

# برقی ادوار

خالد خان یوسفزئی  
کامپیٹ انسٹیٹیوٹ آف انفارمیشن ٹیکنالوجی، اسلام آباد  
khalidyousafzai@comsats.edu.pk



# عنوان

1	بنیاد	1
1	برقی بار، برقی رو اور برقی دباؤ	1.1
5	قانون اوہم	1.2
6	توانائی اور طاقت	1.3
11	برقی پیرزے	1.4
11	1.4.1 غیر تابع منبع	
13	1.4.2 تابع منبع	
21	مزاحمتی ادوار	2
21	2.1 قانون اوہم	
27	2.2 قوانین کرچاف	
39	2.3 سلسلہ وار جڑے پیرزوں میں رو	
40	2.4 تقسیم دباؤ	
42	2.5 متعدد سلسلہ وار مزاحمت	
43	2.6 متعدد سلسلہ وار منبع دباؤ اور مزاحمت	



## باب 1

### بنیاد

اس کتاب میں بین الاقوامی نظام اکائی<sup>1</sup> استعمال کی گئی ہے جس کے چند بنیادی اکائیاں کلو گرام ( kg )، میٹر ( m )، سیکنڈ ( s ) اور کیلون ( K ) ہیں۔ ان اکائیوں کے ساتھ عموماً شکل 1.1 میں دکھائے گئے ضریبے استعمال کئے جاتے ہیں جن سے آپ بخوبی واقف ہیں۔

#### 1.1 برقی بار، برقی رو اور برقی دباؤ

اس کتاب میں برقی بار<sup>2</sup> اور برقی رو<sup>3</sup> کلیدی کردار ادا کریں گے۔ برقی بار کی اصطلاح کو چھوٹا کر کے صرف برق یا صرف بار کی اصطلاح استعمال کی جائے گی جبکہ برقی رو کی اصطلاح کو چھوٹا کر کے دو کی اصطلاح استعمال کی جائے گی۔ برقی بار کے حرکت کو برقی رو کہتے ہیں۔ چونکہ بار کی حرکت سے توانائی ایک مقام سے دوسرے مقام منتقل ہوتی ہے لہذا ہماری دلچسپی کا مرکز برقی رو ہوگی۔

موصل تار کی مدد سے برقی پرزہ جات کو مختلف انداز میں آپس میں جوڑنے سے برقی دور<sup>4</sup> حاصل ہوتا ہے۔ جیسے پائپ سے پانی کو ایک مقام سے دوسرے مقام تک منتقل کیا جاتا ہے، بالکل اسی طرح برقی دور میں ایک نقطے سے دوسرے نقطے تک بار موصل تار کے ذریعہ پہنچایا جاتا ہے۔ یوں اگر پانی کو بار تصور کیا جائے تو حرکت کرتے پانی کو برقی رو تصور کیا جائے گا جبکہ موصل تار کو پائپ تصور کیا جائے گا۔ برقی ادوار سمجھنے میں یہ مشابہت مددگار ثابت ہوتی ہے۔

کسی بھی نقطے پر برقی رو سے مراد اس نقطے سے فی سیکنڈ گزرتا بار ہے۔ رو اور بار کے تعلق کو تفرقی<sup>5</sup> صورت میں یوں

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.1)$$

SI system<sup>1</sup>  
electric charge<sup>2</sup>  
electric current<sup>3</sup>  
electric circuit<sup>4</sup>  
differential form<sup>5</sup>

10 <sup>-12</sup>	10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>0</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>9</sup>	10 <sup>12</sup>
p	n	μ	m		k	M	G	T
pico	nano	micro	milli		kilo	mega	giga	tera
پیکو	نینو	مائیکرو	میلی		کلو	میگا	گیگا	ٹیرا

شکل 1.1: بین الاقوامی نظام اکائی کے ضریبے۔



شکل 1.2: برقی رو کو بیان کرنے کے درست طریقے۔

اور تکملہ صورت<sup>6</sup> میں یوں

$$(1.2) \quad q = \int_{-\infty}^t i \, dt$$

لکھا جاسکتا ہے جہاں برقی بار کو  $q$  سے ظاہر کیا گیا ہے اور برقی رو کو  $i$  سے ظاہر کیا گیا ہے۔ بدلتے متغیرات کو انگریزی کے چھوٹے حروف تہجی مثلاً  $i$  یا  $q$  سے ظاہر کیا جاتا ہے جبکہ غیر متغیر مقدار کو انگریزی کے بڑے حروف تہجی سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ یوں غیر متغیر رو کو  $I$  اور غیر متغیر بار کو  $Q$  سے ظاہر کیا جائے گا۔

بار کی اکائی کو کولمب<sup>7</sup> کہتے ہیں جسے  $C$  کی علامت سے ظاہر کیا جاتا ہے جبکہ رو کی اکائی کو ایمپیئر<sup>8</sup> کہتے ہیں۔ ایمپیئر کی علامت  $A$  ہے۔ اگر تار سے ایک سیکنڈ دورانے میں ایک کولمب کا بار گزر رہا ہو تب تار میں ایک ایمپیئر کی برقی رو پائی جائے گی۔

روایتی طور پر یہ تصور کیا جاتا تھا کہ مثبت بار کے حرکت سے برقی رو پیدا ہوتی ہے۔ اب ہم جانتے ہیں کہ حقیقت میں موصل تار میں مثبت ایٹم ساکن ہوتے ہیں اور آزاد منفی الیکٹران کے حرکت سے رو پیدا ہوتی ہے۔ اس حقیقت کے باوجود، تصور کیا جاتا ہے کہ مثبت بار کی حرکت برقی رو کو جنم دیتی ہے۔ شکل۔ الف میں فی سیکنڈ  $3C$  کا بار بائیں سے دائیں جانب منتقل ہو رہا ہے جبکہ شکل۔ ب میں فی سیکنڈ  $2C$  کا بار دائیں سے بائیں جانب منتقل ہو رہا ہے۔ یوں آپ دیکھ سکتے ہیں کہ برقی رو کی مقدار اور سمت دونوں بیان کرنا ضروری ہیں۔

غیر متغیر برقی رو کو یک سمتی<sup>9</sup> دو کہتے ہیں۔ یک سمتی رو کی مقدار وقت کے ساتھ تبدیل نہیں ہوتی۔ وقت کے ساتھ تبدیل ہوتی برقی رو کو بدلتی<sup>10</sup> دو کہتے ہیں۔ ان دونوں کو شکل میں دکھایا گیا ہے۔ موبائل کی بیٹری یک سمتی رو پیدا کرتی ہے جبکہ گھریلو پنکھا بدلتی رو سے چلتا ہے۔

شکل 1.2-الف میں دور-ت اور دور ٹ کو دو تاروں سے آپس میں جوڑا گیا ہے۔ بالائی تار میں دور ت سے دور ٹ کی جانب تین ایمپیئر کی رو پائی جاتی ہے۔ اس تار پر تیر کا نشان رو کی سمت کو ظاہر کرتا ہے جبکہ تار کے نیچے  $3A$  لکھ کر رو کی مقدار بیان کی گئی ہے۔ اب تصور کریں کہ تار پر تیر کا نشان نہیں دیا گیا ہے۔ ایسی صورت میں برقی رو  $I$  کو یا تو دور ت سے دور ٹ کی جانب تصور کیا جاسکتا ہے اور یا دور ٹ سے دور ت کی جانب۔ پہلی صورت کو شکل۔ الف میں دکھایا گیا ہے جہاں تار سے ہٹ کر دور ت سے دور ٹ کی جانب تیر سے رو  $I$  کو دکھایا گیا ہے۔ چونکہ اصل رو اسی سمت میں ہے لہذا  $I = 3A$  لکھا جائے گا۔ دوسری صورت کو شکل۔ ب میں دکھایا گیا ہے جہاں دور ٹ سے دور ت کی جانب تیر کھینچا گیا ہے۔ یوں شکل۔ ب میں برقی رو کی سمت دور ٹ سے دور ت کی جانب لی گئی ہے۔ چونکہ اصل رو کی سمت تصور کردہ سمت کے الٹ ہے لہذا یہاں  $I = -3A$  لکھا جائے گا۔ شکل۔ الف اور شکل۔ ب میں دکھائے گئے دونوں طریقے درست ہیں۔

شکل 1.3-الف میں  $5\Omega$  کی مزاحمت میں  $4A$  کی رو پائی جاتی ہے۔ اس مزاحمت کے دونوں سرے مزید پرزہ جات سے جڑے ہیں جنہیں شکل میں نہیں دکھایا گیا ہے۔ شکل۔ ب تا شکل۔ ٹ میں مزاحمت پر دباؤ اور مزاحمت میں رو کو مختلف طریقوں سے لکھا گیا ہے۔ کسی بھی دو متغیرات کو کل چار انداز

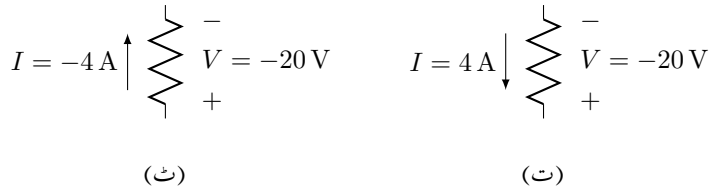
integral form<sup>6</sup>

Coulomb<sup>7</sup>

Ampere<sup>8</sup>

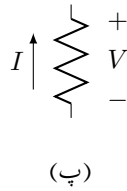
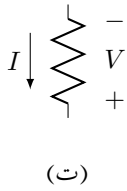
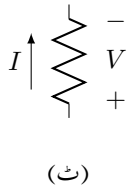
direct current, DC<sup>9</sup>

alternating current, AC<sup>10</sup>

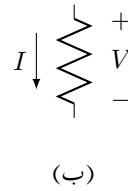


شکل 1.3: مزاحمت کی رو اور دباؤ لکھنے کے چار ممکنہ طریقے۔

انفعالی سمت



انفعالی سمت



شکل 1.4: انفعالی سمت کے ترکیب کی پہچان۔



شکل 1.5: برقی دباؤ میں نقطہ حوالہ کی اہمیت۔

میں لکھا جاسکتا ہے۔ یہی دو عدد متغیرات یعنی دباؤ اور رو کے لئے بھی درست ہے لہذا انہیں لکھنے کے کل چار طریقے ہیں۔ شکل 1.4 میں برقی دباؤ اور برقی رو کے مقدار لکھے بغیر یہی چار طریقے دوبارہ دکھائے گئے ہیں۔ ان میں شکل-ب اور شکل-ٹ کے طرز کو انفعالی سمت کی ترکیب<sup>11</sup> کہتے ہیں۔ انفعالی سمت کی ترکیب میں دباؤ  $V$  اور رو  $I$  کی سمتیں یوں چننی جاتی ہیں کہ برقی پرزے میں رو مثبت سرے سے داخل ہوتی ہے۔ یوں شکل-ب میں مزاحمت کے بالائی سرے کو دباؤ کا مثبت سرا چنا گیا ہے لہذا انفعالی سمت کی ترکیب میں اسی سرے پر مزاحمت میں ہوگی۔ اسی طرح شکل-ٹ میں مزاحمت کا نچلا سرا دباؤ کا مثبت سر ہے لہذا انفعالی سمت کی ترکیب میں اسی سر پر مزاحمت میں رو داخل ہوگی۔ یاد رہے کہ انفعالی سمت کی ترکیب میں اصل برقی رو اور برقی دباؤ کی درست سمتوں کا کوئی کردار نہیں۔ قانونِ اوہم<sup>12</sup> اور طاقت کے حساب میں انفعالی سمت کی ترکیب استعمال کیا جاتا ہے۔

انفعالی سمت کی ترکیب میں برقی پرزے پر دباؤ کی سمت چننے کے بعد رو کی سمت یوں چننی جاتی ہے کہ چنے گئے دباؤ کے مثبت سر سے پرزے میں رو داخل ہو۔

عام زندگی میں اونچائی کو زمین سے ناپا جاتا ہے جہاں زمین کی اونچائی صفر کے برابر لی جاتی ہے۔ یوں اونچائی کے ناپ میں زمین کو نقطہ حوالہ<sup>13</sup> لیا جاتا ہے۔ شکل 1.5-الف میں سات منزلہ عمارت دکھائی گئی ہے۔ اگر زمین نقطہ ت پر ہو تب نقطہ ن مثبت تین پڑھا جاسکتا ہے۔ اس کے برعکس اگر زمین نقطہ ٹ پر ہو تب نقطہ ن زمین یعنی صفر پر ہے جبکہ زمین نقطہ ٹ پر ہونے کی صورت میں نقطہ ن منفی چار پر ہوگا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ نقطہ ن کی حتمی اونچائی کوئی معنی نہیں رکھتی۔ اونچائی صرف اس صورت میں معنی خیز ہوتی ہے جب نقطہ حوالہ بھی بیان کیا جائے۔ برقی دباؤ بھی بالکل اونچائی کی طرح ناپی جاتی ہے۔ یوں شکل 1.5-ب میں نقطہ ت کے حوالے سے نقطہ ٹ مثبت دو وولٹ  $2V$  پر ہے جبکہ نقطہ ٹ کے حوالے سے نقطہ ٹ منفی پانچ وولٹ  $-5V$  پر ہے۔ اسی طرح نقطہ ٹ کے حوالے سے نقطہ ت  $-2V$  پر اور نقطہ ٹ  $5V$  پر ہیں۔ نقطہ ت کے حوالے سے نقطہ ٹ  $7V$  پر ہے جبکہ نقطہ ٹ کے حوالے سے نقطہ ت  $-7V$  پر ہے۔ یاد رہے کہ نقطہ حوالہ کی برقی دباؤ صفر تصور کی جاتی ہے۔

برقی دباؤ کی قیمت بھی بیان کرتے ہوئے ضروری ہے کہ نقطہ حوالہ بیان کیا جائے۔ برقی دور میں دباؤ کی نشاندہی کرتے ہوئے نقطہ حوالہ کو منفی کی علامت  $(-)$  سے ظاہر کیا جاتا ہے جبکہ مطلوبہ نقطے کو مثبت علامت  $(+)$  سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ شکل 1.6-الف میں یوں نچلی تار نقطہ حوالہ ہے۔ یوں اگر  $V_1 = 4V$  ہو تب نچلی تار کی نسبت سے بالائی تار مثبت چار وولٹ پر ہوگا۔ اسی طرح  $V_1 = -7V$  کی صورت میں نچلی تار کی نسبت سے بالائی تار منفی سات وولٹ پر ہوگا جس کا مطلب ہے کہ بالائی تار کو حوالہ لیتے ہوئے نچلی تار کی برقی دباؤ مثبت سات وولٹ ہوگی۔ شکل 1.6-ب میں نچلی تار کو  $a$  نام دیا گیا ہے جبکہ بالائی تار کو  $b$  کہا گیا ہے۔ اس صورت میں نچلی تار کے حوالے سے بالائی تار کی دباؤ کو  $V_{ba}$  لکھا جاتا ہے۔ یوں اگر  $V_{ba}$  کی قیمت منفی ہو تب بالائی تار کے حوالے سے نچلی تار پر مثبت دباؤ ہوگا۔ برقی دور میں عموماً کسی ایک نقطے کو برقی زمین<sup>14</sup> چنا جاتا ہے۔ یوں مختلف مقامات کے دباؤ بیان کرتے ہوئے ہر مرتبہ برقی زمین کی نشاندہی کرنا ضروری نہیں ہوتا۔ شکل 1.6-پ میں برقی زمین کی علامت استعمال کی گئی ہے۔ برقی زمین کی برقی دباؤ صفر کے برابر لی جاتی ہے۔ جب کسی نقطے کی دباؤ کو برقی زمین کی نسبت سے ناپا جائے تب نقطہ حوالے کا ذکر کرنا ضروری نہیں ہوتا۔ یوں اس شکل میں

passive sign convention<sup>11</sup>

Ohm's law<sup>12</sup>

reference<sup>13</sup>

electrical ground<sup>14</sup>





شکل 1.6: برقی دباؤ کا اظہار۔

بالائی تار کی برقی دباؤ  $V_b = 10\text{ V}$  لکھی جاسکتی ہے جہاں زیر نوشت میں نقطہ حوالہ کا ذکر نہیں کیا گیا۔ شکل-پ میں اب بھی  $V_{ba} = 10\text{ V}$  یا  $V_{ab} = -10\text{ V}$  لکھا جاسکتا ہے۔

