

# برقی آلات

خالد خان یوسفزئی

جامعہ کامیٹ، اسلام آباد

khalidyoufazai@comsats.edu.pk

تاریخ درستی: 12 مئی 2020

# عنوان

ix

دیباچہ

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

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

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

|     |       |   |
|-----|-------|---|
| 103 | 4     | برقی اور میکانی توانائی کا باہمی تبادلہ         |
| 103 | 4.1   | مقناطیسی نظام میں قوت اور قوت مروڑ . . . . .    |
| 109 | 4.2   | تبادلہ توانائی والا ایک لچھے کا نظام . . . . .  |
| 115 | 4.3   | توانائی اور ہم-توانائی . . . . .                |
| 119 | 4.4   | متعدد لچھوں کا مقناطیسی نظام . . . . .          |
| 129 | 5     | گھومتے مشین کے بنیادی اصول                      |
| 129 | 5.1   | قانون فیراڈے . . . . .                          |
| 130 | 5.2   | معاصر مشین . . . . .                            |
| 141 | 5.3   | محرک برقی دباؤ . . . . .                        |
| 144 | 5.4   | پچیلے لچھے اور سائن نما مقناطیسی دباؤ . . . . . |
| 146 | 5.4.1 | بدلتارو مشین . . . . .                          |
| 155 | 5.5   | مقناطیسی دباؤ کی گھومتی امواج . . . . .         |
| 155 | 5.5.1 | ایک دور کی لپٹی مشین . . . . .                  |
| 156 | 5.5.2 | تین دور کی لپٹی مشین کا تحلیلی تجزیہ . . . . .  |
| 161 | 5.5.3 | تین دور کی لپٹی مشین کا ترسیلی تجزیہ . . . . .  |
| 164 | 5.6   | محرک برقی دباؤ . . . . .                        |
| 165 | 5.6.1 | بدلتارو برقی جزیئر . . . . .                    |
| 170 | 5.6.2 | یک سمت رو برقی جزیئر . . . . .                  |
| 170 | 5.7   | ہموار قطب مشینوں میں قوت مروڑ . . . . .         |
| 171 | 5.7.1 | میکانی قوت مروڑ بذریعہ ترکیب توانائی . . . . .  |
| 173 | 5.7.2 | میکانی قوت مروڑ بذریعہ مقناطیسی 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 جزیر: 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 . . . . . 255
- 8.4 بیرونی پیمان اور خود پیمان یک سمت جزیرہ . . . . . 256
- 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 . . . . . 263



## باب 8

### یک سمت رو مشین

یکے سمت رو مشین<sup>1</sup> یک سمت رو<sup>1</sup> برقی طاقت پیدا کرتی ہیں یا ایک سمت رو برقی طاقت سے چلتی ہیں۔ یک سمت رو موٹروں کی اہمیت بتدریج کم ہو رہی ہے اور ان کی جگہ امالی موٹر لے رہے ہیں جن کی رفتار قوی برقیات<sup>2</sup> سے قابو کی جاتی ہے۔ موجودہ دور میں گاڑیوں کے یک سمت جزیئر بھی دراصل سادہ بدلتا رو جزیئر ہوتے ہیں جن کے اندر نسب ڈایوڈ<sup>3</sup> بدلتا محرک برقی دباؤ کو یک سمت محرک برقی دباؤ میں تبدیل کرتے ہیں۔

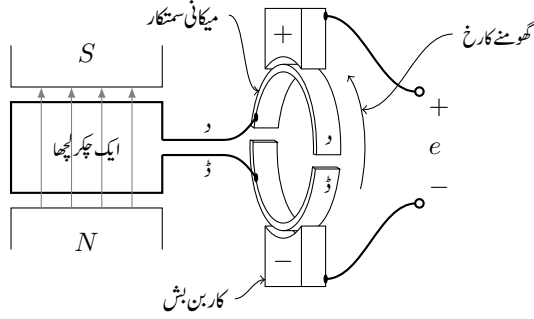
اس باب میں دو قطب کے یک سمت مشینوں کا مطالعہ کیا جائے گا۔ میکانی سمت کار والے یک سمت مشینوں میں میدانی لچھا ساکن جبکہ قوی لچھا گھومتا ہے۔

#### 8.1 میکانی سمت کار کی بنیادی کارکردگی

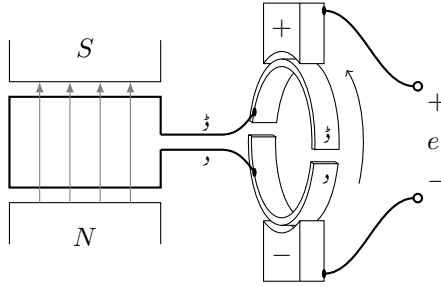
جزیئر بنیادی طور پر بدلتا برقی دباؤ پیدا کرتا ہے۔ یک سمت جزیئر کے اندر نسب میکانی سمت کار<sup>4</sup> میکانی طریقہ سے بدلتا دباؤ کو یک سمت دباؤ میں تبدیل کر کے برقی سروں پر فراہم کرتا ہے۔

---

dc, direct current<sup>1</sup>  
power electronics<sup>2</sup>  
diode<sup>3</sup>  
commutator<sup>4</sup>



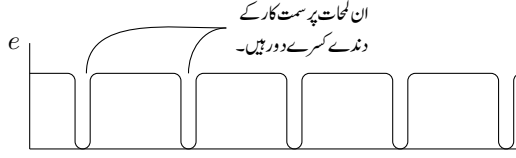
شکل 8.1: میکانی سمت کار۔



شکل 8.2: آدھے چکر کے بعد بھی بالائی بُش مثبت ہی ہے۔

میکانی سمت کار کو شکل 8.1 میں دکھایا گیا ہے جہاں جزیئر کے قوی لچھے کو ایک چکر کا دکھایا گیا ہے اگرچہ حقیقت میں لچھا زیادہ چکر کا ہو گا۔ قوی لچھے کے برقی سروں کو د اور ڈ سے ظاہر کیا گیا ہے جو سمت کار کے د اور ڈ حصوں کے ساتھ جڑے ہیں۔ قوی لچھا اور سمت کار ایک ہی دھرے پر نسب ہوتے ہیں لہذا دونوں ایک ساتھ حرکت کرتے ہیں۔ تصور کریں (میکانی سمت کار سے لچھے کی طرف دیکھتے ہوئے) مقناطیسی میدان میں دونوں گھڑی وار گھوم رہے ہیں۔ مقناطیسی میدان افقی سطح میں N سے S رخ ہو گا جسے نوکدار لکیروں سے دکھایا گیا ہے۔ سمت کار کے ساتھ ساکن کاربن بُش، اسپرنگ کی مدد سے دبا کر رکھے جاتے ہیں۔ ان کاربن بُشوں سے برقی دباؤ کو جزیئر کے باہر منتقل کیا جاتا ہے۔ بُشوں کو مثبت علامت + اور منفی علامت - سے ظاہر کیا گیا ہے۔

دکھائے گئے لمحے پر لچھے میں پیدا ہونے والی برقی دباؤ e کی وجہ سے لچھے کا سر د مثبت اور ڈ منفی ہے۔ یوں سمت کار کا حصہ د مثبت اور حصہ ڈ منفی ہوں گے لہذا کاربن کا + علامت والا بُش مثبت اور - علامت والا بُش منفی ہو گا۔ یوں بیرونی بالائی تار مثبت اور چلی تار منفی ہوں گے۔ آدھا چکر بعد، جیسا شکل 8.2 میں دکھایا گیا ہے، خلائی درز میں لچھا کے د



شکل 8.3: دو دندی سمت کار سے حاصل یک سمت برقی دباؤ۔

اور ڈاٹراف آپس میں جگہیں تبدیل کر چکے ہوں گے۔ لچھا کے د اور ڈاٹراف اب بھی سمت کار کے د اور ڈ حصوں کے ساتھ جڑے ہیں۔ لچھے پر برقی دباؤ الٹ ہے اور اس کا سر د منفی اور ڈ مثبت ہیں۔ یہاں سمت کار کی کارکردگی پر نظر رکھیں۔ اب بھی کاربن کا + علامت والا بش مثبت اور - علامت والا بش منفی ہے۔ یوں جزیئر کے بیرونی برقی سروں پر اب بھی بالائی سر مثبت اور نچلا سر منفی ہے۔ سمت کار کے دانتوں کے مابین برقی دباؤ ہوتا ہے لہذا ان کو غیر موصل کی مدد سے ایک دوسرے اور دھڑے سے دور رکھا جاتا ہے۔

گھومتے وقت ایک ایسا لمحہ آتا ہے جب سمت کار کے دانتوں کو کاربن بش کسر دور کرتے ہیں۔ کاربن بش محیط پر اس طرح رکھے جاتے ہیں کہ جس لمحہ لچھے میں برقی دباؤ مثبت سے منفی یا منفی سے مثبت ہونا چاہے اسی لمحہ کاربن کے بش لچھے کو کسر دور کرتے ہوں۔ چونکہ اس لمحہ لچھے پر محرک دباؤ صفر ہوتا ہے لہذا اسے کسر دور کرنے سے کوئی نقصان نہیں ہوتا ہے۔ یوں حاصل برقی دباؤ شکل 8.3 میں دکھایا گیا ہے۔

یہاں دو دندی سمت کار اور دو مقناطیسی قطب کے درمیان گھومتا ہوا ایک قوی لچھا دکھایا گیا ہے۔ حقیقت میں جزیئر کے متعدد قطبین ہوں گے اور فی قطب سمت کار کے کئی دندے ہوں گے۔ چھوٹی مشینوں میں مقناطیس ہی مقناطیسی میدان فراہم کرتا ہے جبکہ بڑی مشینوں میں مقناطیسی میدان ساکن میدانی لچھے فراہم کرتے ہیں۔ دونوں اقسام کی مشینوں کے لچھے تقسیم شدہ ہوتے ہیں۔

