 ویر-پھر، 39  
 پنکچا ہٹ، 25، 30  
 ہیجان، 61  
 بیرونی، 255  
 خود، 255  
 لچھا، 61