## 1.2 قانونِ اوہم

قانونِ اوہم<sup>15</sup> سے آپ بخوبی واقف ہیں

$$V = IR \quad (1.3)$$

جو مزاحمت کی برقی رو اور مزاحمت کی برقی دباؤ کا تعلق بیان کرتا ہے۔ اس قانون<sup>16</sup> کے استعمال میں دباؤ  $V$  اور رو  $I$  کو انفعالی سمت کی ترکیب سے چننا جاتا ہے۔ شکل 1.7 میں ایک عدد مزاحمت اور دو عدد منبع دباؤ کا دور دکھایا گیا ہے۔ برقی زمین کے حوالے سے مزاحمت کے بائیں سرے پر  $5\text{ V}$  اور دائیں سرے پر  $9\text{ V}$  دباؤ پایا جاتا ہے۔ قانونِ اوہم میں مزاحمت کے دو سروں کے مابین برقی دباؤ استعمال کیا جاتا ہے۔ یوں مزاحمت کے ایک سرے کو حوالہ لیتے ہوئے مزاحمت کے دوسرے سرے پر برقی دباؤ لی جاتی ہے۔ شکل-الف میں مزاحمت کا بائیں سرے بطور حوالہ چننا گیا ہے جبکہ مزاحمت کے دائیں سرے پر برقی دباؤ استعمال کی جائے گی۔ یہ حقیقت مزاحمت کے قریب  $V_R$  کے بائیں جانب  $(-)$  کی علامت اور دائیں جانب  $(+)$  کی علامت سے ظاہر کی جاتی ہے۔ یوں انفعالی سمت کی ترکیب کے تحت برقی رو کی سمت دائیں سے بائیں جانب چنی جائے گی۔ شکل-الف میں یوں

$$V_R = 9 - 5 = 4\text{ V}$$

ہو گا جسے اوہم کے قانون میں استعمال کرتے ہوئے

$$I_R = \frac{V_R}{R} = \frac{4}{8} = 0.5\text{ A}$$

حاصل ہوتا ہے۔ حاصل برقی رو کی قیمت مثبت مقدار ہے جس کا مطلب ہے کہ رو کی سمت وہی ہے جو شکل-الف میں چنی گئی ہے۔

شکل 1.7-ب میں مزاحمت کا دائیں سرے بطور نقطہ حوالہ چننا گیا ہے۔ یوں  $V_R$  کے دائیں جانب  $(-)$  کی علامت لگائی گئی ہے۔ انفعالی سمت کی ترکیب کے تحت رو کی سمت بائیں سے دائیں کو چنی گئی ہے۔ یہاں

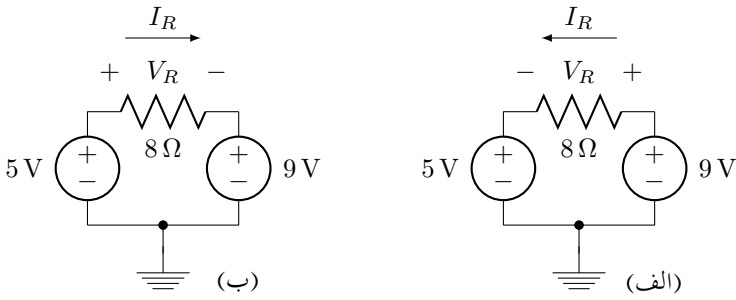
$$V_R = 5 - 9 = -4\text{ V}$$

کے برابر ہے جسے اوہم کے قانون میں استعمال کرتے ہوئے

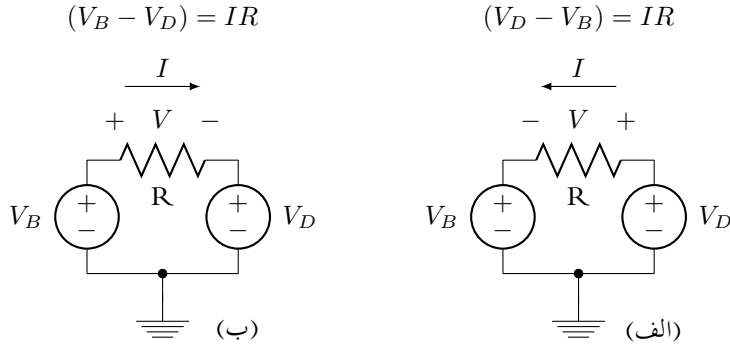
$$I_R = \frac{-4}{8} = -0.5\text{ A}$$

<sup>15</sup> Ohm's law

<sup>16</sup> یہ قانون جرمنی کے جارج سائمن اوہم نے پیش کیا۔



شکل 1.7: قانون اوہم اور انفعالی سمت کی ترکیب۔



شکل 1.8: قانون اوہم کا صحیح استعمال۔

حاصل ہوتا ہے۔ شکل-ب میں  $V_R$  کی قیمت منفی حاصل ہوئی جس کا مطلب ہے کہ حقیقت میں مزاحمت پر برقی دباؤ چھنی گئی سمت کے الٹ ہے۔ اسی طرح رو  $I_R$  کی قیمت بھی منفی حاصل ہوئی ہے جس کا مطلب ہے کہ حقیقت میں رو چھنی گئی سمت کے الٹ ہے یعنی برقی رو حقیقت میں دائیں سے بائیں جانب کو ہے۔

شکل 1.8 میں قانون اوہم کا صحیح استعمال دکھایا گیا ہے۔

### 1.3 توانائی اور طاقت

ثقلی میدان<sup>17</sup> میں میکائی بار  $m$  پر قوت  $F = mg$  عمل کرتا ہے جہاں  $g = 9.8 \frac{m}{s^2}$  کے برابر ہے۔ یوں ثقلی میدان کے مخالف  $m$  کو  $h$  بلندی تک پہنچانے کی خاطر  $w = Fh = mgh$  توانائی درکار ہے۔ بالکل اسی طرح برقی میدان<sup>18</sup>  $E$  میں برقی بار  $q$  پر قوت عمل  $F = qE$  کرتا ہے اور برقی میدان کے مخالف  $h$  فاصلے تک بار کو منتقل کرنے کی خاطر

$$(1.4) \quad w = qEh$$

توانائی درکار ہے۔ برقی میدان میں ابتدائی نقطے سے اختتامی نقطے تک اکائی برقی بار منتقل کرنے کے لئے درکار توانائی کو ابتدائی نقطے کے حوالے سے اختتامی نقطے کی برقی دباؤ کہا جاتا ہے۔

مثال 1.1: برقی میدان  $E = 600 \frac{V}{m}$  میں  $0.2 C$  بار قوت کے مخالف  $12 mm$  فاصلہ دُور منتقل کیا جاتا ہے۔ درکار توانائی حاصل کریں۔ ابتدائی نقطہ  $i$  اور اختتامی نقطہ  $k$  کے مابین برقی دباؤ حاصل کریں۔

حل: درکار توانائی

$$w = 0.2 \times 600 \times 0.012 = 1.44 J$$

کے برابر ہے جبکہ برقی دباؤ

$$V_{ki} = \frac{1.44}{0.2} = 7.2 V$$

کے برابر ہے۔

مساوات 1.4 کی تفرقی صورت

$$dw = Eh dq$$

لکھی جاسکتی ہے جو چھوٹی برقی بار  $dq$  کو منتقل کرنے کے لئے درکار توانائی  $dw$  دیتی ہے۔ یوں اکائی بار کو منتقل کرنے کی خاطر  $\frac{dw}{dq}$  توانائی درکار ہو گی جسے برقی دباؤ  $v$  کہتے ہیں یعنی

$$v = \frac{dw}{dq} \quad (1.5)$$

لکھی جاسکتی ہے۔

مساوات 1.5 کو مساوات 1.1 سے ضرب دینے سے

$$v \times i = \frac{dw}{dq} \times \frac{dq}{dt} = \frac{dw}{dt} = p \quad (1.6)$$

حاصل ہوتا ہے جو طاقت  $p$ <sup>19</sup> کو ظاہر کرتا ہے۔ فی سیکنڈ درکار توانائی کو طاقت کہتے ہیں۔ طاقت کی اکائی واٹ  $W$ <sup>20</sup> ہے۔ مندرجہ بالا مساوات کی مکمل صورت درج ذیل ہے۔

$$w = \int_{t_1}^{t_2} p dt = \int_{t_1}^{t_2} vi dt \quad (1.7)$$

آئیں ان معلومات کو مد نظر رکھتے ہوئے شکل 1.9 پر غور کریں جہاں  $10 V$  کی منبع برقی دباؤ  $21$  کے ساتھ  $5 \Omega$  کی برقی مزاحمت<sup>22</sup> جوڑی گئی ہے۔ اس دور میں برقی رو کو منبع پیدا کرتی ہے لہذا منبع کو فعال پرزہ<sup>23</sup> جبکہ مزاحمت کو انفعال پرزہ<sup>24</sup> کہا جاتا ہے۔ انفعالی سمت کی ترکیب کا نام اسی حقیقت سے نکلا ہے کہ اس ترکیب کے استعمال سے انفعالی پرزہ جات پر مثبت طاقت حاصل ہوتا ہے۔

<sup>19</sup> power

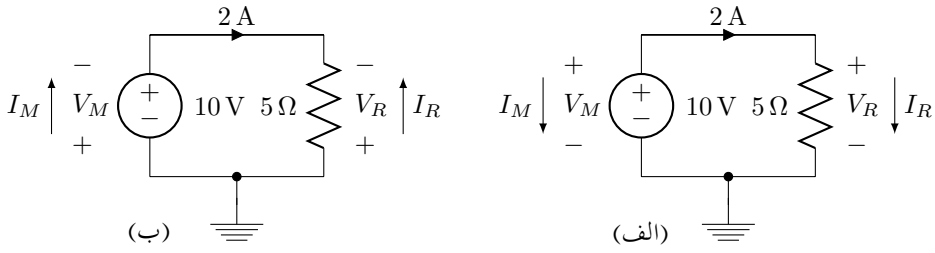
<sup>20</sup> watt

<sup>21</sup> voltage source

<sup>22</sup> electrical resistance

<sup>23</sup> active component

<sup>24</sup> passive component



شکل 1.9: طاقت کی پیداوار اور طاقت کا ضیاع۔

قانون اوہم<sup>25</sup> کے تحت شکل 1.9 کے دور میں سمت گھڑی<sup>26</sup> 2 A کی برقی رو پائی جائے گی جسے دور میں بالائی تار پر تیر کے نشان سے دکھایا گیا ہے۔ دور میں 2 A برقی رو سے مراد یہ ہے کہ دور میں کسی بھی نقطے پر اگر دیکھا جائے تو اس نقطے سے فی سیکنڈ 2 C بار گزرے گا۔ اس دور میں پچی تار کے حوالے سے بالائی تار پر مثبت دس ولٹ کی دباؤ ہے۔ یوں مزاحمت کے بالائی یعنی مثبت سرے سے مزاحمت کے نچلے یعنی منفی سرے کی جانب فی سیکنڈ دو کولمب بار منتقل ہوتا ہے۔ یہ بالکل ایسا ہی ہے جیسے ثقلی میدان میں بلند مقام سے میکانی بار گر رہا ہو۔ دو کولمب کا بار دس ولٹ نیچے گرتے ہوئے 20 J کی مخفی توانائی<sup>27</sup> کھوئے گا جو حرارتی توانائی<sup>29</sup> میں تبدیل ہو کر مزاحمت کو گرم کرے گی۔ ہم کہتے ہیں کہ مزاحمت میں فی سیکنڈ توانائی کا ضیاع<sup>30</sup> 20 J ہے یا کہ مزاحمت میں طاقتی ضیاع<sup>31</sup> 20 W ہے۔ مزاحمت میں طاقت کے ضیاع کو حرارتی ضیاع<sup>32</sup> اور مزاحمتی ضیاع<sup>33</sup> بھی کہتے ہیں۔

انفعالی سمت کی ترکیب استعمال کرتے ہوئے ہم شکل 1.9-الف میں منبع کی دباؤ کو  $V_M$  اور مزاحمت کی دباؤ کو  $V_R$  چننے کے بعد ان کے مثبت سر سے منفی سر کی جانب رو کی سمت چنتے ہیں۔ یوں حاصل منبع کی برقی رو  $I_M$  اور مزاحمت کی برقی رو  $I_R$  کو شکل-الف میں دکھایا گیا ہے۔ شکل-کو دیکھتے ہوئے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$V_M = 10 \text{ V}$$

$$V_R = 10 \text{ V}$$

$$I_M = -2 \text{ A}$$

$$I_R = 2 \text{ A}$$

ان قیمتوں کو مساوات 1.6 میں پر کرتے ہوئے منبع اور مزاحمت کی طاقت حاصل کرتے ہیں۔

$$P_M = 10 \times (-2) = -20 \text{ W} \quad \text{طاقت کی منفی قیمت، طاقت کی پیداوار کو ظاہر کرتی ہے}$$

$$P_R = 10 \times 2 = 20 \text{ W} \quad \text{طاقت کی مثبت قیمت، طاقت کی ضیاع کو ظاہر کرتی ہے}$$

یہاں غیر متغیر طاقت کو بڑھے حروف تہجی میں  $P_M$  اور  $P_R$  لکھا گیا۔ مزاحمت کی طاقت مثبت مقدار حاصل ہوئی ہے جبکہ منبع کی طاقت منفی مقدار ہے۔ یوں مساوات 1.6 سے حاصل مثبت مقدار طاقت کے ضیاع کو ظاہر کرتی ہے جبکہ منفی مقدار طاقت کی پیداوار کو ظاہر کرتی ہے۔

شکل 1.9 میں برقی دباؤ کے سمت الٹ چننے گئے جس کی وجہ سے رو کی سمتیں بھی الٹ کر دی گئی ہیں۔ یوں

$$V_M = -10 \text{ V}$$

$$V_R = -10 \text{ V}$$

$$I_M = 2 \text{ A}$$

$$I_R = -2 \text{ A}$$

<sup>25</sup>Ohm's law

<sup>26</sup>clockwise

<sup>27</sup>potential energy

<sup>28</sup>مخفی توانائی کی اصطلاح مخفی توانائی سے حاصل کی گئی ہے۔

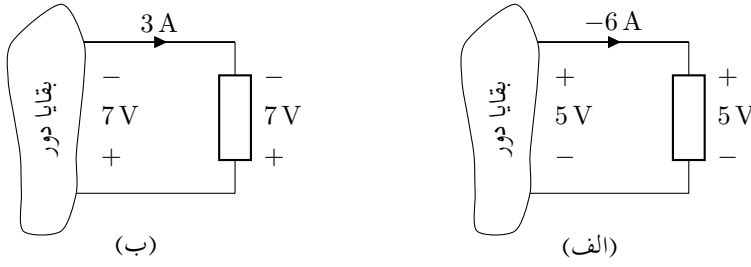
<sup>29</sup>thermal energy

<sup>30</sup>loss

<sup>31</sup>power loss

<sup>32</sup>thermal loss

<sup>33</sup>resistive loss



شکل 1.10: فعال اور انفعال پرزے کی مثال۔

لکھے جائیں گے جن سے دوبارہ

$$P_M = (-10) \times 2 = -20 \text{ W}$$

طاقت کی منفی قیمت، طاقت کی پیداوار کو ظاہر کرتی ہے

$$P_R = (-10) \times (-2) = 20 \text{ W}$$

طاقت کی مثبت قیمت، طاقت کی ضیاع کو ظاہر کرتی ہے

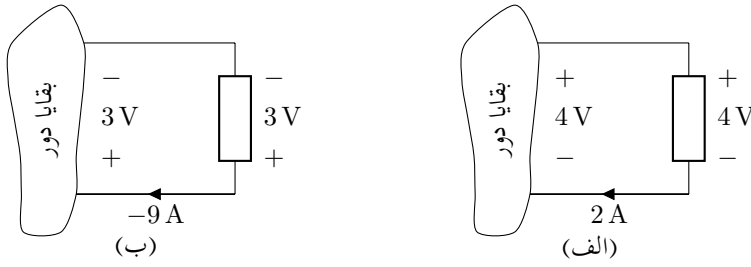
حاصل ہوتے ہیں۔

مثال 1.2: شکل 1.10 میں دو ادوار دکھائے گئے ہیں۔ دریافت کریں کہ آیا بیرونی پرزہ بقایا دور کو طاقت فراہم کرتا ہے یا کہ اس سے طاقت حاصل کرتا ہے۔ طاقت کی قیمت بھی دریافت کریں۔