اب ہم زیادہ دندوں کے ایک سمت کار کو دیکھتے ہیں۔

### 8.1.1 میکانی سمت کار کی تفصیل

پچھلے حصہ میں سمت کار کی بنیادی کارکردگی پر غور کیا گیا۔ اس حصہ میں اس پر تفصیلی بات کی جائے گی۔ شکل 8.4 میں امالی مشین دکھائی گئی ہے۔ اس شکل میں اندر کو سمت کار ہے جس کے دندوں کو گنتی لگائی گئی ہے۔ سمت کار کی اندر

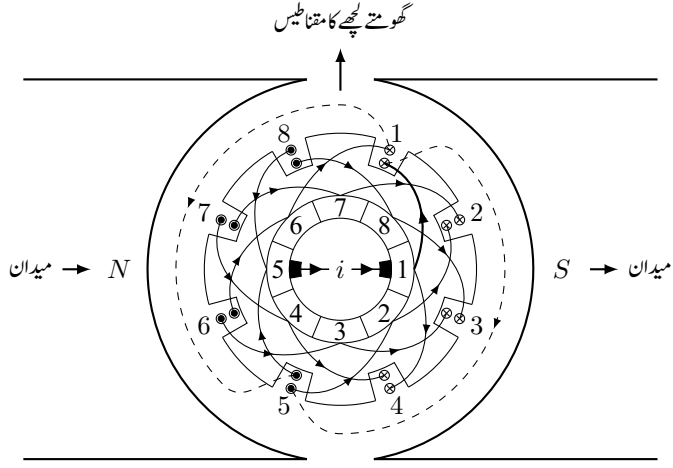
جانب دو عدد کاربن بش ہیں جن سے بیرون برقی رو  $i$  حاصل کی جاتی ہے۔ شکافوں کو بھی گنتی لگائی گئی ہے۔ جزیرے کے دو قطب اور آٹھ شکاف ہیں۔ اس طرح اگر ایک شکاف ایک قطب کے سامنے ہو تو تین شکاف چھوڑ کر موجود شکاف دوسرے قطب کے سامنے ہو گا۔ ہم کہتے ہیں کہ ایسے دو شکاف "ایک قطب فاصلہ" پر ہیں۔ یوں شکاف 1 اور 5 ایک دوسرے سے ایک قطب کے فاصلے پر ہیں جبکہ شکاف 2 اور 6 ایک دوسرے سے ایک قطب کے فاصلے پر ہیں۔

جیسا شکل 8.2 میں دکھایا گیا، اگر لچھے کا ایک طرف شمالی قطب کے سامنے ہو تب اس کا دوسرا طرف، ایک قطب فاصلہ پر، جنوبی قطب کے سامنے ہو گا۔ لچھوں کو شکافوں میں رکھا جاتا ہے۔ یوں شکل 8.4 میں اگر ایک لچھے کا ایک طرف شکاف 1 میں ہو تب اس کا دوسرا طرف، ایک قطب فاصلہ پر، شکاف 5 میں ہو گا۔ حقیقت میں ہر شکاف میں دو لچھے رکھے جاتے ہیں۔ ایک لچھے کو شکاف میں محور کے قریب اور دوسرے کو شکاف میں محور سے دور رکھا جاسکتا ہے۔ ایسا کرنے کے لئے ہمیں دو مختلف جسامت کے لچھے تیار کرنے ہوں گے۔ محور کے قریب رکھا گیا لچھا جسامت میں چھوٹا جبکہ محور سے دور لچھا بڑا ہو گا۔ لچھوں کو پہلے تیار کر کے بعد میں شکافوں میں رکھا جاتا ہے۔ اس سے بہتر ترکیب موجود ہے جو حقیقت میں استعمال ہوتی ہے۔

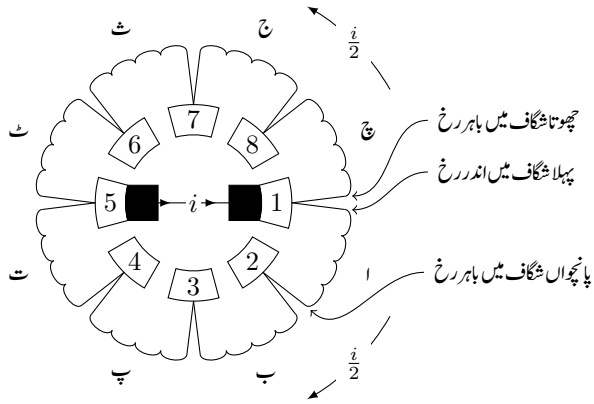
بہتر ترکیب میں ایک لچھے کے ایک طرف کو ایک شکاف میں محور کے قریب اور، ایک قطب فاصلہ پر، دوسرے شکاف میں محور کے دور رکھا جاتا ہے۔ دوسرے لچھے کو انہیں شکافوں میں باقی دو مقامات پر رکھا جاتا ہے۔ یوں دونوں لچھوں کی جسامت ایک دوسرے جیسے ہو گی اور ان میں اتنی ڈھیل ہو گی کہ انہیں شکافوں میں با آسانی رکھا جاسکے۔

اب شکل 8.4 کو تفصیل سے سمجھتے ہیں۔ شکافوں میں موجود لچھوں میں برقی رو کے رخ نقطہ اور صلیب سے ظاہر کئے گئے ہیں۔ نقطہ کا نشان، صفحہ سے عمودی باہر رخ رو کو ظاہر کرتا ہے جبکہ صلیب کا نشان اس کے مخالف رخ رو کو ظاہر کرتا ہے۔ یوں پہلا (1) شکاف میں برقی رو صفحہ کو عمودی اندر رخ ہے۔

شکل 8.4 میں مشین کا عمودی تراش دکھایا گیا ہے۔ مشین کا محور کتاب کے صفحہ کو عمودی ہو گا۔ ہمیں مشین کا (قریبی، بالائی) "سامنے" طرف نظر آ رہا ہے جبکہ (ہم سے دور) "نچلا" طرف ہمیں نظر نہیں آ رہا ہے۔ "سامنے" طرف کی تاروں کو ٹھوس جبکہ "نچلے" طرف (نظر نہ آنے والے) تاروں کو نقطہ دار دکھایا گیا ہے۔ ہر شکاف میں دو لچھے دکھائے گئے ہیں جن میں سے ایک مشین کی محور کے قریب "اندر" جانب اور دوسرا محور سے دور "باہر" جانب ہے۔ پہلا (1) شکاف میں "اندر" جانب موجود لچھا، سمت کار کے پہلا (1) دانت سے جڑا ہے۔ اس جوڑ کو موٹی تیر دار لکیر سے دکھایا گیا ہے جہاں تیر کا نشان برقی رو کے رخ کو ظاہر کرتا ہے۔ شکاف 1 کے "نچلے" طرف (کے اندرونی مقام) سے نکل کر یہ لچھا شکاف 5 میں "نچلے" طرف سے (بیرونی مقام میں) داخل ہوتا ہے۔ اس بات کو نقطہ دار لکیر سے دکھایا گیا ہے۔ اسی طرح دو عدد لچھے شکاف 2 اور 6 میں پائے جاتے ہیں۔ ان میں



شکل 8.4: کاربن بش سٹیکار کے دندوں کو کسر دور نہیں کر رہا ہے۔

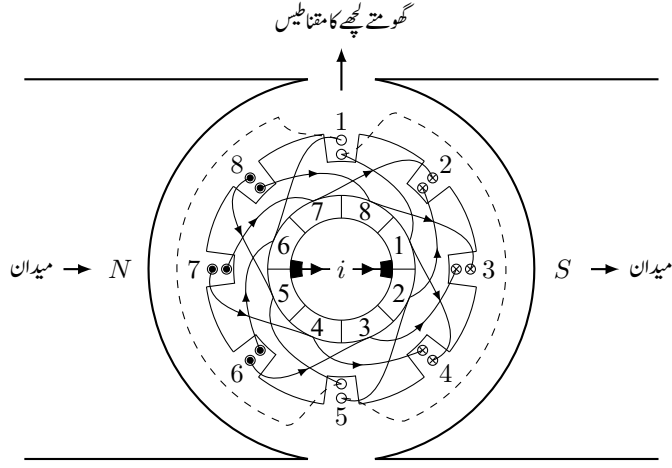


شکل 8.5: سمت کار سے جڑے لچھے۔

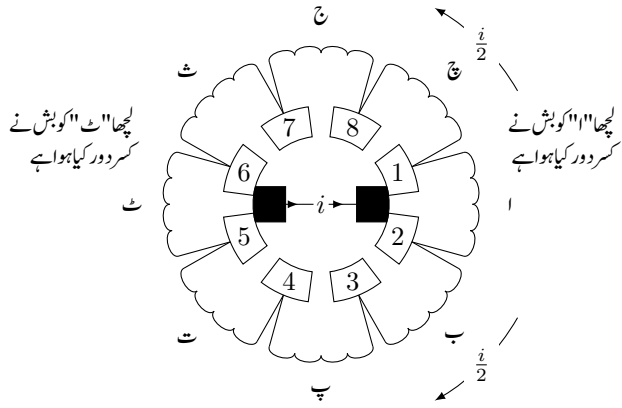
ایک لچھا شکاف 2 میں "اندر" جانب اور شکاف 6 میں "باہر" جانب ہے جبکہ دوسرا لچھا دوسرے شکاف میں "باہر" جانب اور چھٹے شکاف میں "اندر" جانب ہے۔ نقطہ دار لکیریں صرف پہلی اور پانچویں شکافوں کے لئے دکھائی گئی ہیں۔ آپ خود باقی شکافوں کے لئے انہیں بنا سکتے ہیں۔ ہر لچھے کا ایک طرف شکاف میں "اندر" جانب اور دوسرا طرف ایک قطب دور شکاف میں "باہر" جانب ہو گا۔ سمت کار کا پہلا (1) دانت چوتھے (4) شکاف کے "باہر" جانب موجود لچھے سے بھی بڑا ہے۔ آپ یہاں رکھ کر شکل 8.5 کی مدد سے مشین میں برقی رو کے رخ سمجھیں اور تسلی کر لیں کہ یہ درست دکھائے گئے ہیں۔ اس شکل میں لچھوں کو، ب، پ، وغیرہ سے ظاہر کیا گیا ہے جبکہ سمت کار کے دندوں کو گنتی لگائی گئی ہے۔ کاربن کے بش پہلے اور پانچویں دانت سے جڑے دکھائے گئے ہیں۔

شکل 8.5 میں کاربن بش سے برقی رو سمت کار کے پہلے دانت سے ہوتا ہوا دو برابر حصوں میں تقسیم ہو کر دو یکساں متوازی راستوں بہتا ہے۔ ایک راستہ سلسلہ وار جڑے ا، ب، پ اور ت لچھوں پر مشتمل ہے جبکہ دوسرا راستہ سلسلہ وار جڑے ٹ، ث، ج اور چ لچھوں پر مشتمل ہے۔ یہ دو عدد سلسلہ وار راستے آپس میں متوازی جڑے ہیں۔ برقی رو کے رخ نقطہ دار نوک دار لکیروں سے ظاہر کیے گئے ہیں۔ دو متوازی راستوں سے گزرتا برقی رو ایک مرتبہ دوبارہ مل کر ایک ہو جاتا ہے اور سمت کار کے پانچویں دانت سے جڑے کاربن بش کے ذریعہ مشین سے باہر نکل جاتا ہے۔ گھومتے حصہ کے شکافوں میں موجود لچھوں کا برقی رو، مقناطیسی دباؤ پیدا کرے گا جو ساکن مقناطیسی دباؤ کو عمودی ہو گا جیسا شکل 8.4 میں دکھایا گیا ہے۔ گھومتے لچھوں کے مقناطیسی دباؤ کا رخ جاننے کے لئے شکل 8.4 کے شکافوں میں برقی رو پر نظر رکھیں۔ بائیں جانب چار شکافوں میں رو صفحہ سے باہر جبکہ دائیں جانب چار شکافوں میں رو صفحہ کے اندر رخ ہے۔ دائیں ہاتھ کی چار انگلیوں کو انہیں کے رخ گھمانے سے انگوٹھا میدان کا رخ دے گا۔ آپس میں قائمہ مقناطیسی دباؤ دھڑے پر گھڑی وار قوت مروڑ پیدا کریں گے۔ یوں اگر مشین موٹر کے طور پر استعمال کی جا رہی ہو تب یہ گھڑی وار گھومے گی اور کاربن بش پر ایسا بیرونی یک سمت برقی دباؤ لاگو ہو گا جو دکھائے گئے برقی رو پیدا کرتا ہو۔

اب تصور کریں کہ مشین ایک جزیئر کے طور پر استعمال کی جا رہی ہے جس کو خلاف گھڑی بیرونی میکانی طاقت سے گھمایا جا رہا ہے۔ سمت کار کے آدھے دانت کے برابر حرکت کے بعد جزیئر شکل 8.6 میں دکھائے گئے حالت میں ہو گا جہاں دایاں کاربن بش سمت کار کے پہلے اور دوسرے دانت کو کسر دور جبکہ بایاں کاربن بش پانچویں اور چھٹے دانت کو کسر دور کرتے ہیں۔ یوں پہلے اور پانچویں شکافوں کے لچھے کسر دور ہوں گے جبکہ باقی شکافوں کے لچھوں میں حسب معمول برقی رو ہو گا جو پہلے کی طرح اب بھی ساکن لچھوں کے مقناطیسی دباؤ کے عمودی مقناطیسی دباؤ پیدا کریں گے۔ آپ گھومتے لچھوں کے میدان کا رخ دائیں ہاتھ کے قانون سے جان سکتے ہیں۔ بائیں جانب تین شکافوں میں رو صفحہ سے باہر جبکہ دائیں جانب تین شکافوں میں صفحہ کے اندر رخ ہے۔ دائیں ہاتھ کی چار انگلیوں کو انہیں کے رخ گھمائیں۔ انگوٹھا میدان کا رک دے گا۔ اس لمحہ کی وضاحت شکل 8.7 میں کی گئی ہے۔



شکل 8.6: کاربن بش سمت کار کے دندوں کو کسر دور کر رہا ہے۔



شکل 8.7: کاربن بش دو دندوں کو کسر دور کر رہے ہیں۔

مشین جب سمت کار کے ایک دانت کے برابر حرکت مکمل کر لے تو کاربن بش دوسرے اور چھٹے دانت سے جڑ جائیں گے۔ پہلے اور پانچویں شگافوں میں برقی رو کا رخ پہلے کے مخالف ہو جائے گا جبکہ باقی شگافوں میں برقی رو کے رخ برقرار رہیں گے۔ گھومتے لچھوں کا برقی دباؤ اب بھی اسی رخ ہو گا۔

جب دورانہ کے لئے کاربن بش دو لچھوں کو کسر دور کرتے ہیں اتنے وقت میں ان لچھوں میں برقی رو کا رخ الٹ ہو جاتا ہے۔ کوشش کی جاتی ہے کہ اس دوران برقی رو وقت کے ساتھ بتدریج تبدیل ہو۔ ایسا نہ ہونے سے کاربن بش سے چنگاریاں نکلتی ہیں جن سے بش جلد ناکارہ ہو جاتے ہیں۔ جزیٹر کے کسر دور لچھوں میں پیدا برقی دباؤ، کسر دور لچھوں میں گھومتا ناکارہ برقی رو پیدا کرتا ہے جو ہمارے کسی کام کا نہیں ہوتا ہے۔ لچھے اور کاربن بش کی مزاحمت اس ناکارہ رو کی قیمت تعین کرتے ہیں۔

حقیقت میں یک سمت جزیٹر میں فی قطب درجن دانت کا سمت کار استعمال ہو گا اور اگر مشین بہت چھوٹی نہ ہو تو اس میں دو سے زیادہ قطب ہوں گے۔

## 8.2 یک سمت جزیٹر کا برقی دباؤ

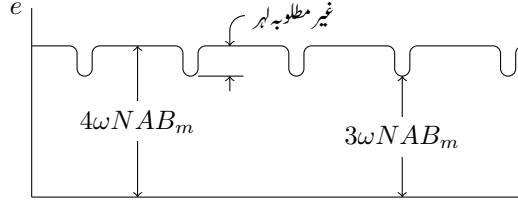
گزشتہ حصہ کے شکل 8.5 میں ا، ب، پ اور ت لچھے سلسلہ وار جڑے ہیں۔ اسی طرح ٹ، ث، ج اور چ لچھے سلسلہ وار جڑے ہیں۔ حصہ 5.3 میں مساوات 5.23 یک لچھی یک سمت جزیٹر کا محرک برقی دباؤ  $e_1$  دیتی ہے۔ اسے یہاں یاد دہیانی کے لئے دوبارہ پیش کرتے ہیں۔

$$(8.1) \quad e_1 = \omega N \phi_m = \omega N A B_m$$

خلائی درز میں یکساں  $B_m$  کی صورت میں تمام لچھوں میں ایک جیسا محرک برقی دباؤ پیدا ہو گا۔ یوں شکل 8.4 میں دکھائے لمحہ پر (شکل 8.5 سے رجوع کریں) جزیٹر کا کل محرک برقی دباؤ  $e$ ، ایک لچھے کے محرک برقی دباؤ کا چار گنا ہو گا

$$(8.2) \quad \begin{aligned} e &= e_1 + e_2 + e_3 + e_4 \\ &= e_1 + e_2 + e_3 + e_4 \\ &= 4\omega N A B_m \end{aligned}$$





شکل 8.8: آٹھ دندی میکانیکی سمت کار سے حاصل برقی دباؤ۔

جبکہ شکل 8.6 میں دکھائے گئے لمحے پر  $e$  صرف تین لچھوں کے محرک برقی دباؤ کا مجموعہ ہو گا (شکل 8.7 سے رجوع کریں):

$$\begin{aligned}
 e &= e_{\text{ب}} + e_{\text{پ}} + e_{\text{ت}} \\
 &= e_{\text{ش}} + e_{\text{ج}} + e_{\text{ج}} \\
 &= 3\omega NAB_m
 \end{aligned}
 \quad (8.3)$$

شکل 8.8 میں آٹھ دندی میکانیکی سمت کار سے حاصل برقی دباؤ دکھایا گیا ہے جہاں ایک سمت برقی دباؤ پر سوار غیر مطلوبہ لہر نظر آ رہی ہیں۔ اگر جنریٹر کے ایک جوڑی قطبین پر  $n$  لچھے ہوں تب شکل 8.5 کی طرح یہ دو  $\frac{n}{2}$  سلسلہ وار لچھوں جتنا محرک برقی دباؤ پیدا کرے گا۔

$$e = \frac{n}{2} \omega N \phi_m = \frac{n}{2} \omega NAB_m \quad (8.4)$$

اس صورت میں غیر مطلوبہ لہر کل ایک سمت برقی دباؤ کی تقریباً

$$\frac{\omega N \phi_m}{\frac{n}{2} \omega N \phi_m} \times 100 = \frac{2}{n} \times 100 \quad (8.5)$$

فی صد ہو گی۔ یوں فی قطب دندوں کی تعداد بڑھانے سے زیادہ ہموار برقی دباؤ حاصل ہو گا اور غیر مطلوبہ لہر قابل نظر انداز ہو گی۔