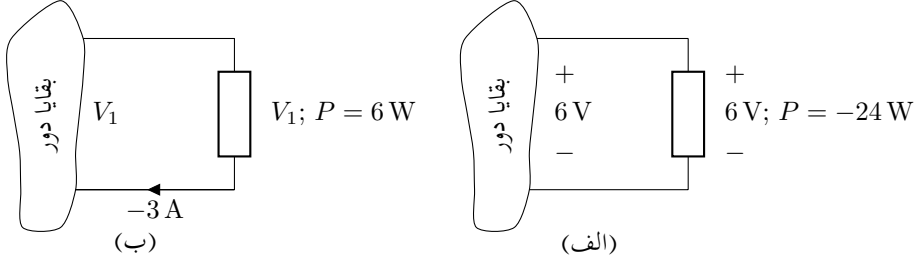
حل: شکل-الف میں برقی رو کی قیمت منفی لکھی گئی ہے جس کا مطلب ہے کہ حقیقت میں رو تیر کے نشان کے الٹ سمت میں ہے۔ رو کی سمت الٹ تصور کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ بقایا دور کے مثبت سرے پر رو اندر داخل ہوتی ہے۔ یوں بقایا دور انفعال ہے۔ بیرونی پرزے کے مثبت سرے سے حقیقی رو خارج ہوتی ہے لہذا یہ فعال پرزہ ہے۔ یوں بیرونی پرزہ طاقت فراہم کرتا ہے جبکہ بقایا دور میں طاقت خرچ ہوتا ہے۔ یہی نتائج انفعال سمت کے ترکیب سے یوں حاصل ہوتی ہے۔ بیرونی پرزے کے برقی دباؤ کو دیکھتے ہوئے رو کی دکھائی گئی سمت ہی استعمال کی جائے گی۔ یوں بیرونی پرزے کی طاقت  $P = 5 \times (-6) = -30 \text{ W}$  ہے جو طاقت کی پیداوار ہے۔ بقایا دور میں رو کی انفعال سمت دکھائے گئے سمت کے الٹ ہے لہذا طاقت  $P = 5 \times 6 = 30 \text{ W}$  حاصل ہوتا ہے جو طاقت کی ضیاع کو ظاہر کرتا ہے۔ آپ نے دیکھا کہ بیرونی پرزہ 30 W طاقت پیدا کرتا ہے جبکہ بقایا دور اتنی ہی طاقت استعمال کرتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں قانون بقا<sup>34</sup> کارآمد ہے۔ کسی بھی دور میں توانائی کی پیداوار اور خرچ برابر ہوتے ہیں۔

شکل-ب میں رو غلی تار میں دائیں سے بائیں طرف رواں ہے۔ یوں بیرونی پرزے کے مثبت سرے سے رو خارج ہوتی ہے جبکہ بقایا دور کے مثبت سرے میں رو داخل ہوتی ہے۔ یوں بیرونی پرزہ فعال اور بقایا دور انفعال ہے۔ بیرونی پرزے کی طاقت  $P = 7 \times (-3) = -21 \text{ W}$  ہے جو طاقت کی پیداوار ہے جبکہ بقایا دور کی طاقت  $P = 7 \times 3 = 21 \text{ W}$  ہے جو طاقت کی ضیاع کو ظاہر کرتی ہے۔

مشق 1.1: شکل 1.11 میں بیرونی پرزے کی طاقت حاصل کریں۔



شکل 1.11: فعال اور انفعال پرزے کی مشق۔



شکل 1.12: طاقت اور ایک متغیرہ دیا گیا ہے۔ دوسرا دریافت کرنا ہے۔

جوابات: (الف) 8 W؛ (ب) 27 W

مثال 1.3: شکل 1.12-الف میں برقی رو کی مقدار اور سمت حاصل کریں جبکہ شکل-ب میں برقی دباؤ اور اس کا مثبت سرادریافت کریں۔

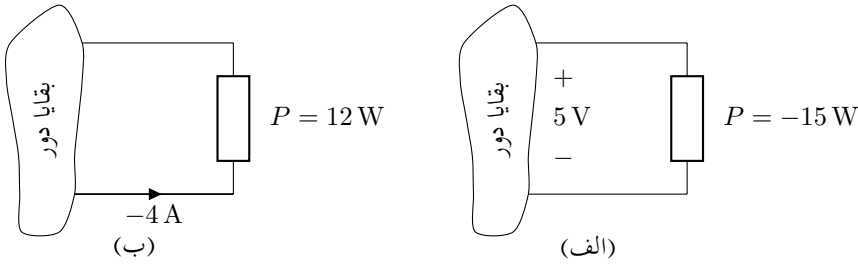
حل: شکل-الف میں بیرونی پرزے کی طاقت منفی ہے۔ یوں بیرونی پرزہ طاقت پیدا کرتا ہے لہذا اس کے مثبت سرے سے رو خارج ہوگی یعنی دور میں گھڑی کے الٹ سمت میں رو پائی جائے گی۔ رو کی قیمت 4 A ہوگی۔

شکل-ب میں بیرونی پرزے کی طاقت مثبت ہے لہذا اس میں طاقت کا ضیاع ہوگا اور برقی رو مثبت سرے سے پرزے میں داخل ہوگی۔ دور میں گھڑی کی سمت میں منفی رو دکھائی گئی ہے لہذا حقیقت میں رو گھڑی کی الٹ سمت ہے۔ حقیقی رو کو گھڑی کے الٹ سمت تصور کرتے ہوئے بیرونی پرزے کا نچلا سرا مثبت ہوگا اور برقی دباؤ کی قیمت 2 V ہوگی۔

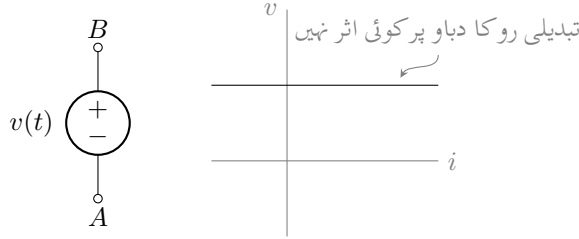
مشق 1.2: شکل 1.13 میں نامعلوم متغیرہ دریافت کریں۔

حل: (الف) گھڑی کے الٹ 3 A؛ (ب) بالائی تار مثبت ہے جبکہ دباؤ 3 V ہے۔

آخر میں دوبارہ اس حقیقت کی نشاندہی کرتے ہیں کہ کسی بھی برقی دور میں پیداوار طاقت اور طاقت کا ضیاع برابر ہوں گے۔



شکل 1.13: طاقت اور ایک متغیر دیا گیا ہے۔ دوسرا دریافت کریں۔



شکل 1.14: غیر تابع منبع دباؤ اور اس کا  $v - i$  خط۔

#### 1.4 برقی پوزے

برقی پوزوں کو دو اقسام میں تقسیم کیا جاسکتا ہے۔ وہ پوزے جو طاقت پیدا کرتے ہیں فعال پوزے<sup>35</sup> کہلاتے ہیں جبکہ طاقت ضائع کرنے والے پوزوں کو انفعال پوزے<sup>36</sup> کہتے ہیں۔ جزیئر اور بیڑی فعال پوزوں کی مثال ہے جبکہ مزاحمت، امالہ گیر<sup>37</sup> اور برق گیر<sup>38</sup> انفعال پوزے ہیں۔ فعال پوزوں پر اس باب میں غور کیا جائے گا جبکہ انفعال پوزوں پر اگلے باب میں تفصیلاً غور کیا جائے گا۔

##### 1.4.1 غیر تابع منبع

غیر تابع منبع دباؤ<sup>39</sup> سے مراد ایسی منبع ہے جو، منبع میں سے گزرتی رو کے قطع نظر، اپنے دوسروں کے درمیان مخصوص برقی دباؤ برقرار رکھتا ہے۔ غیر تابع منبع دباؤ کی علامت کو شکل 1.14 میں دکھایا گیا ہے جہاں نقطہ A کے حوالے سے نقطہ B پر  $v(t)$  برقی دباؤ برقرار رہتا ہے۔ شکل میں غیر تابع منبع دباؤ کا دباؤ بالمقابل رو  $v - i$  خط بھی دکھایا گیا ہے۔ اس خط کے مطابق برقی دباؤ کی قیمت پر برقی رو کا کوئی اثر نہیں پایا جاتا۔

شکل 1.15 میں غیر تابع منبع دو<sup>40</sup> کی علامت اور رو بالمقابل دباؤ  $v - i$  خط دکھایا گیا ہے۔ غیر تابع منبع رو سے مراد ایسی منبع ہے جو، منبع پر دباؤ کے قطع نظر، مخصوص برقی رو برقرار رکھتا ہے۔ غیر تابع منبع رو کے دباؤ بالمقابل رو خط کے تحت منبع پر برقی دباؤ کے تبدیلی کا منبع کی رو پر کوئی اثر نہیں پایا جاتا۔ رو میں مثبت رو کی سمت کو تیر کے نشان سے دکھایا جاتا ہے۔

عام استعمال میں منبع بقایا دور کو طاقت فراہم کرتی ہے۔ شکل 1.13-ب میں اگر بیرونی پوزہ منبع ہو تب آپ دیکھ سکتے ہیں کہ منبع کو بھی طاقت فراہم کی جا سکتی ہے۔

<sup>35</sup> active components

<sup>36</sup> passive components

<sup>37</sup> inductor

<sup>38</sup> capacitor

<sup>39</sup> independent voltage source

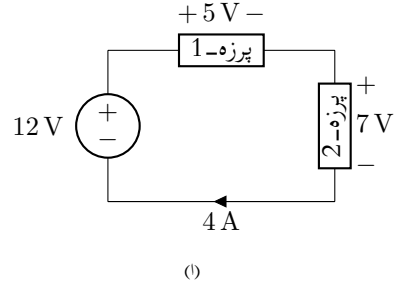
<sup>40</sup> independent current source



شکل 1.15: غیر تابع منبع رو اور اس کا  $v - i$  خط۔



(ب)



(ل)

شکل 1.16: طاقت کا حساب۔

منبع محدود صلاحیت کا حامل ہے۔ اگرچہ ہم توقع کرتے ہیں کہ منبع دباؤ کسی بھی قیمت کی برقی رو فراہم کرتے ہوئے پیدا کردہ برقی دباؤ برقرار رکھے گا، حقیقت میں کوئی بھی منبع کسی محدود رو کی حد تک ایسا کر پاتا ہے۔

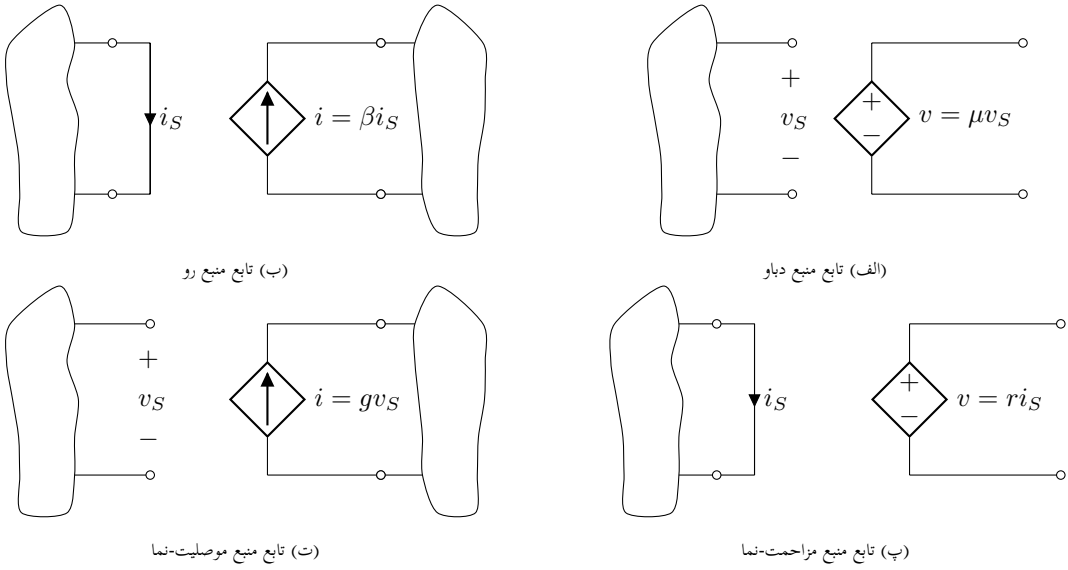
مثال 1.4: شکل 1.16-الف میں تینوں پرزوں کی طاقت دریافت کریں۔ (اشارہ: سلسلہ وار جڑے پرزوں میں یکساں رو پائی جاتی ہے۔)

حل: منبع کے مثبت سر سے رو خارج ہو رہی ہے لہذا یہ پرزہ طاقت فراہم کر رہا ہے جبکہ بقایا دو پرزوں کے مثبت سر سے رو پرزے میں داخل ہوتی ہے لہذا ان دونوں پرزوں میں طاقت ضائع ہوتا ہے۔ منبع کی طاقت  $12 \times (-4) = -48 \text{ W}$  ہے جبکہ پرزہ-1 کی طاقت  $5 \times 4 = 20 \text{ W}$  اور پرزہ-2 کی طاقت  $7 \times 4 = 28 \text{ W}$  ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ طاقت کی ضیاع  $20 \text{ W} + 28 \text{ W} = 48 \text{ W}$  عین طاقت کی پیداوار کے برابر ہے۔

مشق 1.3: شکل 1.16-ب میں تینوں پرزوں کی طاقت حاصل کریں۔

جوابات: منبع رو کی طاقت  $-16 \text{ W}$  ہے۔ پرزہ-1 کی طاقت  $20 \text{ W}$  ہے۔ پرزہ-2 بھی منبع ہے اور اس کی طاقت  $-4 \text{ W}$  ہے۔





شکل 1.17: تابع منبع کے چار اقسام۔

#### 1.4.2 تابع منبع

غیر تابع منبع دباو کی پیدا کردہ دباو کا انحصار منبع سے گزرتی رو پر بالکل نہیں ہوتا۔ اسی طرح غیر تابع منبع رو کی پیدا کردہ رو کا انحصار منبع پر دباو پر بالکل نہیں ہوتا۔ اس کے برعکس تابع منبع دباو<sup>41</sup> کی پیدا کردہ دباو، دور میں کسی مخصوص مقام کی رو یا دباو پر منحصر ہوتا ہے۔ اسی طرح تابع منبع رو<sup>42</sup> کی پیدا کردہ رو، دور میں کسی مخصوص مقام کی رو یا دباو پر منحصر ہوتا ہے۔ تابع منبع برقیات کی میدان میں کلیدی کردار ادا کرتے ہیں جہاں برقیاتی پرزہ جات مثلاً دو جوڑ ٹرانزسٹر<sup>43</sup> یا میدانی ٹرانزسٹر<sup>44</sup> کے ریاضی نمونے<sup>45</sup> تابع منبع سے بنائے جاتے ہیں۔ متعدد ٹرانزسٹر پر مبنی برقیاتی ادوار کا حسابی حل انہیں ریاضی نمونوں کی مدد سے حاصل کیا جاتا ہے۔

غیر تابع منبع کو گول دائرے سے ظاہر کیا جاتا ہے جبکہ تابع منبع کو ہیرا شکل سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ شکل 1.17 میں چار اقسام کے تابع منبع دکھائے گئے ہیں۔ شکل-الف میں تابع منبع دباو<sup>46</sup> کی پیدا کردہ دباو کا انحصار بائیں جانب کے دباو  $v_S$  پر ہے۔ یوں  $v_S$  ضابط دباو<sup>47</sup> کہلاتا ہے۔ یہ منبع  $\mu v_S$  دباو پیدا کرتا ہے۔ شکل-ب میں تابع منبع رو<sup>48</sup> کو  $i_S$  قابو کرتا ہے۔ ان دو اقسام کے منبع کے مستقل  $\mu$  اور  $\beta$  بے بعد<sup>49</sup> مقدار ہیں۔ شکل-پ میں  $i_S$  رو پیدا کردہ دباو کو قابو کرتی ہے۔ اس منبع کے مستقل  $r$  کا بعد<sup>50</sup>  $\frac{V}{A}$  ہے جو عین مزاحمت کی بعد ہے۔ اسی لئے اس منبع کو تابع منبع مزاحمت-نما<sup>51</sup> کہا جاتا ہے۔ شکل-ت میں تابع منبع موصلیت-نما<sup>52</sup> کی پیدا کردہ رو کا انحصار  $v_S$  پر ہے۔ اس منبع کے مستقل  $g$  کا بعد  $\frac{A}{V}$  ہے جو موصلیت کی بھی بعد ہے۔