تصور کریں کہ شکل 8.4 کی مشین کی خلائی درز میں  $B_m$  غیر یکساں ہے۔ اب لچھوں میں محرک برقی دباؤ مساوات 8.1 کے تحت مختلف زاویوں پر مختلف ہو گا۔ اس طرح مشین سے حاصل کل برقی دباؤ چار سلسلہ وار لچھوں کے مختلف محرک برقی دباؤ کا مجموعہ

$$e = e_1 + e_2 + e_3 + e_4 \quad (8.6)$$

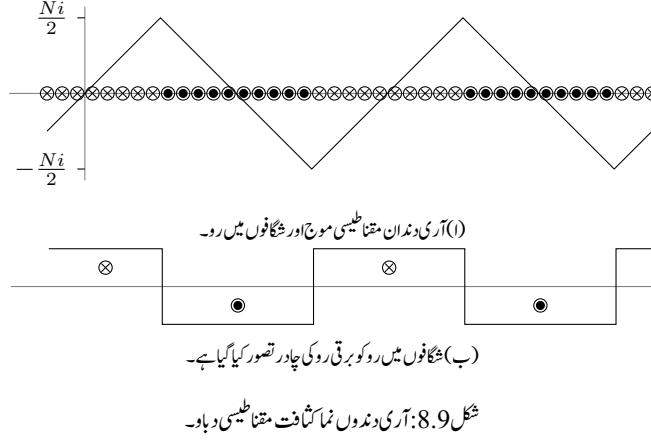
ہو گا جہاں  $e_1, e_2, \dots$  مختلف لچھوں کے محرک برقی دباؤ ہیں۔

شکل 8.4 میں گھومتے حصہ کو ایک دندان کے برابر حرکت دینے سے دوبارہ یہی شکل حاصل ہوتا ہے لہذا ایک دندان حرکت کے بعد حاصل برقی دباؤ بھی دوبارہ وہی ہو گا۔ میکانی سمت کار کے فی قطب دندانوں کی تعداد بڑھانے سے ایک دندان کے برابر حرکت بہت چھوٹی ہو گی لہذا خلائی درز میں ہمواری کے ساتھ تبدیل ہوتے کثافت مقناطیسی بہاؤ کی صورت میں اتنی کم حرکت کے احاطے میں  $B_m$  کی قیمت میں تبدیلی قابل نظر انداز ہو گی اور  $B_m$  کو یکساں تصور کیا جاسکتا ہے۔ یوں اگر لچھا ایک دندان کے احاطے میں حرکت کرے تو اس میں محرک برقی دباؤ تبدیل نہیں ہو گا۔ یعنی جس لچھے کا محرک برقی دباؤ  $e_1$  ہو اس لچھے کا محرک برقی دباؤ ایک دندان احاطے میں یہی رہے گا۔ یوں اگرچہ  $e_1, e_2, \dots$  ایک دوسرے سے مختلف ہو سکتے ہیں لیکن ان میں سے ہر ایک کی ایک مستقل قیمت ہو گی، لہذا مساوات 8.6 میں دیا گیا محرک برقی دباؤ (جو ان مستقل قیمتوں کا مجموعہ ہو گا) بھی ایک مستقل ہو گا۔

ہم نے دیکھا کہ خلائی درز میں ہمواری کے ساتھ تبدیل ہوتے  $B_m$  کی صورت میں جزیئر سے معیاری یک سمت محرک برقی دباؤ حاصل ہو گا۔ بدلتا رو جزیئر میں  $B_m$  سائن نما رکھنا ضروری ہوتا ہے۔ نہایت چھوٹی یک سمت مشینوں کے خلائی درز میں  $B_m$  یکساں رکھا جاتا ہے جبکہ بڑی مشینوں میں اسے ہمواری کے ساتھ تبدیل کیا جاتا ہے۔ جیسا اوپر ذکر ہوا عملاً میکانی سمت کار کے دندانوں تک لچھوں کے سروں کی رسائی ممکن تب ہوتی ہے جب ہر شگاف میں دو لچھے رکھے جائیں۔

شگافوں کی تعداد  $n$  ہونے کی صورت میں شگافوں کی جوڑیوں کی تعداد  $\frac{n}{2}$  ہو گی۔ شگافوں کی ایک جوڑی میں 2 لچھے پائے جاتے ہیں لہذا لچھوں کی کل تعداد  $n$  ہو گی۔ اگر تمام لچھوں میں ملا کر  $N$  چکر ہوں تب ایک لچھے میں  $\frac{N}{n}$  چکر ہوں گے اور ایک شگاف کے دو لچھے، مقناطیسی میدان میں  $\frac{2NI}{n}$  کی تبدیلی پیدا کریں گے۔ یوں بالکل قریب قریب شگافوں میں رکھے گئے لچھوں سے خلائی درز میں سیڑھی نما مقناطیسی دباؤ کی موج پیدا ہو گی جہاں ہر سیڑھی کی اونچائی  $\frac{2NI}{n}$  ہو گی۔ کل چکر  $N$  کو اٹل رکھتے ہوئے شگافوں کی تعداد بڑھانے سے ایک سیڑھی کی اونچائی کم ہو گی۔ یوں کافی زیادہ شگافوں کی صورت میں ایک سیڑھی کی اونچائی قابل نظر انداز ہو گی اور مقناطیسی موج کو سیڑھی موج کی بجائے آری کے دندانوں کی مانند موج تصور کیا جاسکتا ہے جسے شکل 8.9 میں دکھایا گیا ہے۔ شگافوں میں رو کے رخ کو نقطوں اور صلیبوں سے ظاہر کیا گیا ہے۔ زیادہ تعداد کے شگافوں کی صورت میں انفرادی لچھوں میں رو کو برقی رو کی چادر تصور کیا جاسکتا ہے۔

متعدد قطبین مشین میں شمالی اور جنوبی قطبین کے ایک جوڑے کا پیدا کردہ یک سمت برقی دباؤ مساوات 8.4 دے گی جہاں قطبین کے ایک جوڑے پر میکانی سمت کار کے دندانوں کی تعداد  $n$  ہے۔ قطبین کے زیادہ جوڑیوں سے حاصل یک سمت برقی دباؤ کو سلسلہ وار یا متوازی جوڑا جاسکتا ہے۔



### 8.3 قوت مروڑ

ایک سمت مشینوں کا امالی برقی دباؤ اور قوت مروڑ خلائی درز میں مقناطیسی دباؤ کی صورت پر منحصر نہیں ہوتا ہے۔ اپنی سہولت کے لئے ہم خلائی درز میں مقناطیسی دباؤ سائن نمائندگی کرتے ہیں۔

قوی لچھے کے آری دندمان نمائندگی مقناطیسی دباؤ (شکل 8.9) کا بنیادی فوریر جزو<sup>5</sup> درج ذیل ہو گا۔

$$(8.7) \quad \tau_q = \frac{8}{\pi^2} \frac{NI}{2}$$

ایک سمت مشینوں میں ساکن اور گھومتے لچھوں کے مقناطیسی دباؤ آپس میں عمودی ہوتے ہیں لہذا ان میں قوت مروڑ مساوات 5.103 کے تحت درج ذیل ہو گا۔

$$(8.8) \quad T = -\frac{\pi}{2} \left( \frac{P}{2} \right)^2 \phi_m \tau_q$$

مثال 8.1: دو قطب، بارہ دندی میکانی سمت کار کے ایک سمت جزیر میں ہر قوی لچھا بیس چکر کا ہے۔ ایک لچھے سے گزرتا مقناطیسی بہاؤ 0.0442 ویبر ہے۔ جزیر 3600 چکر فی منٹ کی رفتار سے گھوم رہا ہے۔

- جنیٹر کے یک سمت برقی دباؤ میں غیر مطلوبہ لہر کل برقی دباؤ کا کتنا فی صد ہو گا؟
- یک سمت برقی دباؤ حاصل کریں۔

حل:

- مساوات 8.5 سے غیر مطلوبہ لہر  $16.66 = \frac{2}{12} \times 100 = \frac{2}{n} \times 100$  فی صد حاصل ہوتا ہے۔
  - جنیٹر کی رفتار  $60 = \frac{3600}{60}$  ہرٹز ہے یوں مساوات 8.4 سے یک سمت برقی دباؤ درج ذیل حاصل ہو گا۔
- $$e = \frac{12}{2} \times 2 \times \pi \times 60 \times 20 \times 0.0442 = 1999.82 \text{ V}$$

□

#### 8.4 بیرونی ہيجان اور خود ہيجان یک سمت جنیٹر

بیرونی ہيجان<sup>6</sup> یک سمت جنیٹر کے میدانی لچھے کو بیرونی یک سمت برقی دباؤ فراہم کیا جاتا ہے جبکہ خود ہيجان<sup>7</sup> یک سمت جنیٹر کے میدانی لچھے کو جنیٹر کا اپنا محرک برقی دباؤ فراہم کیا جاتا ہے۔ یک سمت جنیٹر کی کارکردگی اس کو ہيجان کرنے کے طریقے پر منحصر ہوتی ہے۔

شکل 8.10-۱ میں قوی لچھے<sup>8</sup> اور میدانی لچھے<sup>9</sup> کو آپس میں عمودی بنایا گیا ہے۔ یوں یاد رہتا ہے کہ ان لچھوں کے پیدا کردہ مقناطیسی دباؤ آپس میں عمودی ہیں۔ یہاں قوی لچھے کی صورت میکانیکی سمت کار کی طرح بنائی گئی ہے۔

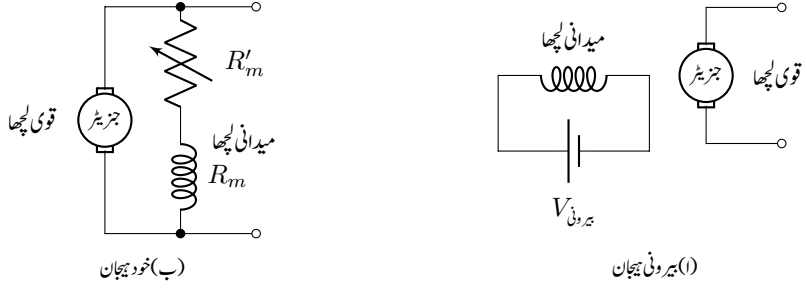
میدانی اور قوی لچھوں کے مقناطیسی دباؤ آپس میں عمودی ہیں جس سے ہم اخذ کر سکتے ہیں کہ ایک لچھے کا برقی دباؤ دوسرے لچھے کے برقی دباؤ پر اثر انداز نہیں ہو گا۔ یوں مقناطیسی قالب کے کسی ایک رخ سیرایت، اس رخ کے عمودی دوسرے رخ کی سیرایت پر اثر انداز نہیں ہو گی۔

separately excited<sup>6</sup>

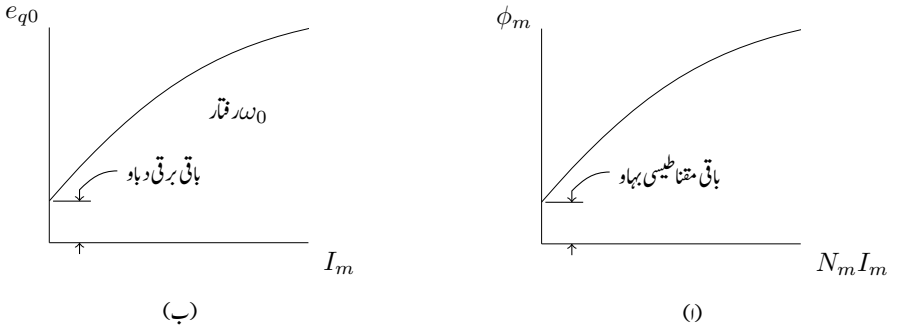
self excited<sup>7</sup>

armature coil<sup>8</sup>

field coil<sup>9</sup>



شکل 8.10: بیرونی بیجان اور خود بیجان یک سمت جہزیٹر۔



شکل 8.11: میدانی برقی رو سے محرک برقی دباو کا پوکیا جاتا ہے۔

شکل 8.10-1 میں بیرونی ہیجان مشین کے میدانی لچھے کو بیرونی یک سمت برقی طاقت مہیا کی گئی ہے۔ میدانی لچھے کا برقی رو تبدیل کر کے میدانی مقناطیسی دباؤ  $\tau_m$ ، میدانی مقناطیسی بہاؤ  $\phi_m$  اور کشاف مقناطیسی بہاؤ  $B_m$  تبدیل کیے جاسکتے ہیں۔ یوں جزیئر کا محرک برقی دباؤ مساوات 8.1 کے تحت تبدیل کیا جاسکتا ہے یا موٹر کی قوت مروڑ مساوات 8.8 کے تحت تبدیل کی جاسکتی ہے۔

برقی رو کے بڑھنے سے قالب کی سیرابیت شکل 8.11 میں واضح ہے۔ قالبی سیرابیت کی بنا برقی رو بڑھاتے ہوئے ابتدائی طور محرک برقی دباؤ اور میدانی لچھے کا برقی رو راست تناسب ہوں گے جبکہ زیادہ برقی رو پر ایسا نہیں ہو گا۔ شکل-ب کی ترسیم مشین کے کھلے سر معائنہ سے حاصل کی جاسکتی ہے۔ شکل-ب میں محرک برقی دباؤ کو  $e$  کی بجائے  $e_{q0}$  لکھ کر یاد دہانی کرائی گئی ہے یہ دباؤ قوی لچھے سے ایک معین رفتار  $\omega_0$  پر حاصل کیا گیا ہے۔ کسی دوسری رفتار  $\omega$  پر محرک برقی دباؤ  $e_q$  کے حصول کے لئے مساوات 8.4 کی مدد سے

$$(8.9) \quad \frac{e_q}{e_{q0}} = \frac{\frac{n}{2}\omega NAB_m}{\frac{n}{2}\omega_0 NAB_m} = \frac{\omega}{\omega_0}$$

لکھ کر

$$(8.10) \quad e_q = \frac{\omega}{\omega_0} e_{q0}$$

یا

$$(8.11) \quad e_q = \frac{rpm}{rpm_0} e_{q0}$$

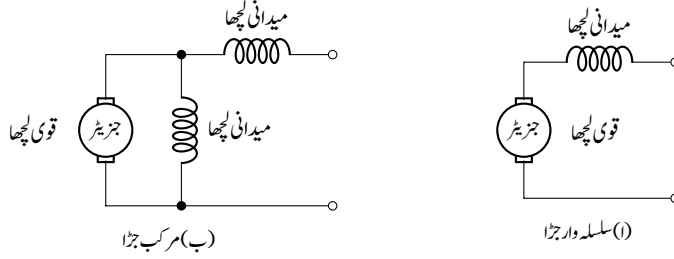
حاصل کیا جاسکتا ہے جہاں رفتار کو چکر فی منٹ  $^{10}$  میں (بھی) لیا گیا ہے۔ یاد رہے کہ یہ مساوات صرف اس صورت درست ہوں گے جب مقناطیسی میدان تبدیل نہ ہو۔

شکل 8.10-ب میں خود ہیجان مشین دکھائی گئی ہے جس کے میدانی اور قوی لچھے متوازی جڑے ہیں۔ اس طرح جڑے جزیئر کو خود ہیجان متوازی جڑا <sup>11</sup> جزیئر کہتے ہیں۔ میدانی لچھے کے ساتھ ایک مزاحمت سلسلہ وار جڑی ہے۔ اس مزاحمت کو تبدیل کر کے میدانی برقی رو تبدیل کیا جاتا ہے جس سے، بالکل بیرونی ہیجان مشین کی طرح، جزیئر کا محرک برقی دباؤ یا موٹر کی قوت مروڑ تبدیل کی جاتی ہے۔ ایک بار ہیجان ہونے کے بعد مقناطیسی قالب میں باقی مقناطیسی بہاؤ رہتا ہے جیسا شکل 8.11-ا میں دکھایا گیا ہے۔ یوں میدانی لچھا ہیجان کئے بغیر جزیئر کچھ محرک برقی دباؤ پیدا کرے گا <sup>12</sup>۔ شکل-ب میں صفر میدانی برقی رو پر باقی برقی دباؤ دکھایا گیا ہے۔

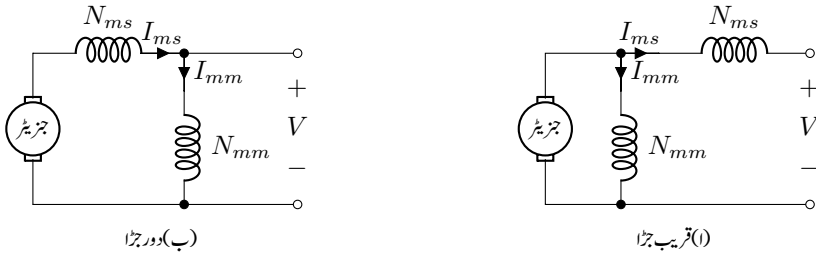
<sup>10</sup> rpm, rounds per minute

<sup>11</sup> parallel connected

<sup>12</sup> آپ ٹیمک سوچ رہے ہیں۔ جزیئر بنانے کے کارخانہ میں قالب کو پہلی مرتبہ مقناطیس بنانا پڑتا ہے۔



شکل 8.12: سلسلہ وار اور مرکب جڑا خود بیجان جزیئر۔



شکل 8.13: مرکب قریب جڑا اور مرکب دور جڑا خود بیجان جزیئر

خود بیجان جزیئر ساکن حال سے چالو ہو کر ابتدائی طور پر باقی محرک برقی دباؤ پیدا کرے گا جو میدانی لچھے میں برقی رو پیدا کر کے مقناطیسی میدان پیدا کرتے ہوئے مشین کو ذرا زیادہ بیجان کرتا ہے۔ یوں مشین کا محرک برقی دباؤ بھی کچھ بڑھ جائے گا۔ اس طرح کرتے کرتے جزیئر جلد پورا محرک برقی دباؤ پیدا کرنا شروع کرتا ہے۔ یہ سب اسی دوران ہوتا ہے جس میں مشین کی رفتار بڑھ رہی ہوتی ہے۔

شکل 8.12 میں خود بیجان جزیئر کے دو مزید اقسام دکھائے گئے ہیں۔ ایک خود بیجان سلسلہ وار جڑا جزیئر اور دوسرا خود بیجان مرکب جزیئر ہے۔ سلسلہ وار جڑے جزیئر میں میدانی اور قوی لچھے سلسلہ وار جڑے ہوتے ہیں۔ مرکب جزیئر میں میدانی لچھا دو حصوں پر مشتمل ہوتا ہے۔ ایک حصہ قوی لچھے کے متوازی اور دوسرا سلسلہ وار جڑا ہوتا ہے۔ مزید، متوازی حصہ قوی لچھے کے قریب ہو سکتا ہے یا سلسلہ وار لچھے کی دوسری جانب، دور جڑا ہو سکتا ہے۔ پہلی صورت میں اسے قریب جڑا مرکب جزیئر اور دوسری صورت میں دور جڑا مرکب جزیئر کہیں گے۔ شکل 8.13 میں مرکب جزیئر کے دونوں اشکال دکھائے گئے ہیں۔

یک سمت موٹر بھی اسی طرح پکارے جاتے ہیں۔ یعنی شکل 8.10 کی طرح جڑی دو موٹروں کو بیرونی بیجان موٹر اور خود بیجان متوازی جڑی موٹر کہیں گے۔ موٹر میں قوی لچھے کا برقی رو جزیئر کے برقی رو کا مخالف رخ ہو گا۔