مثال 1.5: شکل 1.18-الف میں خارجی دباو اور شکل-ب میں خارجی رو دریافت کریں۔

<sup>41</sup> dependent voltage source

<sup>42</sup> dependent current source

<sup>43</sup> bipolar transistor, BJT

<sup>44</sup> MOSFET

<sup>45</sup> mathematical model

<sup>46</sup> dependent voltage source

<sup>47</sup> control voltage

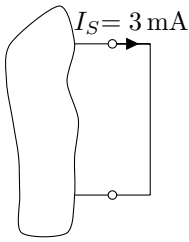
<sup>48</sup> depended current source

<sup>49</sup> dimensionless

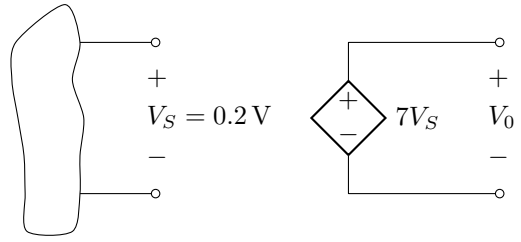
<sup>50</sup> dimension

<sup>51</sup> dependent transresistance source

<sup>52</sup> dependent transconductance source

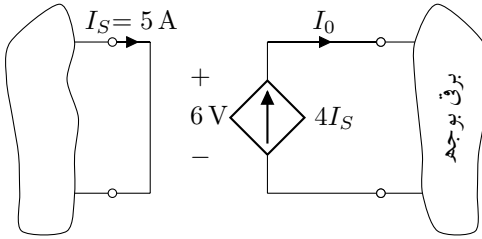


(ب) تابع منبع رو کی مثال

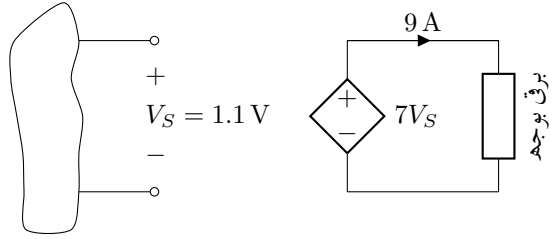


(الف) تابع منبع دباو کی مثال

شکل 1.18: تابع منبع دباو اور تابع منبع رو کے استعمال کی مثال۔



(ب) تابع منبع رو کی مشق



(الف) تابع منبع دباو کی مشق

شکل 1.19: تابع منبع دباو اور تابع منبع رو کے استعمال کی مشق۔

حل: شکل-الف میں ضابطہ دباو 0.2 V اور منبع کا مستقل 7 ہے۔ یوں پیدا کردہ دباو  $0.2 \times 7 = 1.4 \text{ V}$  ہو گا۔ شکل-ب میں ضابطہ رو 3 mA اور منبع کا مستقل 12 ہے۔ یوں پیدا کردہ رو  $0.003 \times 12 = 36 \text{ mA}$  ہو گی۔

اس مثال میں تابع منبع دباو داخلی دباو کو 7 گنا بڑھاتا ہے گویا منبع بطور ایمپلیفائر دباو<sup>53</sup> کردار ادا کرتا ہے اور اس ایمپلیفائر کی افزائش دباو<sup>54</sup> 7 ہے۔ اسی طرح شکل-ب میں تابع منبع رو داخلی رو کو 12 گنا بڑھا کر خارج کیا، گویا یہ منبع بطور ایمپلیفائر رو<sup>55</sup> کردار ادا کرتا ہے اور اس ایمپلیفائر کی افزائش رو<sup>56</sup> کی قیمت 12 ہے۔

شکل 1.17-پ بالکل اسی طرح داخلی ضابطہ رو کی نسبت سے برقی دباو خارج کرتے ہوئے بطور ایمپلیفائر مزاحمت۔<sup>57</sup> نما کردار ادا کرتا ہے جہاں منبع کا مستقل افزائش مزاحمت۔<sup>58</sup> نما کہلاتا ہے۔ شکل 1.17-ت بطور ایمپلیفائر موصلیت۔<sup>59</sup> نما کام کرتا ہے اور اس کے مستقل کو افزائش موصلیت۔<sup>60</sup> نما کہتے ہیں۔

مشق 1.4: شکل 1.19 میں برقی بوجھ کی طاقت دریافت کریں۔

voltage amplifier<sup>53</sup>

voltage gain<sup>54</sup>

current amplifier<sup>55</sup>

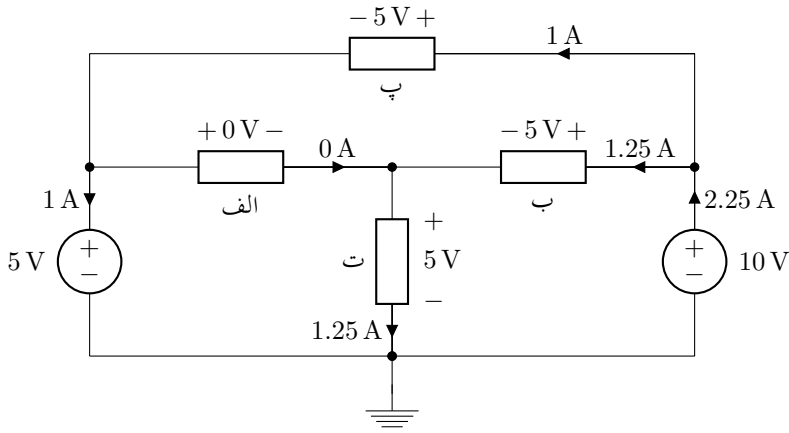
current gain<sup>56</sup>

transresistance amplifier<sup>57</sup>

transresistance gain<sup>58</sup>

transconductance amplifier<sup>59</sup>

transconductance gain<sup>60</sup>



شکل 1.20: مثال 1.6 کا دور۔

جوابات: (الف): 69.3 W، (ب): 120 W

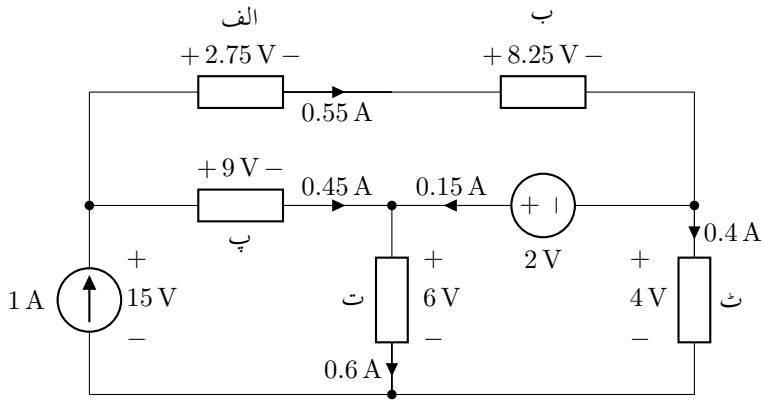
مثال 1.6: شکل 1.20 میں تمام پروزہ جات کی طاقت دریافت کریں۔

حل: بوجھ-الف میں برقی رو صفر ہے اور اس کے دونوں سروں کے مابین دباؤ بھی صفر ہے لہذا اس کی طاقت  $0 \times 0 = 0 \text{ W}$  ہے۔ بوجھ-ب کی طاقت  $5 \times 1.25 = 6.25 \text{ W}$  ہے۔ بوجھ-پ کی طاقت  $5 \times 1 = 5 \text{ W}$  اور بوجھ-ت کی طاقت  $5 \times 1.25 = 6.25 \text{ W}$  ہے۔ بائیں منبع کی طاقت  $5 \times 1 = 5 \text{ W}$  جبکہ دائیں منبع کی طاقت  $10 \times (-2.25) = -22.5 \text{ W}$  ہے۔

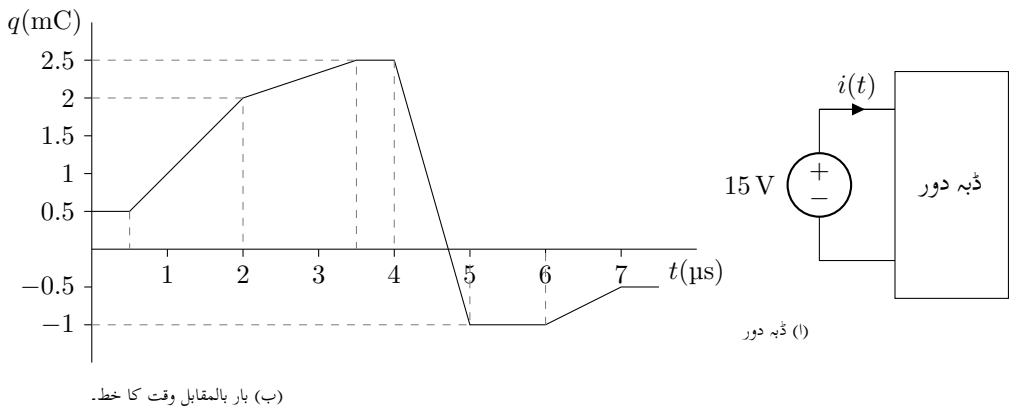
کل طاقت کا ضیاع  $0 + 6.26 + 5 + 6.25 + 5 = 22.5 \text{ W}$  ہے۔ دایاں منبع تمام طاقت پیدا کرتا ہے جبکہ بائیں منبع کو از خود طاقت درکار ہے۔

مشق 1.5: شکل 1.21 کے تمام پروزوں میں طاقت حاصل کریں۔ کیا طاقت کی پیداوار اور اس کا ضیاع برابر ہیں۔

جوابات: بالترتیب الف تا ت: 1.5125 W، 4.5375 W، 4.05 W، 3.6 W، 1.6 W؛ منبع دباؤ کی طاقت  $-0.3 \text{ W}$  اور منبع رو کی طاقت  $-15 \text{ W}$  ہے۔ دور میں کل طاقت کی پیداوار 15.3 W ہے۔ اتنی ہی طاقت پیدا بھی ہوتی ہے لہذا دونوں برابر ہیں۔

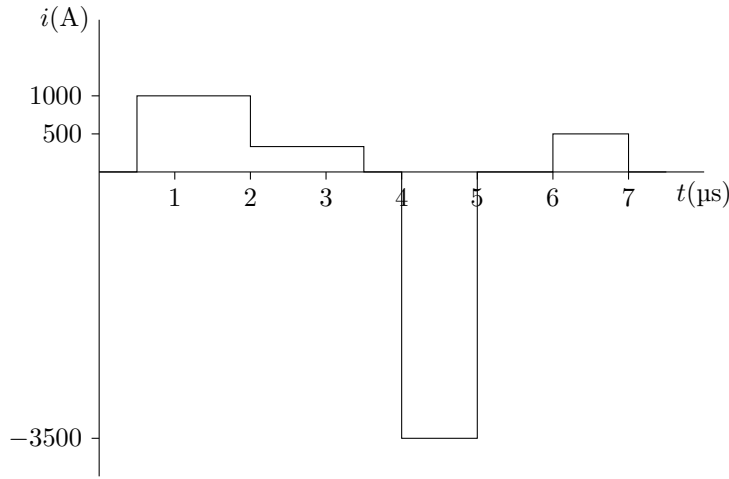


شکل 1.21: طاقت کے حصول کی مشق۔



(ب) بار بالمقابل وقت کا خط۔

شکل 1.22: مثال 1.7 کا شکل۔



شکل 1.23: برقی رو مثال 1.7

مثال 1.7: شکل 1.22-الف میں ڈبہ دور دکھایا گیا ہے جس میں برقی بار بھری جا رہی ہے۔ برقی بار بالمتقابل وقت کا خط شکل-ب میں دیا گیا ہے۔ اس خط سے برقی رو بالمتقابل وقت کا خط حاصل کریں۔

حل: وقت  $t = 0$  تا  $t = 0.5 \mu\text{s}$  تک برقی بار بلا تبدیل ہوئے  $0.5 \text{ mC}$  رہتا ہے لہذا  $\Delta q = 0$  ہے اور یوں اس دورانیے میں

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} = \frac{0 \text{ C}}{0.5 \mu\text{s}} = 0 \text{ A} \quad (0 < t < 0.5 \mu\text{s})$$

ہوگا۔ وقت  $t = 0.5 \mu\text{s}$  تا  $t = 2 \mu\text{s}$  کے دوران برقی بار  $0.5 \text{ mC}$  سے تبدیل ہو کر  $2 \text{ mC}$  ہو جاتا ہے لہذا اس دورانیے کے لئے

$$i = \frac{2 \text{ mC} - 0.5 \text{ mC}}{2 \mu\text{s} - 0.5 \mu\text{s}} = 1000 \text{ A} \quad (0.5 \mu\text{s} < t < 2 \mu\text{s})$$

ہوگا۔ اسی طرح بقایا دورانیوں میں

$$i = \frac{2.5 \text{ mC} - 2 \text{ mC}}{3.5 \mu\text{s} - 2 \mu\text{s}} = 333.33 \text{ A} \quad (2 \mu\text{s} < t < 3.5 \mu\text{s})$$

$$i = \frac{2.5 \text{ mC} - 2.5 \text{ mC}}{4 \mu\text{s} - 3.5 \mu\text{s}} = 0 \text{ A} \quad (3.5 \mu\text{s} < t < 4 \mu\text{s})$$

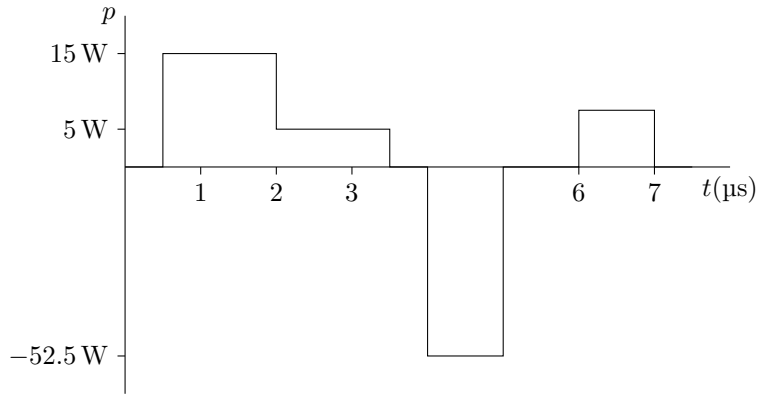
$$i = \frac{-1 \text{ mC} - 2.5 \text{ mC}}{5 \mu\text{s} - 4 \mu\text{s}} = -3500 \text{ A} \quad (4 \mu\text{s} < t < 5 \mu\text{s})$$

$$i = \frac{-1 \text{ mC} - (-1 \text{ mC})}{6 \mu\text{s} - 5 \mu\text{s}} = 0 \text{ A} \quad (5 \mu\text{s} < t < 6 \mu\text{s})$$

$$i = \frac{-0.5 \text{ mC} - (-1 \text{ mC})}{7 \mu\text{s} - 6 \mu\text{s}} = 500 \text{ A} \quad (6 \mu\text{s} < t < 7 \mu\text{s})$$

$$i = 0 \text{ A} \quad (7 \mu\text{s} < t)$$

اور اس کے بعد  $i = 0 \text{ A}$  ہے۔ ان نتائج کو شکل 1.23 میں دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بار نہ بدلنے کی صورت میں رو صفر ہوتی ہے۔ بڑھتے بار کی صورت میں مثبت رو اور گھٹتے بار کی صورت میں منفی رو پائی جاتی ہے۔



شکل 1.24: طاقت بالمقابل وقت

مثال 1.8: مندرجہ بالا مثال میں طاقت بالمقابل وقت حاصل کریں۔

حل: طاقت  $p = vi$  ہوتا ہے۔ شکل 1.22-الف سے دباؤ کی قیمت 15 V ملتی ہے جبکہ شکل 1.23 سے رو کی قیمت مختلف دورانیے کے لئے حاصل کی جاسکتی ہے۔ یوں مختلف دورانیے کے طاقت درج ذیل حاصل ہوتے ہیں۔

$$\begin{aligned}
 p &= 15 \times 0 = 0 \text{ W} & (0 < t < 0.5 \mu\text{s}) \\
 p &= 15 \times 1000 = 15 \text{ kW} & (0.5 \mu\text{s} < t < 2 \mu\text{s}) \\
 p &= 15 \times 333.33 = 5 \text{ kW} & (2 \mu\text{s} < t < 3.5 \mu\text{s}) \\
 p &= 15 \times 0 = 0 \text{ W} & (3.5 \mu\text{s} < t < 4 \mu\text{s}) \\
 p &= 15 \times (-3500) = -52.5 \text{ kW} & (4 \mu\text{s} < t < 5 \mu\text{s}) \\
 p &= 15 \times 0 = 0 \text{ W} & (5 \mu\text{s} < t < 6 \mu\text{s}) \\
 p &= 15 \times 500 = 7.5 \text{ kW} & (6 \mu\text{s} < t < 7 \mu\text{s}) \\
 p &= 15 \times 0 = 0 \text{ W} & (7 \mu\text{s} < t)
 \end{aligned}$$

ان جوابات کو شکل 1.24 میں دکھایا گیا ہے۔

مثال 1.9: آج کل کمپیوٹر<sup>61</sup> کا زمانہ ہے اور یو-ایس-بی<sup>62</sup> یعنی عمومی سلسلہ وار پھاٹک کا استعمال عام ہے۔ کسی بھی کمپیوٹر یا عددی دور<sup>63</sup> کو عددی مواد<sup>64</sup> جن برقی تاروں کے ذریعہ فراہم کیا جاتا ہے وہ کمپیوٹر یا عددی دور کے داخلی پھاٹک<sup>65</sup> کہلاتے ہیں اور جن تاروں کے ذریعہ کمپیوٹر یا عددی دور سے عددی مواد حاصل کیا جاتا ہے، کمپیوٹر یا عددی دور کے خارجی پھاٹک<sup>66</sup> کہلاتے ہیں۔ عمومی سلسلہ وار پھاٹک (یو-ایس-بی) پر کمپیوٹر عددی مواد حاصل

computer<sup>61</sup>  
 USB Universal Serial Port<sup>62</sup>  
 digital circuit<sup>63</sup>  
 digital data<sup>64</sup>  
 input port<sup>65</sup>  
 output port<sup>66</sup>

بھی کر سکتا ہے اور خارج بھی کر سکتا ہے۔ یوں یہ داخلی۔ خارجی پھانک<sup>67</sup> ہے۔ اس پھانک کی مدد سے کمپیوٹر کے ساتھ بیرونی آلات مثلاً موبائل فون، عددی کیمرہ وغیرہ جوڑے جاسکتے ہیں۔ یہ پھانک بیرونی آلات کو برقی طاقت فراہم کرنے کی صلاحیت بھی رکھتا ہے۔ یہ پھانک چار عدد برقی تاروں پر مشتمل ہے جن میں دو تار عددی مواد کے ترسیل اور دو تار برقی طاقت کی فراہمی کے لئے استعمال ہوتے ہیں۔ یہ پھانک عام حالت میں 100 mA برقی رو فراہم کر سکتا ہے جبکہ سافٹ ویئر کے ذریعہ پھانک سے برقی رو کی فراہمی 500 mA تک بڑھائی جاسکتی ہے۔

یو۔ ایس۔ بی پھانک استعمال کرتے ہوئے موبائل کی بے بار<sup>68</sup> بیٹری میں بار بھرا جاتا ہے۔ بیٹری کی استعداد 1700 mA h ہے۔ الف) بیٹری کی استعداد کو لمب C میں حاصل کریں۔ ب) اگر پھانک 100 mA رو فراہم کر رہا ہو تب بیٹری کو مکمل بھرنے میں کتنی دیر لگے گی۔

حل: الف) مکمل بھری بیٹری میں کل بار ہی بیٹری کی استعداد ہوتی ہے۔ بیٹری کی استعداد کو کو لمب C کی بجائے Ah میں بیان کیا جاتا ہے۔ دی گئی بیٹری کی استعداد

$$Q = I \times t = 1700 \times 10^{-3} \times 3600 = 6120 \text{ C}$$

ہے جہاں ایک گھنٹہ 3600 سیکنڈ کے برابر ہے۔

ب) یوں 100 mA کی رو سے بیٹری بھرنے میں

$$t = \frac{6120}{100 \times 10^{-3}} = 61200 \text{ s} = 17 \text{ h}$$

سترہ گھنٹے درکار ہوں گے۔





## باب 2

### مزاحمتی ادوار

#### 2.1 قانون اوہم

شکل 2.1-الف میں کارتیسی محدود<sup>1</sup> پر سیدھے خطوط دکھائے گئے ہیں۔ بالائی خط کی مساوات  $y = m_1x + c_1$  ہے جہاں خط کی ڈھلوان<sup>2</sup>  $m_1$  ہے جبکہ خط  $y$  محدود کو  $c_1$  پر کاٹتا ہے۔ نیچے خط کی ڈھلوان  $m_2$  ہے جبکہ یہ محدود کے مرکز  $(0,0)$  سے گزرتی ہے لہذا یہ خط  $y$  محدود کو 0 پر کاٹتی ہے اور یوں اس کی مساوات  $y = m_2x$  ہے۔

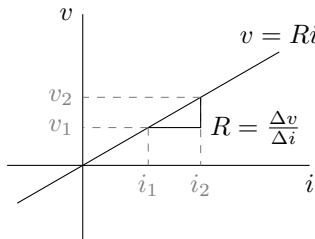
مزاحمت کے دوسروں کے مابین مختلف برقی دباؤ  $v$  لاگو کرتے ہوئے برقی رو  $i$  ناپی گئی۔ برقی دباؤ کو عمودی محدود اور برقی رو کو افقی محدود پر رکھتے ہوئے ان کے تعلق کو شکل 2.1-ب میں دکھایا گیا ہے۔ اس خط کو مزاحمت کی دباؤ بالمقابل دو خط کہا جاتا ہے۔ شکل-ب کا شکل-الف کی نیچے خط کے ساتھ موازنہ کرتے ہوئے اس خط کو

$$(2.1) \quad v = Ri \quad \text{قانون اوہم}$$

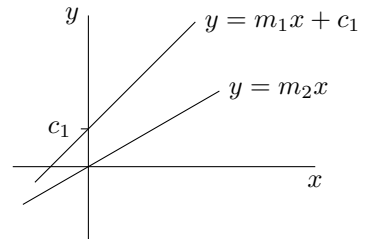
لکھا جاسکتا ہے جہاں خط کی ڈھلوان کو  $R$  لکھا اور برقی مزاحمت<sup>3</sup> یا صرف مزاحمت پکارا جاتا ہے۔ اس مساوات کو قانون اوہم<sup>4</sup> کہتے ہیں۔ شکل-ب میں مزاحمت  $R$  کو بطور ڈھلوان دکھایا گیا ہے۔

$$(2.2) \quad R = \frac{v_2 - v_1}{i_2 - i_1} = \frac{\Delta v}{\Delta i} \quad \text{مزاحمت کی تعریف}$$

Cartesian coordinates<sup>1</sup>  
slope<sup>2</sup>  
electrical resistance<sup>3</sup>  
Ohm's law<sup>4</sup>

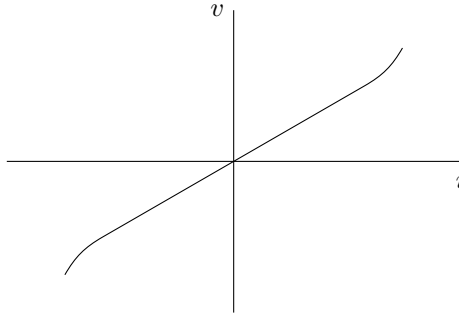


(ب) مزاحمت کے برقی دباؤ بالمقابل دو خط اور اوہم کا قانون۔

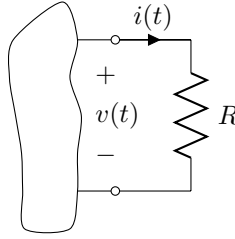


(ا) سیدھے خطوط اور ان کی ریاضی مساوات۔

شکل 2.1: قانون اوہم دراصل سیدھے خط کی مساوات ہے۔



شکل 2.2: غیر خطی دباؤ بالمقابل رو کی تعلق۔



شکل 2.3: اوہم کا قانون اور مزاحمتی ضیاع۔

شکل 2.1-ب میں دباؤ اور رو راست تناسب کا تعلق رکھتے ہیں۔ راست تناسبی تعلق کو خطی<sup>5</sup> تعلق کہا جاتا ہے۔ اگرچہ اس کتاب میں مزاحمت کو خطی پرزہ<sup>6</sup> ہی تصور کیا جائے گا، یہ جاننا ضروری ہے کہ کئی نہایت اہم اقسام کے پرزے غیر خطی مزاحمت کی خاصیت رکھتے ہیں۔ عام استعمال میں 220 V پر جلنے والا بلب غیر خطی مزاحمت کی مثال ہے۔ اس بلب کے  $v - i$  تعلق کو شکل 2.2 میں دکھایا گیا ہے۔

وقت کے ساتھ بدلتا دباؤ اور بدلتی رو کی صورت میں قانون اوہم

$$(2.3) \quad v(t) = Ri(t)$$

لکھا جائے گا جہاں وقت  $t$  کے ساتھ بدلتے برقی دباؤ اور بدلتی برقی رو کو چھوٹے حروف میں لکھا گیا ہے۔ مساوات 2.3 سے مزاحمت کا بُعد  $\frac{V}{A}$  حاصل ہوتا ہے جسے اوہم<sup>7</sup> پکارا اور  $\Omega$  سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ یوں اگر کسی مزاحمت پر 10 V کا برقی دباؤ لگو کرنے سے مزاحمت میں 5 A کی رو گزرے تب مزاحمت کی قیمت  $R = \frac{10}{5} = 2 \Omega$  ہوگی۔

شکل 2.3 میں برقی دور کے ساتھ مزاحمت  $R$  جڑی ہے۔ مزاحمت کی دباؤ  $v(t)$  اور رو  $i(t)$  ہیں۔ صفحہ 7 پر مساوات 1.6 کے تحت اس مزاحمت میں طاقت کا ضیاع

$$p(t) = v(t)i(t)$$

ہوگا۔ اس مساوات میں برقی دباؤ  $v(t)$  میں قانون اوہم پُر کرتے ہوئے

$$p(t) = Ri(t) \times i(t) = Ri^2(t)$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح طاقتی ضیاع کی مساوات میں  $i(t)$  کی جگہ قانون اوہم استعمال کرتے ہوئے

$$p(t) = v(t) \times \frac{v(t)}{R} = \frac{v^2(t)}{R}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مندرجہ بالا تین مساوات کو اکٹھے لکھتے ہیں۔

$$(2.4) \quad p(t) = v(t)i(t) = Ri^2(t) = \frac{v^2(t)}{R} \quad \text{مزاہمتی ضیاع}$$

درج بالا مساوات مزاہمت کی طاقت دیتی ہے۔ یہ طاقت حرارتی توانائی میں تبدیل ہوتی ہے جس سے مزاہمت کا درجہ حرارت بڑھتا ہے۔

مزاہمت کے علاوہ موصلیت<sup>8</sup>  $G$  بھی بہت مقبول ہے جہاں

$$(2.5) \quad G = \frac{1}{R}$$

کے برابر ہے۔ موصلیت کی اکائی سیمنز<sup>9</sup>  $S$  ہے جہاں

$$(2.6) \quad 1S = 1 \frac{A}{V}$$

کے برابر ہے۔ مساوات 2.5 کے استعمال سے اوہم کے قانون کو

$$(2.7) \quad i(t) = Gv(t)$$

اور مزاہمت کی طاقت کو

$$(2.8) \quad p(t) = Gv^2(t) = \frac{i^2(t)}{G}$$

لکھا جاسکتا ہے۔

مثال 2.1: ایک عدد مزاہمت پر 20 V لاگو کرنے سے مزاہمت میں 4 A پیدا ہوتی ہے۔ اس کی موصلیت دریافت کریں۔

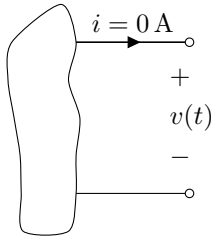
حل: مساوات 2.7 کی مدد سے

$$G = \frac{i}{v} = \frac{4}{20} = 0.2S$$

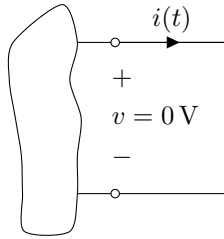
حاصل ہوتا ہے۔ یہی جواب، اوہم کے قانون سے  $R = \frac{20}{4} = 5 \Omega$  لکھتے اور  $G = \frac{1}{R} = 0.2S$  سے بھی حاصل ہوتا ہے۔

شکل 2.4- الف میں برقی دور کے ساتھ متغیر مزاہمت<sup>10</sup> جڑا دکھایا گیا ہے۔ مزاہمت پر ترچھا تیر کھینچ کر متغیر مزاہمت کو ظاہر کیا جاتا ہے۔ اگر متغیر مزاہمت کی قیمت کم کرتے کرتے صفر کر دی جائے تو کسی بھی رو  $i(t)$  کی صورت میں مزاہمت پر لاگو برقی دباؤ، قانون اوہم کے تحت  $v = i(t) \times 0 = 0V$  ہوگا۔ یہ صورت حال شکل-ب میں دکھائی گئی ہے اور اس صورت کو قصور دور<sup>11</sup> کہتے ہیں۔ دو نقطوں کو موصل تار سے جوڑ کر قصور دور کیا جاتا ہے۔ اس کے برعکس اگر متغیر مزاہمت کی قیمت لامحدود کر دی جائے تب کسی بھی دباؤ  $v(t)$  پر، قانون اوہم کے تحت  $i = \frac{v(t)}{\infty} = 0A$  ہوگی۔ ایسی صورت،

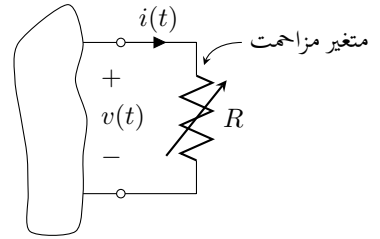
conductance<sup>8</sup>  
Siemens<sup>9</sup>  
variable resistor<sup>10</sup>  
short circuit<sup>11</sup>



(پ) کھلا دور

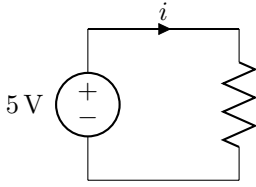


(ب) قصر دور

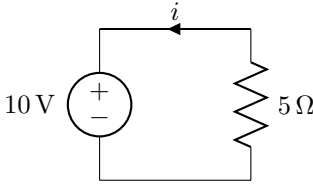


(الف) متغیر مزاحمت

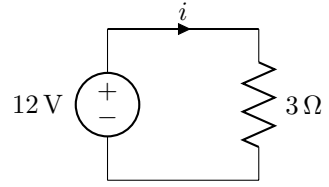
شکل 2.4: قصر دور اور کھلا دور۔



(پ)



(ب)



(الف)

شکل 2.5: مزاحمتی ادوار مثال 2.2 تا مثال 2.4

جسے کھلا دور<sup>12</sup> کہتے ہیں کو شکل-پ میں دکھائی گئی ہے۔ کسی بھی دو نقطوں کو کھلا دور کرنے کا مطلب یہ ہے کہ ان نقطوں کے مابین مزاحمت لامحدود کر دی جائے۔ قصر دور پر ہر صورت صفر دباو پایا جاتا ہے جبکہ کھلا دور پر ہر صورت صفر رو پائی جاتی ہے۔

مثال 2.2: شکل 2.5-الف میں روا اور مزاحمتی طاقت دریافت کریں۔

حل: قانون اوہم سے مزاحمت میں رو

$$i = \frac{12}{3} = 4 \text{ A}$$

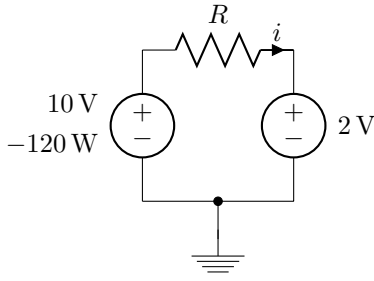
حاصل ہوتی ہے اور یوں مزاحمتی طاقت درج ذیل ہو گا۔

$$p = v \times i = 12 \times 4 = 48 \text{ W}$$

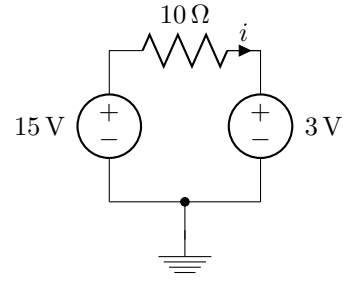
مثال 2.3: شکل 2.5-ب میں روا اور مزاحمتی طاقت دریافت کریں۔

حل: مزاحمت کا بالائی سرا مثبت ہے لہذا اس میں رو کی سمت اوپر سے نیچے ہوگی جو دکھلائے گئی سمت کے الٹ ہے۔ اس طرح دی گئی سمت میں رو کی قیمت منفی ہوگی یعنی

$$i = -\frac{10}{5} = -2 \text{ A}$$



(ب)



(الف)

شکل 2.6: مزاحمتی ادوار مثال 2.5 تا مثال 2.6

جبکہ مزاحمت طاقت درج ذیل ہوگا۔

$$p = i^2 R = 20 \text{ W}$$

مثال 2.4: شکل 2.5-پ میں روا اور مزاحمتی دریافت کریں۔

حل: دور میں طاقت کی پیداوار اور ضیاع برابر لیتے ہوئے طاقت کی مساوات  $p = vi$  سے منبع کی رو حاصل کرتے ہیں۔

$$i = \frac{p}{v} = \frac{2.5}{5} = 0.5 \text{ A}$$

اوہم کے قانون سے مزاحمت کی قیمت درج ذیل حاصل ہوتی ہے۔

$$R = \frac{v}{i} = \frac{5}{0.5} = 10 \Omega$$

مثال 2.5: شکل 2.6-الف میں مزاحمت کی روا اور طاقت دریافت کریں۔

حل: قانون اوہم میں مزاحمت کی دباؤ  $15 \text{ V} - 3 \text{ V} = 12 \text{ V}$  لیتے ہوئے رو حاصل کرتے ہیں۔

$$i = \frac{12}{10} = 1.2 \text{ A}$$

اسی طرح مزاحمت کی دباؤ  $12 \text{ V}$  لیتے ہوئے اس کی طاقت درج ذیل حاصل ہوتی ہے۔ یہی جواب  $p = i^2 R$  سے بھی حاصل ہوگا۔

$$p = vi = 12 \times 1.2 = 14.4 \text{ W}$$

مثال 2.6: شکل 2.6-ب میں مزاحمت میں رو اور طاقت دریافت کریں۔ دائیں منبع کی طاقت بھی دریافت کریں۔