تمام اقسام کے یک سمت جزیٹر کا میدانی مقناطیسی دباؤ، جزیٹر کے میدانی لچھے کے چکر ضرب برقی رو کے برابر ہو گا:

$$(8.12) \quad \tau = N_m I_m$$

شکل 8.10 میں خود ہیجان متوازی جڑے جزیٹر کے میدانی لچھے میں برقی رو، اس لچھے کی مزاحمت اور اس کے ساتھ جڑی مزاحمت کے مجموعہ  $R = R_m + R'_m$  پر منحصر ہو گا یعنی  $I_m = \frac{V}{R}$  لہذا خود ہیجان متوازی جڑی جزیٹر کے لئے مساوات 8.12 درج ذیل صورت اختیار کرتی ہے۔

$$(8.13) \quad \tau_{m,m} = \frac{I_m V}{R_m + R'_m}$$

سلسلہ وار جڑا جزیٹر میں میدانی برقی رو جزیٹر کے قوی لچھے کا برقی رو ہو گا لہذا سلسلہ وار جزیٹر کے لئے مساوات 8.12 درج ذیل صورت اختیار کرتی ہے۔

$$(8.14) \quad \tau_{m,s} = N_m I_q$$

شکل 8.13 کے مرکب جزیٹر میں میدانی مقناطیسی دباؤ کے دو حصے ہیں۔ اس میں  $N_{mm}$  چکر کے متوازی جڑے میدانی لچھے میں برقی رو  $I_{mm}$  اور  $N_{ms}$  چکر کے سلسلہ وار جڑے میدانی لچھے میں برقی رو  $I_{ms}$  ہے لہذا اس جزیٹر کے لئے درج ذیل ہو گا۔

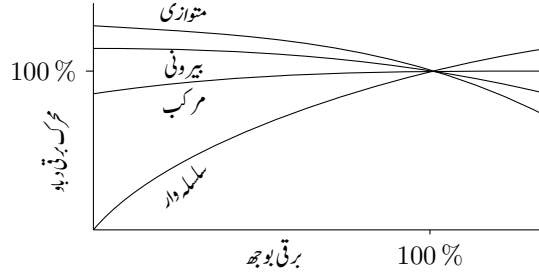
$$(8.15) \quad \tau_{m,mk} = N_{ms} I_{ms} + N_{mm} I_{mm}$$

## 8.5 یک سمت مشین کی کارکردگی کے خط

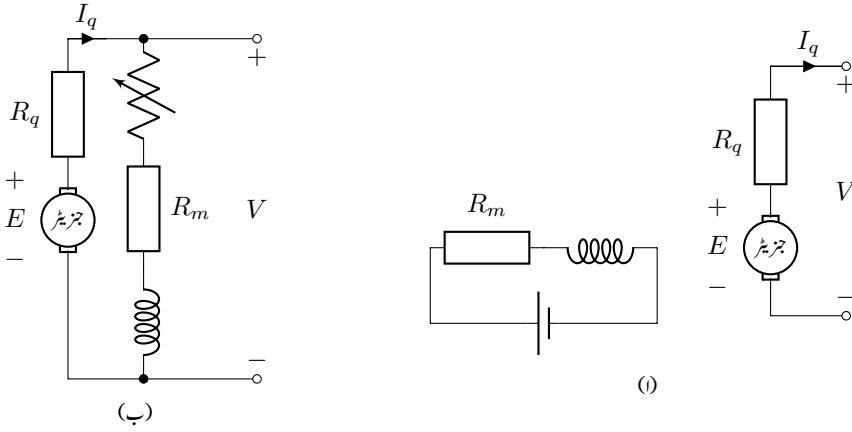
### 8.5.1 حاصل برقی دباؤ بالمقابل برقی بوجھ

مختلف اقسام کے یک سمت جزیٹروں کے برقی دباؤ بالمقابل برقی بوجھ خطوط شکل 8.14 میں دکھائے گئے ہیں جہاں مستقل گھومتی رفتار تصور کی گئی ہے۔ دھرے پر لاگو بیرونی میکانی طاقت جزیٹر کی قوت مروڑ کے خلاف جزیٹر کو گھماتی ہے۔





شکل 8.14: یک سمت جنریٹر کی محرک برقی دباؤ بمقابلہ برقی بوجھ کے خط۔



شکل 8.15: بیرونی ہیجان، متوازی جڑے جنریٹر کا مساوی برقی دور۔

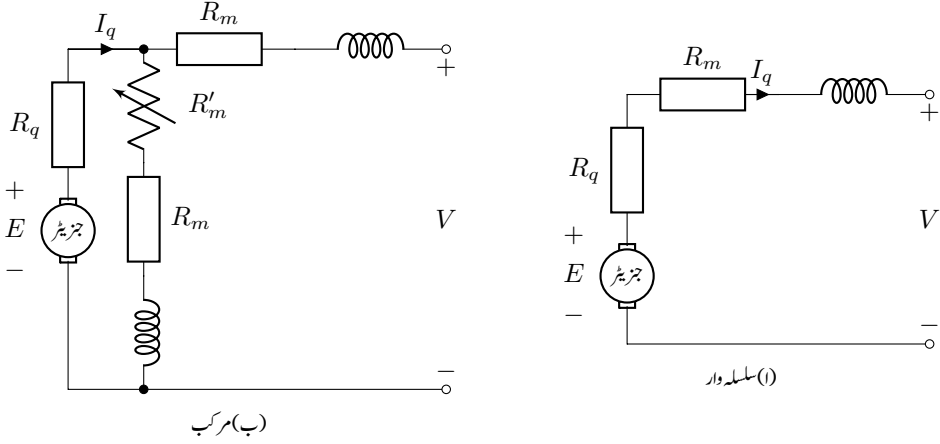
ان خطوط کو سمجھنے کی خاطر پہلے بیرونی ہیجان جنریٹر پر غور کرتے ہیں جس کا مساوی برقی دور شکل 8.15-ا میں دیا گیا ہے۔ بیرونی ہیجان جنریٹر پر برقی بوجھ لادنے سے قوی لچھے کی مزاحمت  $R_q^{13}$  میں برقی رد  $I_q$  کی بنا اس مزاحمت میں برقی دباؤ گھٹتا ہے۔ یوں جنریٹر سے حاصل برقی دباؤ  $V$ ، جنریٹر کے اندرونی محرک برقی دباؤ  $E_q$  سے کچھ کم ہو گا:

$$(8.16) \quad V = E_q - I_q R_q$$

برقی بوجھ  $I_q$  بڑھانے سے جنریٹر سے حاصل برقی دباؤ مزید کم ہو گا۔ بیرونی ہیجان جنریٹر کا خط یہی رجحان ظاہر کرتا ہے۔ حقیقت میں دیگر وجوہات بھی اثر انداز ہوتے ہیں جن کی بنا یہ خط سیدھا نہیں بلکہ جھکا ہوتا ہے۔

متوازی جڑی جنریٹر کے خط کا بھی یہی رجحان ہے۔ متوازی جڑی جنریٹر پر بھی برقی بوجھ لادنے سے قوی لچھے کی

<sup>13</sup> علامت  $R_q$  کے زبردشت میں  $q$  لفظ قوی کے پہلی حرف کو ظاہر کرتی ہے۔



شکل 8.16: سلسلہ وار اور مرکب جزیئر کے مساوی برقی دور۔

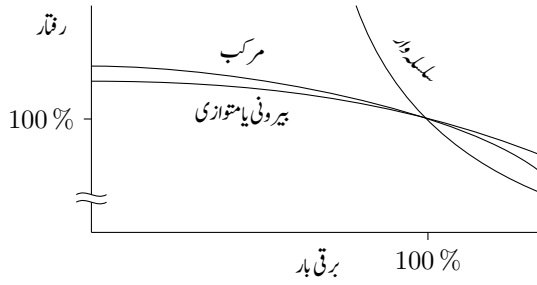
مزاہمت میں برقی دباؤ گھٹتا ہے۔ یوں اس کے میدانی لچھے پر لاگو برقی دباؤ بھی کم ہو جاتا ہے جس سے میدانی لچھے میں برقی رو گھٹتا ہے۔ اس سے محرک برقی دباؤ مزید کم ہوتا ہے۔ یوں متوازی جڑے جزیئر کے برقی دباؤ بالمقابل برقی بوجھ خط کی ڈھلوان بیرونی ہیجان جزیئر کی خط سے زیادہ ہوگی۔

شکل 8.16 میں سلسلہ وار اور مرکب جزیئر کے مساوی برقی ادوار دکھائے گئے ہیں۔ سلسلہ وار جڑے جزیئر کے میدانی لچھے میں لدے بوجھ کا برقی رو گزرتا ہے۔ اس طرح بوجھ بڑھانے سے میدانی مقناطیسی دباؤ بڑھ کر محرک برقی دباؤ بڑھتا ہے۔ سلسلہ وار جڑے جزیئر کا خط یہی دکھا رہا ہے۔ سلسلہ وار جڑے جزیئر عموماً استعمال نہیں ہوتے چونکہ ان سے حاصل برقی دباؤ، بوجھ کے ساتھ بہت زیادہ تبدیل ہوتا ہے۔

مرکب جڑے جزیئر کی کارکردگی سلسلہ وار اور متوازی جڑا جزیئر کے بیچ ہے۔ مرکب جزیئر میں بوجھ بڑھانے سے قوی لچھے کی وجہ سے حاصل برقی دباؤ میں کمی کو میدانی لچھے کا بڑھتا مقناطیسی دباؤ پورا کرتا ہے۔ یوں مرکب جزیئر سے حاصل برقی دباؤ، لدے بوجھ کے ساتھ بہت کم تبدیل ہوتا ہے۔