حل: بائیں منبع کی طاقت اور دباؤ دیے گئے جس سے منبع کی مثبت سر سے خارج ہوتی رو کی قیمت 12 A حاصل ہوتی ہے۔ مزاحمت کی دباؤ 8 V ہے لہذا اس کی مزاحمت

$$R = \frac{8}{12} = \frac{2}{3} \Omega$$

ہوگی۔ اس طرح مزاحمت کی طاقت

$$p = vi = 8 \times 12 = 96 \text{ W}$$

ہوگا۔ دائیں منبع کو طاقت فراہم کی جا رہی ہے جس کی قیمت درج ذیل ہے۔

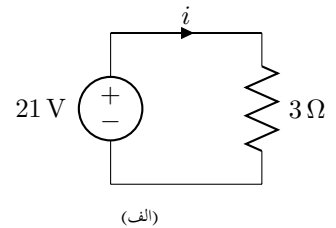
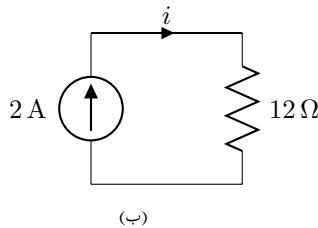
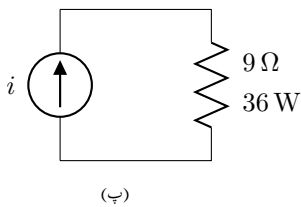
$$p = vi = 2 \times 12 = 24 \text{ W}$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ طاقت کی پیداوار اور ضیاع برابر ہیں۔

مشق 2.1: شکل 2.7-الف میں مزاحمت کی رو اور طاقت حاصل کریں۔ منبع کی طاقت بھی حاصل کریں۔

$$\text{جوابات: } i = 7 \text{ A} , p = 127 \text{ W} , p = -127 \text{ W}$$

مشق 2.2: شکل 2.7-ب میں مزاحمت کا دباؤ اور طاقت حاصل کریں۔ منبع کی طاقت بھی دریافت کریں۔



شکل 2.7: مزاحمتی ادوار مشق 2.1 تا مشق 2.3

$$p = -48 \text{ W} , p = 48 \text{ W} , v = 24 \text{ V} \text{ : جوابات}$$

مشق 2.3: شکل 2.7-پ میں مزاحمت کی رُو اور دباؤ حاصل کریں۔ منبع کی طاقت دریافت کریں۔

$$p = -36 \text{ W} , v = 18 \text{ V} , i = 2 \text{ A} \text{ : جوابات}$$

## 2.2 قوانین کرچاف

اوہم کے قانون سے ایک مزاحمت اور ایک منبع پر مبنی دور آسانی سے حل ہوتا ہے البتہ زیادہ پروزوں پر مبنی دور حل کرتے ہوئے اس کا استعمال قدر مشکل ہوتا ہے۔ زیادہ پروزہ جات کے ادوار قوانین کرچاف<sup>13 14</sup> کی مدد سے نہایت آسانی کے ساتھ حل ہوتے ہیں۔ برقی دور میں برقی پروزوں کو موصل تاروں سے آپس میں جوڑا جاتا ہے۔ موصل تار کی مزاحمت کو صفر اوہم تصور کیا جاتا ہے لہذا ان میں طاقت کا ضیاع صفر ہوگا۔ یوں طاقت کی پیداوار اور ضیاع صرف برقی پروزوں میں ممکن ہے۔

اس سے پہلے کہ ہم کرچاف کے قوانین پر غور کریں، ہم کچھ اصطلاحات مثلاً جوڑ<sup>15</sup>، دائرہ<sup>16</sup> اور شاخ<sup>17</sup> جاننے کی کوشش کرتے ہیں۔ شکل 2.8-الف میں مزاحمت  $R_2$ ،  $R_3$  اور منبع  $V_1$  نقطہ  $j_0$  پر جڑے ہیں۔ اس نقطے کو جوڑ  $j_0$  کہا جائے گا۔ اسی شکل میں جوڑ  $j_1$ ،  $j_2$  اور  $j_3$  بھی دکھائے گئے ہیں۔ شکل 2.8-ب میں اسی شکل کو قدر مختلف طریقے سے دکھایا گیا ہے۔ یہاں بھی ان جوڑوں کی نشاندہی کی گئی ہے۔ کسی بھی دو یا دو سے زیادہ پروزوں کو جوڑنے والے موصل تار کو جوڑ تصور کیا جاتا ہے۔ یوں شکل-الف میں جوڑ  $j_0$  نقطہ مانند ہے جبکہ شکل-ب میں نچلی پوری تار جوڑ  $j_0$  ہے۔ جوڑ کو ظاہر کرنے والی تار کی لمبائی کچھ بھی ہو سکتی ہے۔

کسی بھی دور میں متعدد راستے ممکن ہیں۔ شکل 2.8 میں جوڑ  $j_1$  سے مزاحمت  $R_4$  کے راستے جوڑ  $j_3$  تک پہنچا جاسکتا ہے جہاں سے منبع  $i_1(t)$  کے راستے جوڑ  $j_1$  اور پھر مزاحمت  $R_1$  کے راستے واپس جوڑ  $j_1$  تک پہنچا جاسکتا ہے۔ ایسا بند راستہ جو ابتدائی جوڑ پر ہی اختتام پذیر ہو بند راستہ کہلاتا ہے۔ ایسا بند راستہ جس پر کسی بھی جوڑ سے صرف ایک مرتبہ گزرا جائے دائرہ<sup>18</sup> کہلاتا ہے۔ اس طرح  $R_1$ ،  $i_1(t)$  اور  $R_4$  دائرہ ہے۔ اسی طرح  $R_1$ ،  $R_2$ ،  $R_3$  اور  $R_4$  بھی دائرہ ہے۔ دائرے کی ایک اور مثال  $v_1(t)$ ،  $R_4$ ،  $i_1(t)$  اور  $R_2$  ہے۔ اس کے برعکس  $R_4$ ،  $i_1(t)$ ،  $R_2$  اور  $i_1(t)$ ،  $R_3$  اور  $R_1$  دائرہ نہیں ہے چونکہ اس میں جوڑ  $j_2$  اور جوڑ  $j_3$  سے دو مرتبہ گزرا گیا۔

برقی دور میں ہر برقی پروزے کو شاخ<sup>19</sup> کہتے ہیں۔ شکل 2.8 میں کل چھ (6) شاخ ہیں۔ جوڑ  $j_3$  پر تین شاخ یعنی  $R_4$ ،  $R_3$  اور  $i_1(t)$  جڑتے ہیں۔ جوڑ  $j_0$  پر تین شاخ  $v_1(t)$ ،  $R_2$  اور  $R_3$  جڑتے ہیں۔ انہیں اب قوانین کرچاف کی بات کریں۔

<sup>13</sup>Kirchoff's laws

<sup>14</sup>جرمنی کے گسٹاف روبرٹ کرچاف نے ان قوانین کو 1845ء پیش کیا۔

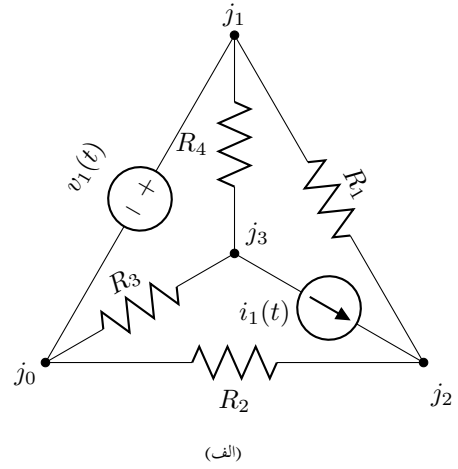
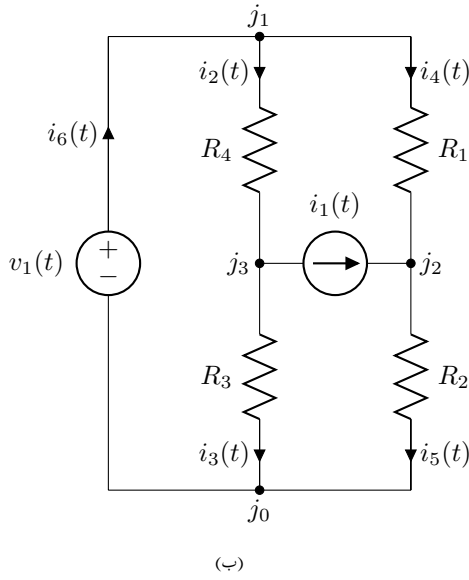
<sup>15</sup>node

<sup>16</sup>loop

<sup>17</sup>branch

<sup>18</sup>loop

<sup>19</sup>branch



شکل 2.8: جوڑ اور دائرے۔

کرچاف کا قانون برائے برقی رو کہتا ہے کہ کسی بھی جوڑ پر داخلی برقی رو کا مجموعہ خارجی برقی رو کے مجموعے کے عین برابر ہوتا ہے۔

کرچاف کے قانون برائے برقی رو کو کرچاف قانونِ دو کہا جائے گا۔ اس قانون کو کسی بھی جوڑ کے لئے یوں

$$(2.9) \quad \sum i_{\text{داخلی}} = \sum i_{\text{خارجی}} \quad \text{کرچاف قانونِ دو}$$

لکھا جاتا ہے۔ شکل 2.8-ب میں جوڑ  $j_0$  پر درج بالا مساوات سے

$$(2.10) \quad i_3(t) + i_5(t) = i_6(t) \quad \text{جوڑ } j_0$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح بقایا جوڑوں پر کرچاف قانونِ دو سے درج ذیل حاصل ہوتے ہیں جہاں مساوی علامت (=) کے بائیں جانب داخلی رو کا مجموعہ اور دائیں جانب خارجی رو کا مجموعہ ہے۔

$$(2.11) \quad i_6(t) = i_2(t) + i_4(t) \quad \text{جوڑ } j_1$$

$$(2.12) \quad i_1(t) + i_4(t) = i_5(t) \quad \text{جوڑ } j_2$$

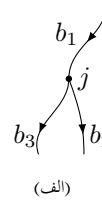
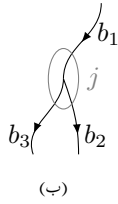
$$(2.13) \quad i_2(t) = i_1(t) + i_3(t) \quad \text{جوڑ } j_3$$

اگر جوڑ پر تمام رو کی سمت خارجی تصور کی جائے تب قانونِ کرچاف برائے دو<sup>20</sup> کو درج ذیل لکھا جاسکتا ہے جہاں  $i_s(t)$  شاخ  $s$  میں جوڑ سے خارج ہو رہے اور جوڑ کے ساتھ جڑے شاخوں کی تعداد  $N$  ہے۔

$$(2.14) \quad \sum_{s=1}^N i_s(t) = 0 \quad \text{کرچاف قانونِ رو}$$

اگر جوڑ پر تمام رو کی سمت داخلی تصور کی جائے تب قانونِ کرچاف برائے دو کو درج بالا لکھا جاسکتا ہے جہاں  $i_s(t)$  شاخ  $s$  میں جوڑ پر داخل رو ہے۔





شکل 2.9: کرچاف قانون رو کو بکریوں پر بھی لاگو کیا جا سکتا ہے۔

مساوات 2.14 کو استعمال کرتے ہوئے شکل 2.8-ب کے لئے درج ذیل لکھا جائے گا جہاں خارجی رو مثبت اور داخلی رو منفی لکھے گئے ہیں۔

$$(2.15) \quad i_6(t) - i_3(t) - i_5(t) = 0 \quad \text{جوڑ } j_0$$

$$(2.16) \quad i_2(t) + i_4(t) - i_6(t) = 0$$

$$(2.17) \quad i_5(t) - i_1(t) - i_4(t) = 0$$

$$(2.18) \quad i_1(t) + i_3(t) - i_2(t) = 0$$

مساوات 2.10 تا 2.13 کو مساوات 2.9 سے حاصل کیا گیا جبکہ مساوات 2.15 تا 2.18 کو مساوات 2.14 سے حاصل کیا گیا۔ مساوات 2.10 میں داخلی رو یعنی  $i_3(t)$  اور  $i_5(t)$  کو مساوی نشان (=) کی دوسری جانب منتقل کرنے سے مساوات 2.15 حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ مساوات 2.9 اور مساوات 2.14 عین برابر ہیں۔

مساوات 2.16، مساوات 2.17 اور مساوات 2.18 کو جمع کرنے کے بعد منفی ایک (1-) سے ضرب دینے سے مساوات 2.15 حاصل ہوتا ہے۔ یوں مندرجہ بالا چار ہمزاہ مساوات<sup>21</sup> میں صرف تین عدد مساوات غیر تابع<sup>22</sup> مساوات ہیں۔ ان میں کسی بھی تین مساوات کے استعمال سے چوتھی مساوات حاصل کی جاسکتی ہے۔ آپ جانتے ہیں کہ دو آزاد متغیرات حاصل کرنے کی خاطر دو عدد غیر تابع مساوات درکار ہوتے ہیں۔ یوں آزاد متغیرات  $x$  اور  $y$  مندرجہ ذیل ہمزاہ مساوات میں سے کسی بھی دو مساوات کو بیک وقت حل کرنے سے حاصل کرنا ممکن ہے۔ ان میں کسی بھی دو عدد مساوات کو غیر تابع تصور کرتے ہوئے تیسری مساوات حاصل کی جاسکتی ہے لہذا تیسری تابع مساوات ہے جو کوئی نئی معلومات فراہم نہیں کرتی۔ تابع مساوات غیر ضروری مساوات ہوتی ہے جسے لکھنے کی ضرورت نہیں ہے۔

$$x + y = 3$$

$$x - y = 1$$

$$x - 3y = -1$$

جس برقی دور میں کل  $J$  عدد جوڑ پائے جاتے ہوں، اس میں  $J - 1$  غیر تابع مساوات حاصل ہوتے ہیں لہذا کسی بھی ایک جوڑ کے بغیر بقایا تمام پر جوڑ پر مساوات کئے جاتے ہیں۔

کرچاف قانون رو کے استعمال میں اصل رو کی سمت کو نہیں دیکھا جاتا بلکہ صرف متغیرات  $i_1(t)$ ،  $i_2(2)$ ،  $i_3(t)$ ، ... کی سمت کو دیکھتے ہوئے مساوات لکھی جاتی ہے۔ یوں شکل 2.8-ب میں جوڑ  $j_2$  پر  $i_1(t)$  کو داخلی تصور کیا جائے گا اگرچہ  $i_1(t) = -3A$  کی صورت میں رو حقیقت میں دکھائی گئی سمت کے الٹ ہوگی۔

کرچاف قانون رو عمومی مساوات ہے جسے ہم روزمرہ زندگی میں برقی رو کی بجائے مختلف چیزوں پر لاگو کرتے ہیں۔ شکل 2.9-الف میں ایک گڈریا پورے دن بکریاں چرانے کے بعد انہیں شام کو پہاڑی سے نیچے ایک پگڈنڈی پر اتار رہا ہے۔ گڈریا اپنی بکریوں کو خیر خیریت سے دکھائی گئے راستے سے نیچے اتار پاتا ہے۔ نقطہ  $z$  سے نیچے دو پگڈنڈیاں ہیں۔ اگر بالائی پگڈنڈی پر  $b_1$  بکریاں اترتے گنی جائیں تو آپ یقین کر سکتے ہیں کہ نچلی دو پگڈنڈیوں پر کل اتنی ہی

بکریاں اترے گی یعنی  $b_1 = b_2 + b_3$  ہو گا۔ تار میں کسی بھی مقام سے فی سیکنڈ گزرتی برقی بار کو برقی رو کہتے ہیں۔ یوں برقی رو کی بات کرتے ہوئے ہم حقیقت میں برقی بار کی بات کرتے ہیں۔ تار میں برقی بار کا وجود الیکٹران پر ہے جس کی تعداد ناکم ہوتی ہے اور ناہی بڑھتی ہے۔ اسی لئے بالکل پگڈنڈی پر چلتی بکریوں کی طرح تار میں چلتے الیکٹران کی تعداد بھی برقرار رہتی ہے اور کسی جوڑ پر آمدی الیکٹران کی تعداد اس جوڑ سے خارج ہوتے الیکٹران کے برابر ہوگی۔ طبیعیات کے اصولوں کے تحت کسی بھی جوڑ پر برقی بار کا انبار نہیں جمع ہوتا۔<sup>23</sup>

کرجاف قانون رو کسی بھی بند سطح کے لئے درست ہے۔ شکل 2.9-ب میں ہلکی سیاہی میں بند سطح میں داخل بکریوں کی تعداد سطح سے خارج بکریوں کے برابر ہوگی۔ اس شکل میں بند سطح کو جوڑ  $j$  تصور کیا جاسکتا ہے۔