بیرونی ہیجان، متوازی اور مرکب جڑے جزیئر سے حاصل برقی دباؤ کو متوازی جڑی لچھے کے برقی رو سے وسیع حدوں تک تبدیل کیا جاسکتا ہے۔

قوی لچھا برقی بوجھ کو درکار برقی رو فراہم کرتا ہے لہذا یہ موٹی موصل تار کا بنا اور عموماً کم چکر کا ہوتا ہے۔ سلسلہ وار جزیئر کے میدانی لچھے سے مشین کا پورا برقی رو گزرتا ہے لہذا یہ بھی موٹی موصل تار کا بنا ہوتا ہے۔ باقی مشینوں



شکل 8.17: یک سمت موٹر کے میکانیکی بوجھ بالمتقابل رقتار خطوط۔

کے میدانی لچھوں میں پورے برقی بوجھ کا چند فی صد برقی رو گزرتا ہے لہذا یہ باریک موصل تار کے بنائے اور عموماً زیادہ چکر کے ہوتے ہیں۔

## 8.5.2 رقتار بالمتقابل قوت مروڑ

یہاں بھی شکل 8.15 اور شکل 8.16 سے رجوع کریں البتہ ان اشکال میں برقی رو کے رخ الٹ کر دیں۔ یک سمت موٹر بھی جزیئر کی طرح مختلف طریقوں سے جڑے جاتے ہیں۔ موٹر کو معین بیرونی برقی دباؤ دی جاتی ہے جہاں سے یہ برقی رو حاصل کرتا ہے۔ برقی رو باہر سے قوی لچھے میں داخل ہوتا ہے لہذا ان کے لئے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$V = E_q + I_q R_q$$

$$I_q = \frac{V - E_q}{R_q} \quad (8.17)$$

بیرونی ہیجان اور متوازی جڑی موٹروں میں میدانی لچھے کو برقرار معین بیرونی برقی دباؤ فراہم کیا جاتا ہے لہذا میدانی مقناطیسی بہاو پر میکانیکی بوجھ کا کوئی اثر نہیں ہوتا ہے۔ بڑھتا میکانیکی بوجھ اٹھانے کی خاطر، مساوات 8.8 کے تحت، قوی لچھے کا مقناطیسی بہاو بڑھنا ہو گا۔ یہ تب ممکن ہو گا جب قوی لچھے میں برقی رو بڑھے۔ مساوات 8.17 سے ہم دیکھتے ہیں کہ قوی لچھے کا محرک برقی دباؤ  $E_q$  گٹھنے سے ہی ایسا ممکن ہو گا۔  $E_q$  موٹر کی رقتار پر منحصر ہے لہذا موٹر کی رقتار کم ہو جائے گی۔ یوں جیسا شکل 8.17 میں یہ دکھایا گیا ہے میکانیکی بوجھ بڑھانے سے موٹر کی رقتار کم ہوتی ہے۔

متوازی جڑی یا بیرونی ہیجان موٹر تقریباً مستقل رقتار برقرار رکھتی ہے۔ اس کی رقتار بے بوجھ حالت سے پوری طرح بوجھ بردار حالت تک تقریباً پانچ فی صد گٹھتی ہے۔ ان موٹروں کی رقتار نہایت آسانی سے میدانی لچھے کا برقی رو

تبدیل کر کے تبدیل کی جاتی ہے۔ میدان لچھے کے ساتھ سلسلہ وار جڑی مزاحمت تبدیلی کر کے میدانی لچھے کا برقی رو تبدیل کیا جاتا ہے۔ یوں ان کی رفتار وسیع حدوں کے بیچ تبدیل کرنا ممکن ہوتا ہے۔ موٹر پر لاگو بیرونی برقی دباؤ تبدیل کر کے بھی رفتار قابو کی جاسکتی ہے۔ ایسا عموماً قوی برقیات کی مدد سے کیا جاتا ہے۔

ساکن حال سے چالو کرتے ہوئے لمحہ کی قوت مروڑ اور زیادہ سے زیادہ قوت مروڑ، ان موٹروں کے قوی لچھے تک برقی رو پہنچانے کی صلاحیت پر منحصر ہوتی ہے جو از خود میکانیکی سمت کار پر منحصر ہوگا۔

سلسلہ وار جڑی موٹر پر میکانیکی بوجھ بڑھانے سے قوی اور میدانی لچھوں میں برقی رو بڑھتا ہے جس کی بنا میدانی مقناطیسی بہاؤ بڑھے گا اور، مساوات 8.17 کے تحت  $V$  اور  $R_q$  اٹل ہونے کی بنا،  $E_q$  کو کم ہونا ہوگا جو موٹر کی رفتار گٹھنے سے ہوگا۔ بوجھ بڑھانے سے ان موٹر کی رفتار کافی زیادہ کم ہوتی ہے۔ ایسے موٹر ان مقامات پر بہتر ثابت ہوتے ہیں جہاں زیادہ قوت مروڑ درکار ہو۔ بڑھتی قوت مروڑ کے ساتھ ان کی رفتار کم ہونے کی وجہ سے درکار برقی طاقت، قوت مروڑ کے ساتھ زیادہ تبدیل نہیں ہوتی۔

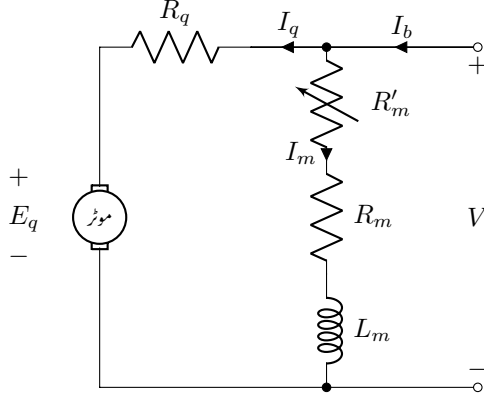
یہاں اس بات کا ذکر ضروری ہے کہ بے بوجھ سلسلہ وار جڑی موٹر کی رفتار خطرناک حد تک بڑھ سکتی ہے۔ ایسے موٹر کو استعمال کرتے وقت اس بات کا خاص خیال رکھنا ضروری ہے کہ موٹر ہر لمحہ بوجھ بردار رہے۔

ساکن موٹر چالو کرتے وقت  $I_q$  زیادہ ہوگا لہذا زیادہ مقناطیسی بہاؤ پیدا ہوگا۔ یوں چالو کرتے وقت موٹر کی قوت مروڑ خاصی زیادہ ہوگی۔ یہ ایک اچھی خوبی ہے جس کی بنا بوجھ بردار ساکن موٹر کو چالو کرنا آسان ہوتا ہے۔

مرکب موٹروں میں ان دو اقسام کی موٹروں کے خواص پائے جاتے ہیں۔ جہاں بوجھ بردار موٹر چالو کرنا ضروری ہو لیکن رفتار میں سلسلہ وار موٹر جتنی تبدیلی منظور نہ ہو وہاں مرکب موٹر کارآمد ثابت ہوتے ہیں۔

مثال 8.2: ایک 75 کلو واٹ، 415 وولٹ اور 1200 چکر فی منٹ کی رفتار سے چلنے والی متوازی جڑی ایک سمت موٹر کے قوی لچھے کی مزاحمت 0.072 اوہم اور میدانی لچھے کی مزاحمت 83.2 اوہم ہے۔ بوجھ بردار موٹر 1123 چکر فی منٹ کی رفتار سے چلتے ہوئے 112 ایمپیر لے رہی ہے۔

- میدانی برقی رو اور قوی لچھے کا برقی رو حاصل کریں۔
- موٹر کی اندرونی پیدا کردہ برقی دباؤ حاصل کریں۔



شکل 8.18: یک سمت موٹر کی مثال۔

- اگر میدانی لچھے کی مزاحمت 100.2 اوہم کر دی جائے لیکن قوی لچھے کا برقی رو تبدیل نہ ہو تب موٹر کی رفتار کتنی ہو گی؟ قالب کی سیرایت کو نظر انداز کریں۔

حل:

- شکل 8.18 سے رجوع کریں۔ 415 وولٹ پر میدانی لچھے کا برقی رو درج ذیل ہو گا۔

$$I_m = \frac{V}{R_m + R'_m} = \frac{415}{83.2} = 4.988 \text{ A}$$

- یوں قوی لچھے کا برقی رو  $I_q = I_b - I_m = 112 - 4.988 = 107.012 \text{ A}$  ہو گا۔

- یک سمت موٹر کا اندرونی پیدا کردہ برقی دباؤ درج ذیل ہو گا۔

$$E_q = V - I_q R_q = 415 - 107.012 \times 0.072 = 407.295 \text{ V}$$

- اگر میدانی لچھے کی مزاحمت 100.2 اوہم کر دی جائے تب  $I_m$  درج ذیل ہو گا۔

$$I_m = \frac{V}{R_m + R'_m} = \frac{415}{100.2} = 4.1417 \text{ A}$$

- اگر قوی لچھے کا برقی رو 107.012 ایمپیر ہی رکھا جائے تب اندرونی دباؤ درج ذیل ہو گا۔

$$E_q = V - I_q R_q = 415 - 107.012 \times 0.072 = 407.295 \text{ V}$$

- مساوات 8.4 کی مدد سے چونکہ اندرونی پیدا کردہ برقی دباؤ تبدیل نہیں ہوا لیکن مقناطیسی بہاؤ تبدیل ہوا ہے لہذا موٹر کی رفتار تبدیل ہوگی۔ ان دو مقناطیسی بہاؤ اور رفتاروں پر مساوات 8.9 کی طرح درج ذیل لکھا جا سکتا ہے۔

$$\frac{E_{q1}}{E_{q2}} = \frac{\frac{n}{2}\omega_1 N \phi_{m1}}{\frac{n}{2}\omega_2 N \phi_{m2}}$$