مثال 2.7: شکل 2.10-الف میں نامعلوم رو دریافت کریں۔

حل: جوڑ  $j_2$  پر داخلی رو  $2 \text{ mA} + 5 \text{ mA}$  ہے جو خارجی رو  $i_4$  کے برابر ہوگی یعنی

$$i_4 = 5 \text{ mA} + 2 \text{ mA} = 7 \text{ mA}$$

جوڑ  $j_3$  پر داخلی رو کا مجموعہ  $i_4 + i_3$  ہے جو خارجی  $6 \text{ mA}$  کے برابر ہو گا۔ یوں درج بالا حاصل کردہ  $i_4$  کی قیمت پُر کرتے ہوئے

$$7 \text{ mA} + i_3 = 6 \text{ mA}$$

سے درج ذیل حاصل ہوتا ہے

$$i_3 = -1 \text{ mA}$$

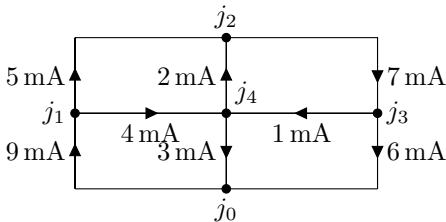
جو منفی قیمت ہے۔ منفی  $i_3$  کا مطلب ہے کہ حقیقت میں رو دکھائی گئی سمت کے الٹ ہے۔ شکل 2.10-ب میں حقیقی سمت دکھائی گئی ہے۔ یوں حقیقت میں جوڑ  $j_3$  سے جوڑ  $j_4$  کی جانب  $1 \text{ mA}$  رو پائی جاتی ہے۔ جوڑ  $j_0$  پر داخلی رو  $6 \text{ mA}$  ہے جبکہ خارجی رو کا مجموعہ  $i_2 + 9 \text{ mA}$  ہے لہذا

$$9 \text{ mA} + i_2 = 6 \text{ mA}$$

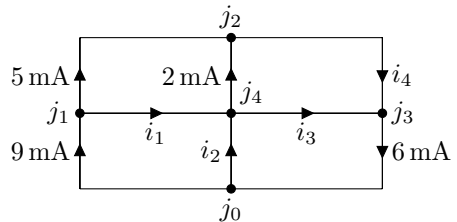
ہو گا جس سے

$$i_2 = -3 \text{ mA}$$

<sup>23</sup> میں امید کرتا ہوں کہ میری شاگردہ فرحانہ مشتاق کی طرح آپ کو بھی گڈریا کی مثال سے کرجاف قانون رو کی سمجھ آگئی ہوگی۔



(ب)



(الف)

شکل 2.10: کرجاف قانون رو کی مثال۔

حاصل ہوتا ہے۔ یوں حقیقت میں جوڑ  $j_4$  سے جوڑ  $j_0$  کی جانب  $3 \text{ mA}$  رو پائی جائے گی۔ جوڑ  $j_1$  پر داخلی رو  $9 \text{ mA}$  ہے جبکہ خارجی رو کا مجموعہ  $i_1 + 5 \text{ mA}$  ہے۔ یوں

$$9 \text{ mA} = i_1 + 5 \text{ mA}$$

لکھا کر

$$i_1 = 4 \text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ شکل-الف میں جوڑ  $j_4$  پر

$$i_1 + i_2 = i_3 + 2 \text{ mA}$$

لکھا جاسکتا ہے۔ ہم  $i_3 = -1 \text{ mA}$  اور  $i_2 = -3 \text{ mA}$  پہلے حاصل کر چکے ہیں۔ یہ قیمتیں پُر کرتے ہوئے

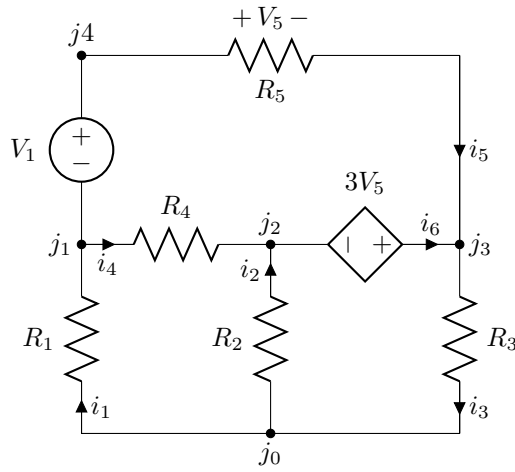
$$\begin{aligned} i_1 &= i_3 + 2 \text{ mA} - i_2 \\ &= -1 \text{ mA} + 2 \text{ mA} - (-3 \text{ mA}) \\ &= 4 \text{ mA} \end{aligned}$$

ہی حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ کرچاف قانونِ رو لکھتے ہوئے  $i_1$ ،  $i_2$ ،  $i_3$ ، ... کے دکھائے گئے سمتوں سے ہی انہیں داخلی یا خارجی رو گنا جاتا ہے۔

مثال 2.8: شکل 2.11 میں تمام جوڑ پر کرچاف قانونِ رو کی مساوات لکھیں۔

حل: جوڑ  $j_0$  تا جوڑ  $j_4$  بالترتیب مساوات لکھتے ہیں۔ خارجی رو کو مثبت تصور کیا گیا ہے۔

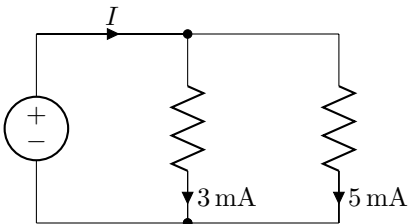
$$\begin{aligned} i_1 + i_2 - i_3 &= 0 \\ i_4 + i_5 - i_1 &= 0 \\ i_6 - i_2 - i_4 &= 0 \\ i_3 - i_5 - i_6 &= 0 \\ i_5 &= i_5 \end{aligned}$$



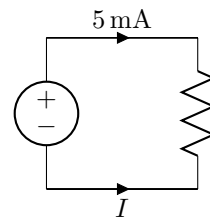
شکل 2.11: کرچاف قانون رو کی دوسری مثال۔

مشق 2.4: شکل 2.12 میں  $I$  دریافت کریں۔

جواب: (الف):  $I = -5 \text{ mA}$ ، (ب):  $I = 8 \text{ mA}$



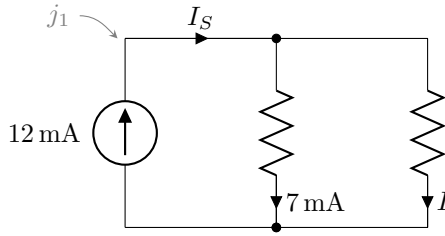
(ب)



(الف)

شکل 2.12: کرچاف قانون رو کا پہلا مشق۔

مشق 2.5: شکل 2.13 میں  $I_S$  اور  $I$  حاصل کریں۔



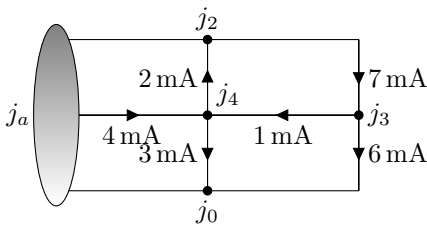
شکل 2.13: مشق 2.5 کی شکل۔

جوابات:  $I_S = 12 \text{ mA}$  ،  $I = 5 \text{ mA}$  ؛ برقی رو  $I_S$  حاصل کرنے کی خاطر نقطہ  $j_1$  کو جوڑ تصور کریں۔

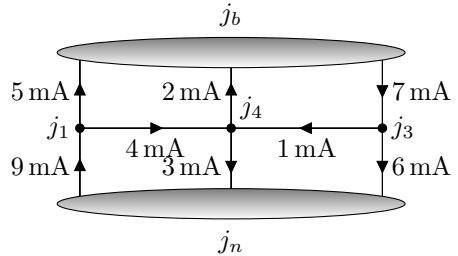
مثال 2.9: شکل 2.10-ب میں کسی بھی جگہ بند سطح کھینچ کر دیکھا جاسکتا ہے کہ کرچاف قانونِ رو بند سطح پر لاگو ہوتا ہے۔ شکل 2.14-الف میں ایسا ہی کیا گیا ہے۔ بالائی اور نچلی سطح کے داخلی اور خارجی رو دریافت کریں۔

حل: بالائی سطح کو جوڑ تصور کیا جاسکتا ہے۔ شکل میں اس جوڑ کو  $j_b$  کہا گیا ہے۔ بالائی سطح پر مجموعی داخلی رو  $5 \text{ mA} + 2 \text{ mA}$  ہے۔ اس سے  $7 \text{ mA}$  رو خارج ہوتی ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ داخلی اور خارجی رو برابر ہیں۔

نچلی سطح پر داخلی رو  $3 \text{ mA} + 6 \text{ mA}$  ہے اور خارجی رو  $9 \text{ mA}$  ہے۔ اس سطح پر بھی داخلی اور خارجی رو برابر ہیں۔ نچلی سطح کو جوڑ  $j_n$  کہا گیا ہے۔



(ب)



(الف)

شکل 2.14: کرچاف قانونِ رو بر بند سطح پر لاگو ہوتا ہے۔

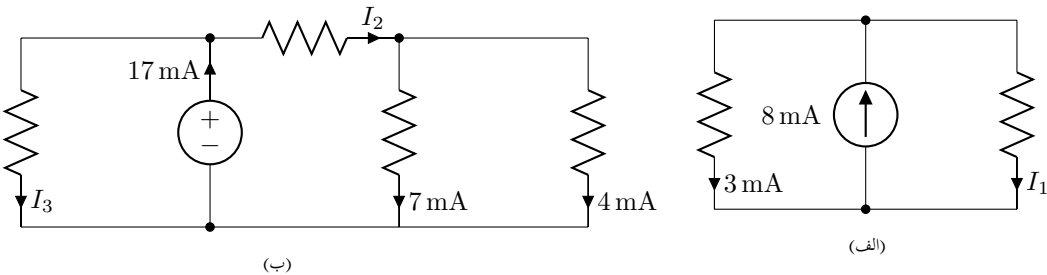
آپ شکل 2.10-ب پر کسی بھی جگہ پر بند سطح کھینچ کر دیکھ سکتے ہیں کہ اس سطح پر داخلی رو عین سطح سے خارجی رو کے برابر ہوگی۔

مشق 2.6: شکل 2.14-ب میں بند سطح کی داخلی اور خارجی رو حاصل کریں۔

جوابات: داخلی رو 9 mA ہے اور خارجی رو بھی 9 mA ہے۔

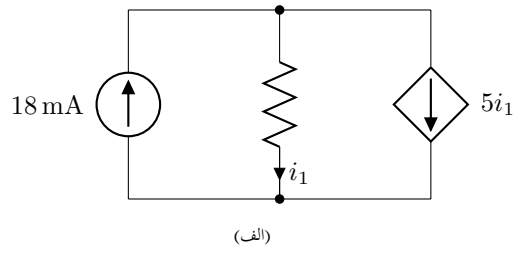
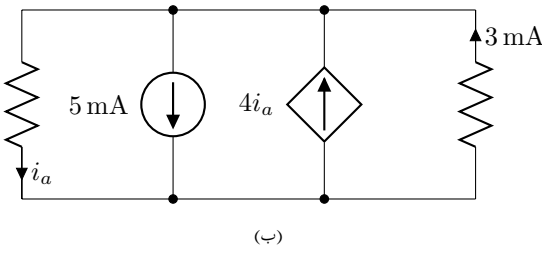
مشق 2.7: شکل 2.15 میں نامعلوم رو دریافت کریں۔

جواب:  $I_1 = 5 \text{ mA}$  ،  $I_2 = 11 \text{ mA}$  اور  $I_3 = 6 \text{ mA}$



شکل 2.15: مشق 2.7 میں استعمال ہونے والا دور۔

مشق 2.8: شکل 2.16-الف میں  $i_1$  اور شکل-ب میں  $i_a$  دریافت کریں۔



شکل 2.16: مشق 2.8 میں استعمال ہونے والا دور۔

جوابات:  $i_a = \frac{2}{3} \text{ mA}$  ،  $i_1 = 3 \text{ mA}$

کرچاف کا دوسرا قانون، کرچاف قانون برائے برقی دباؤ ہے۔ اس قانون کو عموماً کرچاف قانون دباؤ<sup>24</sup> کہا جاتا ہے۔

کرچاف قانون دباؤ کہتا ہے کہ کسی بھی بند راہ پر بڑھتے برقی دباؤ کا مجموعہ، گھٹتے برقی دباؤ کے مجموعے کے عین برابر ہوگا۔

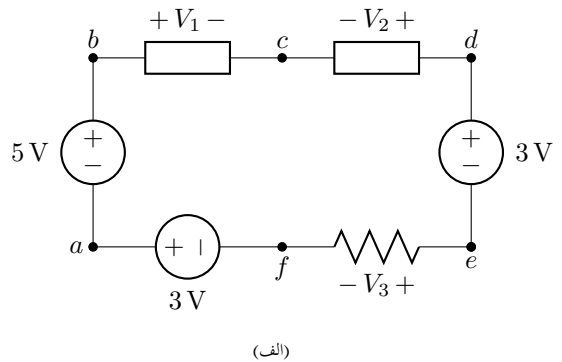
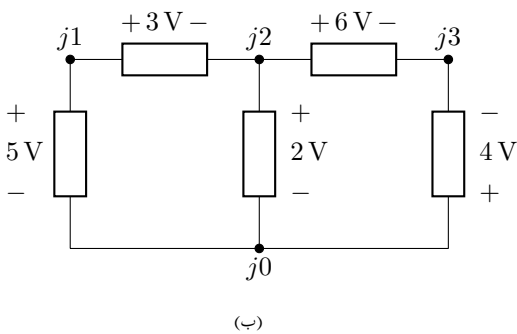
شکل 2.17-الف میں جوڑ  $j0$  سے برقی دور میں گھڑی کے سمت گھومتے ہوئے بڑھتے دباؤ کا مجموعہ

$$\text{بڑھتا دباؤ} = 5 + V_2 + 3$$

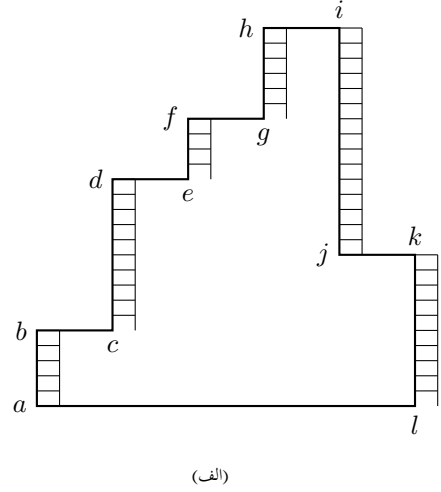
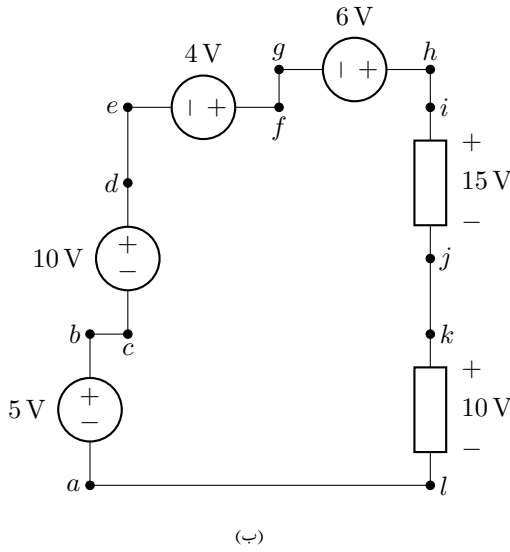
حاصل ہوتا ہے جبکہ گھٹتے دباؤ کا مجموعہ

$$\text{گھٹتا دباؤ} = V_1 + 3 + V_3$$

Kirchoff's voltage law, KVL<sup>24</sup>



شکل 2.17: کرچاف قانون دباؤ۔



شکل 2.18: کرچاف قانون دباو اور بلندی۔

حاصل ہوتا ہے۔ کرچاف قانون دباو کے تحت یہ قیمتیں برابر ہیں یعنی

$$5 + V_2 + 3 = V_1 + 3 + V_3$$

ہو گا۔ اس مساوات کو یوں

$$(2.19) \quad 5 + V_2 + 3 - V_1 - 3 - V_3 = 0$$

بھی لکھا جاسکتا ہے۔ یوں کرچاف قانون دباو کو

$$(2.20) \quad \sum_{b=1}^B V_b = \sum_{g=1}^G V_g \quad \text{کرچاف قانون دباو}$$

لکھا جاسکتا ہے جہاں بند دائرے میں بڑھتے دباو کی تعداد  $B$  اور گھٹتے دباو کی تعداد  $G$  ہے۔

شکل 2.17- الف میں بڑھتے دباو کو مثبت اور گھٹتے دباو کو منفی لکھتے ہوئے مجموعہ حاصل کرنے سے عین مساوات 2.19 حاصل ہوتا ہے لہذا کرچاف قانون دباو کو درج ذیل مساوات کی صورت میں بھی لکھا جاسکتا ہے۔