اب چونکہ  $E_{q1} = E_{q2}$  ہے لہذا  $\omega_1 \phi_{m1} = \omega_2 \phi_{m2}$  ہو گا۔ قلبی سیرایت نظر انداز کرتے ہوئے مقناطیسی بہاؤ، میدانی دباؤ پر منحصر ہو گا جو از خود میدانی برقی رو پر منحصر ہو گا لہذا درج ذیل ہو گا۔

$$\frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{rpm_1}{rpm_2} = \frac{\phi_{m2}}{\phi_{m1}} = \frac{I_{m2}}{I_{m1}}$$

یوں نئی رفتار

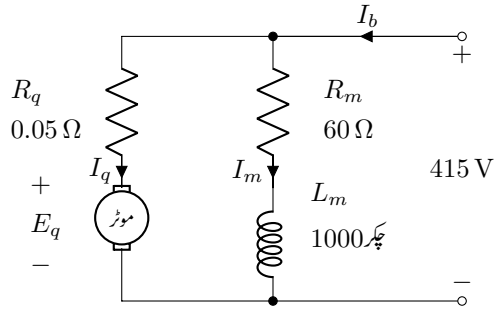
$$rpm_2 = \frac{I_{m1}}{I_{m2}} \times rpm_1 = \frac{4.988}{4.1417} \times 1123 = 1352.47$$

چکر فی منٹ حاصل ہوتی ہے۔ اس مثال میں ہم دیکھتے ہیں کہ میدانی برقی رو کم کرنے سے موٹر کی رفتار بڑھتی ہے۔

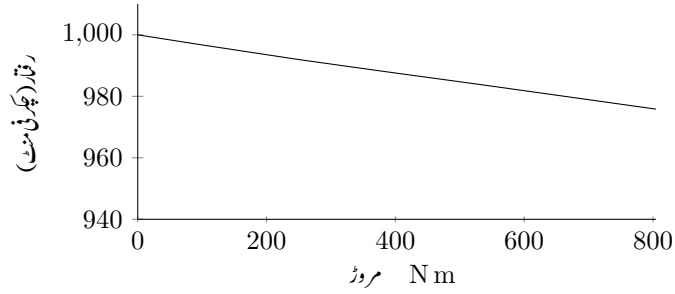
□

مثال 8.3: ایک 60 کلو واٹ، 415 وولٹ، 1000 چکر فی منٹ متوازی جڑی یک سمت موٹر کی قوی لچھے کی مزاحمت 0.05 اوہم اور میدانی لچھے کی 60 اوہم ہے۔ بے بوجھ موٹر کی رفتار 1000 چکر فی منٹ ہے۔ میدانی لچھا 1000 چکر کا ہے۔

- جب یہ موٹر 70 ایمپیر لے رہی ہو اس وقت اس کی رفتار معلوم کریں۔
- 140 ایمپیر پر اس کی رفتار معلوم کریں۔
- 210 ایمپیر پر اس کی رفتار معلوم کریں۔
- اس موٹر کی رفتار بالمقابل قوت مروڑ ترسیم کریں۔



شکل 8.19: متوازی جڑی موٹر کی مثال۔



شکل 8.20: رفتار بالمتقابل قوت مروڑ۔

حل:

- شکل 8.19 میں موٹر دکھائی گئی ہے۔ متوازی میدانی لچھے کے برقی رو پر بوجھ کا کوئی اثر نہیں ہو گا۔ لہذا میدانی مقناطیسی بہاؤ بے بوجھ اور بوجھ بردار موٹر میں ایک جیسا ہو گا۔ بے باریک سمت موٹر کے قوی لچھے کا برقی رو  $I_q$  قابل نظر انداز ہوتا ہے۔ اس طرح مساوات 8.17 اور مساوات 8.11 سے درج ذیل حاصل ہوں گے۔

$$E_q = V - I_q R_q = 415 - 0 \times R_q = 415 \text{ V}$$

$$I_m = \frac{V}{R_m} = \frac{415}{60} = 6.916 \text{ A}$$

- یوں 415 ولٹ محرک برقی دباؤ پر 1000 چکر فی منٹ یا 16.66 چکر فی سیکنڈ رفتار حاصل ہو گا۔ 70 ایمپیر برقی بوجھ پر بھی  $I_m = 6.916 \text{ A}$  ہو گا جبکہ  $I_q$  درج ذیل ہو گا۔

$$I_q = I_b - I_m = 70 - 6.916 = 63.086 \text{ A}$$

مساوات 8.17 سے

$$E_q = V - I_q R_q = 415 - 63.086 \times 0.05 = 411.8458 \text{ V}$$

اور مساوات 8.11 سے رفتار (چکر فی منٹ) حاصل کرتے ہیں۔

$$rpm = \frac{e_q}{e_{q0}} rpm_0 = \frac{411.8458}{415} \times 1000 = 991.95$$

- آئیں ان تمام کو  $I_b = 140 \text{ A}$  کے لئے حاصل کریں۔

$$I_q = I_b - I_m = 140 - 6.916 = 133.084 \text{ A}$$

$$E_q = 415 - 133.084 \times 0.05 = 408.3458 \text{ V}$$

$$rpm = \frac{408.3458}{415} \times 1000 = 983.96$$

- یہاں  $I_b = 210 \text{ A}$  ہے لہذا درج ذیل ہوں گے۔

$$I_q = I_b - I_m = 210 - 6.916 = 203.084 \text{ A}$$

$$E_q = 415 - 203.084 \times 0.05 = 404.8458 \text{ V}$$

$$rpm = \frac{404.8458}{415} \times 1000 = 975.83$$



- موٹر میں ضیاع طاقت کو نظر انداز کرتے ہوئے میکانی طاقت فراہم کردہ برقی طاقت کے برابر ہوگی:

$$(8.18) \quad e_q I_q = T \omega$$

یوں پچھلے جزو سے حاصل جوابات کی مدد سے بے بوجھ موٹر کی قوت مروڑ صفر ہوگی یعنی  $T_0 = 0 \text{ N m}$  جبکہ 70 ایمپیر پر قوت مروڑ کی قیمت درج ذیل ہوگی۔

$$T_{70} = \frac{e_q I_q}{\omega} = \frac{411.8458 \times 63.086}{2 \times \pi \times 16.5325} = 250 \text{ N m}$$

یہاں 991.95 چکر فی منٹ کی رفتار کو 16.5325 ہرٹز لکھا گیا ہے۔ اسی طرح درج ذیل ہوں گے۔

$$T_{140} = \frac{e_q I_q}{\omega} = \frac{408.3458 \times 133.084}{2 \times \pi \times 16.399} = 527 \text{ N m}$$

$$T_{210} = \frac{e_q I_q}{\omega} = \frac{404.8458 \times 203.084}{2 \times \pi \times 16.26} = 805 \text{ N m}$$

یہ نتائج شکل 8.20 میں ترسیم کئے گئے ہیں۔





- 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, 165
- ground current, 95
- ground wire, 95
  
- ampere-turn, 33
- armature coil, 135, 255
  
- capacitor, 198
- 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, 170, 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, 170  
 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  
 turbine, 181

unit vector, 2

VA, 76  
 vector, 2  
 volt, 141  
 volt-ampere, 76  
 voltage, 141  
     DC, 170  
     transformation, 65

Watt, 44

Weber, 33

winding  
     distributed, 144  
 winding factor, 152

    secondary, 55  
 single phase, 23, 59  
 slip, 213  
 slip rings, 181, 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  
تختی، 98

تعدد، 134  
تعقب، 182  
تفرق، 18

جزوی، 18  
تکونی جوڑ، 94  
توانائی، 44

ہمد، 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

امالی

برقی دباؤ، 50

امالہ، 40

رستا، 187

امالی برقی دباؤ، 61، 38

ایک، تین پتریاں، 62

ایمپیسر۔ چکر، 33

بار، 141

برقرار چالو، 179، 101

برقی گھیر، 198

برقیات

قوی، 211

برقی بار، 141، 10

برقی دباؤ، 141، 28

تبادلہ، 65، 56

محرک، 142

پہچانی، 189

یک سمت، 170

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  
تائیری، 22  
جزیر  
بدلتارو، 165  
جوڑ  
تکونی، 94  
ستارہ نما، 94  
چرخاب، 181  
چکر فی منٹ، 130  
چوٹی، 215  
حال  
عارضی، 179  
یکساں، 179  
خطی  
برقی دور، 230  
خودار تہا بہاؤ، 43  
خودامالہ، 43  
داخلی پیمان  
سلسلہ وار، 258  
متوازی، 258  
مرکب، 258  
دور پڑا مرکب، 258  
دور شکن، 183  
دوری سمتیہ، 190، 21  
دوری عرصہ، 146، 101  
رستا  
امالہ، 79  
متعاملہ، 79  
رستائے تعاملیت، 221  
رفقار  
اضافی زاویائی، 216  
روغن، 62  
روک، 232  
ریاضی نمونہ، 81، 211  
ریلے، 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، 181، 233  
سطحی عمل، 185  
سطحی کشاف، 11  
سکت، 97، 98  
سلسلہ وار، 150  
سمت کار، 245  
برقیاتی، 170  
میکانی، 170  
سمتیہ، 2  
عمودی اکائی، 3  
سمتی رفقار، 104  
سیرابیت، 47  
ضرب  
نقطہ، 15  
ضرب صلیبی، 13  
طاقت، 44  
طاقت بالقابل 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  
موسیقیائی جزو، 64، 147  
موصیلت، 25  
میدانی لچھے، 255  
واٹ، 44  
دولٹ، 141  
دولٹ۔ ایمپیر، 76  
دیر، 33  
دیر۔ پھر، 39  
چمکاپا ہٹ، 25، 30  
ہیجان، 61  
بیرونی، 255  
خود، 255  
لچھا، 61