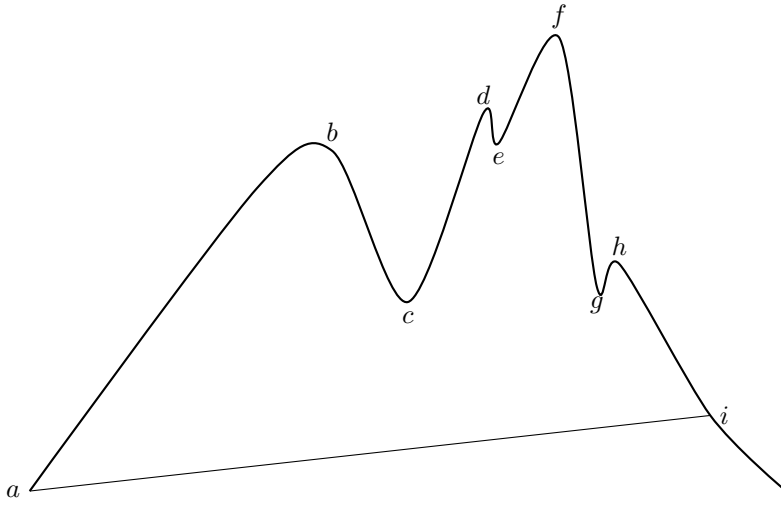
$$(2.21) \quad \sum_{s=1}^S V_s = 0 \quad \text{کرچاف قانون دباو}$$

اس مساوات میں اگر بڑھتے دباو کو مثبت لکھا جائے تب گھٹتے دباو کو منفی لکھا جائے گا اور اگر گھٹتے دباو کو مثبت لکھا جائے تب بڑھتے دباو کو منفی لکھا جائے گا۔

شکل 2.9 میں کرچاف قانون رو کو پہاڑی سے اترتی بکریوں کی مدد سے سمجھایا گیا۔ انہیں کرچاف قانون دباو کو شکل 2.18 کی مدد سے سمجھیں۔

شکل 2.18- الف میں ایک عمارت کا بیرونی خاکہ دکھایا گیا ہے۔ عمارت کے بائیں طرف سیڑھی کو استعمال کرتے ہوئے پہلی منزل  $b$  تک پہنچنا ممکن ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $a$  سے پانچ سیڑھی بلندی پر  $b$  واقع ہے۔ یوں  $a$  سے  $b$  تک پہنچنے پر آپ پانچ سیڑھی بلندی اختیار کریں گے۔ اس حقیقت کو ریاضیاتی طور پر  $B_{ba} = 5$  لکھا جاتا ہے۔ پہلی منزل کی چھت  $b$  تا  $c$  ہے یوں  $b$  سے  $c$  تک چلنے میں آپ کی بلندی جوں کی توں

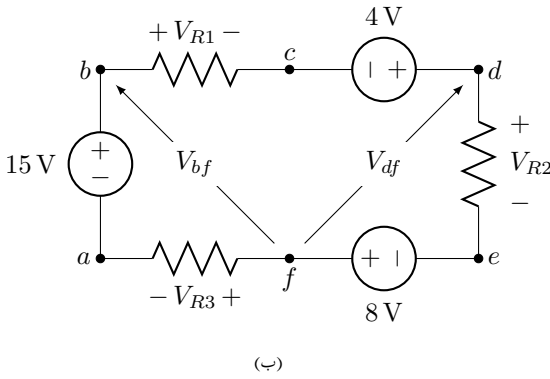




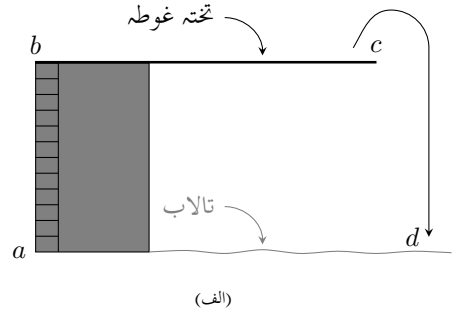
شکل 2.19: کرچاف قانون دباو اور پہاڑی پر چرتی بکریاں۔

رہے گی۔ اسی طرح  $d$  تک پہنچنے کی خاطر مزید دس سیڑھیاں چڑھنی ہو گی یعنی  $B_{dc} = 10$ ۔ یوں  $a$  سے  $d$  کی اونچائی پندرہ سیڑھی ہے۔ ان حقائق کو ریاضیاتی طور پر  $B_{da} = B_{ba} + B_{dc} + B_{fe} + B_{hg}$  لکھا جائے گا۔ اسی طرح  $a$  سے  $h$  تک  $B_{ha} = B_{ba} + B_{dc} + B_{fe} + B_{hg}$  ہو گا۔ اب  $i$  سے  $j$  پہنچنے کے لئے پندرہ سیڑھی اترنا ہو گا یعنی  $B_{ja} = B_{ba} + B_{dc} + B_{fe} + B_{hg} - B_{ij}$  جس میں قیمتیں پر کرتے ہوئے  $B_{ja} = 5 + 10 + 4 + 6 - 15 = 10$  حاصل ہوتا ہے۔ اب  $j$  تک پہنچنے کے لئے ضروری نہیں کہ عمارت کے بائیں جانب سے ہی ہم سیڑھیاں چڑھنے شروع ہو جائیں۔ ہم عمارت کے دائیں جانب سیڑھی استعمال کرتے ہوئے  $a$  سے  $k$  چڑھ سکتے ہیں جہاں سے  $B_{ka} = 10$  حاصل ہوتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ  $a$  سے  $j$  کی اونچائی کا انحصار اس پر بالکل نہیں کہ ہم کس راستے پر چلتے ہوئے اس بلندی کو ناپیں۔ اگر عمارت کے بائیں جانب نقطہ  $a$  سے شروع ہو کر تمام سیڑھیاں استعمال کرتے ہوئے واپس نقطہ  $a$  پہنچا جائے تو ہم کل پچیس سیڑھیاں بلندی تک پہنچنے کے بعد اتنا ہی واپس اتر چکے ہوں گے۔ اس حقیقت کو  $B_{ba} + B_{dc} + B_{fe} + B_{hg} - B_{ij} - B_{kl} = 0$  لکھا جاسکتا ہے جس کے تحت کسی بھی بند راہ پر چلنے سے جتنا اوپر چلا جائے اتنا ہی نیچے چلنا ہو گا۔ یہی کچھ شکل 2.19 سے بھی دیکھا جاسکتا ہے جہاں فرحاند پورا دن بکریاں چرانے کے بعد واپس ابتدائی نقطہ  $a$  پہنچتی ہے۔ اگر پورے راستے پر ہر قدم اونچائی ناپی جائے تو جواب صفر ہی حاصل ہو گا۔

شکل 2.18-الف کا مساوی برقی دور شکل 2.18-ب میں دکھایا گیا ہے۔ شکل 2.18-الف میں  $b$  تا  $c$  بلندی برقرار رہتی ہے۔ شکل 2.18-ب میں  $b$  تا  $c$  برقی دباو برقرار رہتا ہے۔ اسی طرح شکل 2.18-الف میں  $d$  تا  $e$  بلندی برقرار رہتی ہے۔ شکل 2.18-ب میں  $d$  تا  $e$  برقی دباو برقرار رہتا ہے۔ شکل 2.18-الف میں برقرار بلندی کو افقی دکھایا جاتا ہے جبکہ بلندی میں تبدیلی کو عمودی دکھایا جاتا ہے۔ شکل 2.18-ب میں برقرار برقی دباو کو تار ظاہر کرتی ہے اور ایسی تار کو جوز<sup>25</sup> کہا جاتا ہے۔ شکل 2.18-ب میں  $V_{ba} = 5V$  لکھا جاسکتا ہے۔ اسی طرح  $V_{dc} = 10V$  اور  $V_{da} = V_{ba} + V_{dc}$  لکھا جائے گا۔ اسی طرح  $V_{ja} = V_{ba} + V_{dc} + V_{fe} + V_{hg} - V_{ij}$  سے  $V_{ja} = 10V$  حاصل ہوتا ہے۔ شکل 2.18-ب میں  $a$  سے شروع ہو کر گھڑی کی سمت میں پورا چکر کاٹتے ہوئے  $V_{ba} + V_{dc} + V_{fe} + V_{hg} - V_{ij} - V_{kl} = 0$  لکھا جاسکتا ہے جہاں بڑھتے دباو کو مثبت لکھا گیا ہے۔ اسی طرح  $j$  سے شروع ہو کر گھڑی کے الٹ چلتے ہوئے  $V_{ij} - V_{hg} - V_{fe} - V_{dc} - V_{ba} + V_{kl} = 0$  لکھا جاسکتا ہے۔ اگر ہم گھٹتے دباو کو مثبت لکھیں تب  $j$  سے شروع ہو کر گھڑی کے الٹ چلتے ہوئے  $-V_{ij} + V_{hg} + V_{fe} + V_{dc} + V_{ba} - V_{kl} = 0$  لکھا جائے گا۔ عام زندگی میں برقرار بلندی افقی سطح کو ظاہر کرتی ہے لہذا شکل 2.18-الف میں افقی لکیر برقرار بلندی کو ظاہر کرتی ہے۔ برقی دور میں برقرار دباو کو افقی لکیر سے ظاہر کرنے کی کوئی روایت نہیں۔ یوں شکل 2.18-ب میں افقی لکیر  $b - c$  اور عمودی لکیر  $d - e$  برقرار دباو کو ظاہر کرتے ہیں۔ برقی دور میں موصل تار پر دباو تبدیل نہیں ہوتی لہذا تار ہی برقرار دباو کو ظاہر کرتی ہے۔



(ب)



(الف)

شکل 2.20: کرچاف قانون دباؤ کے استعمال میں بند دائرہ فرضی ہو سکتا ہے۔

کرچاف قانون دباؤ کے استعمال بند دائرے پر ہوتا ہے۔ ایسا بند دائرہ فرضی بھی ہو سکتا ہے۔ آئیں ایسی ایک مثال دیکھیں۔ شہروں میں پانی کے تالاب پر عموماً غوطہ لگانے کی خاطر اونچائی پر تختہ نسب ہوتا ہے جہاں سے غوطہ خور قلابازیاں کھاتا ہوا پانی تک پہنچتا ہے۔ شکل 2.20-الف میں ایسا ہی تختہ غوطہ<sup>26</sup> دکھایا گیا ہے جس تک بائیں جانب نسب سیڑھی کے ذریعہ پہنچا جاسکتا ہے۔ اس سیڑھی کو استعمال کرتے ہوئے غوطہ خور a سے b تک چڑھتا ہے۔ یہاں سے وہ دوڑ لگاتا ہوا c پہنچ کر ہوا میں قلابازیاں کھاتا ہوا نیچے تالاب میں ڈبکی لگاتا ہے۔ شکل میں تیر کی لکیر غوطہ خور کے گرنے کو دکھاتی ہے۔ اب a سے b اور یہاں سے c تک حقیقی راہ پائی جاتی ہے جس پر غوطہ خور چلتا ہے لیکن c سے d تک کوئی سیڑھی نہیں ہے۔ یہ بس خلاء میں فرضی راہ ہے جس پر غوطہ خور نیچے اترتا ہے جس کے بعد وہ واپس a تک لوٹتے ہوئے بند دائرے پر چال قدمی پوری کرتا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بارہ سیڑھیاں چڑھنے کے بعد غوطہ خور بارہ<sup>27</sup> سیڑھی ہی نیچے گرتا ہے۔

آئیں اب یہی کچھ برقی دور میں بھی دیکھیں۔ ایسا شکل 2.20-ب کی مدد سے دیکھتے ہیں۔ گھٹے دباؤ کو مثبت لکھتے ہوئے، a سے گھڑی کی سمت چل کر ایک پکڑ کے بعد  $-15 + V_{R1} - 4 + V_{R2} - 8 + V_{R3} = 0$  لکھا جاسکتا ہے جس سے

$$V_{R1} + V_{R2} + V_{R3} = 15 + 4 + 8$$

حاصل ہوتا ہے۔ ایسا حقیقی راہ پر کیا گیا۔ آئیں اب f سے a اور یہاں سے b کے بعد فرضی راہ پر واپس f پہنچیں۔ فرضی راہ کو نوک دار لکیر سے دکھایا گیا ہے جہاں تیر کا نشان مثبت سرے کو ظاہر کرتی ہے۔ یوں

$$V_{R3} - 15 + V_{bf} = 0$$

لکھا جاسکتا ہے جہاں گھٹے دباؤ کو مثبت لکھا گیا ہے۔ اس سے

$$V_{bf} = 15 - V_{R3}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یوں اگر  $V_{R3} = 7V$  ہو تب  $V_{bf} = 8V$  ہو گا۔ یہاں بتلاتا چلوں کہ اس کتاب میں گھٹے دباؤ کو ہی مثبت لکھا جائے گا۔ ایسا لکھنے میں آپ کو شروع میں کچھ دقت ہو سکتی ہے۔ اسی طرح دیگر فرضی بند دائروں پر مندرجہ ذیل لکھا جاسکتا ہے

$$V_{R3} - 15 + V_{R1} - 4 + V_{df} = 0$$

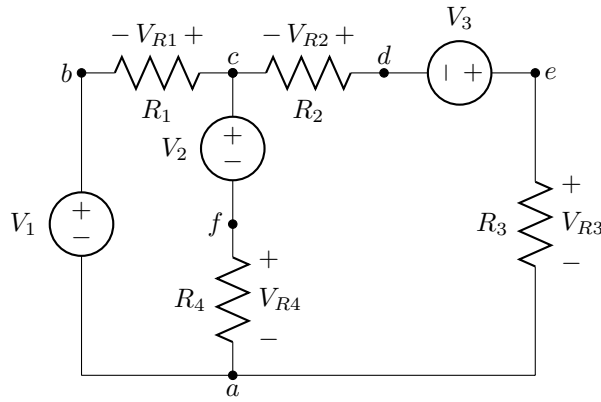
$$8 - V_{R2} + V_{df} = 0$$

$$-V_{bf} + V_{R1} - 4 + V_{df} = 0$$

جہاں پہلی اور دوسری مساوات میں گھڑی کی سمت جبکہ دوسری مساوات میں الٹ سمت چلا گیا ہے۔ یوں اگر  $V_{R1} = 9V$  ،  $V_{R2} = 11V$  اور  $V_{R3} = 7V$  ہوں تب  $V_{df} = 3V$  اور  $V_{bf} = 8V$  ہوں گے۔

<sup>26</sup>diving board

<sup>27</sup>جی مجھے معلوم ہے کہ غوطہ خور اوپر چھلانگ لگا کر بارہ سیڑھی سے زیادہ بلندی سے گرتا ہے۔ مجھے امید ہے کہ آپ تمام گفتگو کی اصل مقصد سمجھ گئے ہوں گے۔



شکل 2.21: تابع اور غیر تابع مساوات۔

شکل 2.21 میں کرفاف قانون دباوا استعمال کرتے ہوئے کل تین عدد مساوات لکھنا ممکن ہے۔ یہ مساوات بائیں بند دائرہ  $abcfa$ ، دائیں بند دائرہ  $afcdea$  اور بیرونی بند دائرہ  $abcdea$  پر لکھے جائیں گے جنہیں یہاں پیش کرتے ہیں۔

$$(2.22) \quad -V_1 - V_{R1} + V_2 + V_{R4} = 0$$

$$(2.23) \quad -V_{R4} - V_2 - V_{R2} - V_3 + V_{R3} = 0$$

$$(2.24) \quad -V_1 - V_{R1} - V_{R2} - V_3 + V_{R3} = 0$$

مساوات 2.22 اور مساوات 2.23 کو آپس میں جمع کرنے سے مساوات 2.24 حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح مساوات 2.23 سے مساوات 2.24 منفی کرنے سے مساوات 2.22 حاصل ہوتا ہے۔ یوں ان میں سے کسی بھی دو مساوات سے تیسری مساوات حاصل کی جاسکتی ہے۔ ایسی صورت میں دو عدد مساوات کو غیر تابع مساوات کہتے ہیں جبکہ ان سے حاصل تیسری مساوات تابع مساوات<sup>28</sup> کہلاتی ہے۔ آپ جانتے ہیں کہ دو آزاد متغیرات حاصل کرنے کی خاطر دو عدد غیر تابع مساوات درکار ہوتے ہیں۔ یوں آزاد متغیرات  $x$  اور  $y$  مندرجہ ذیل ہمزاد مساوات میں سے کسی بھی دو مساوات کو بیک وقت حل کرنے سے حاصل کرنا ممکن ہے۔ ان میں کسی بھی دو عدد مساوات کو غیر تابع تصور کرتے ہوئے تیسری مساوات حاصل کی جاسکتی ہے لہذا تیسری تابع مساوات ہے جو کوئی نئی معلومات فراہم نہیں کرتی۔ تابع مساوات غیر ضروری مساوات ہوتی ہے جسے لکھنے کی ضرورت نہیں ہے۔

$$x + y = 3$$

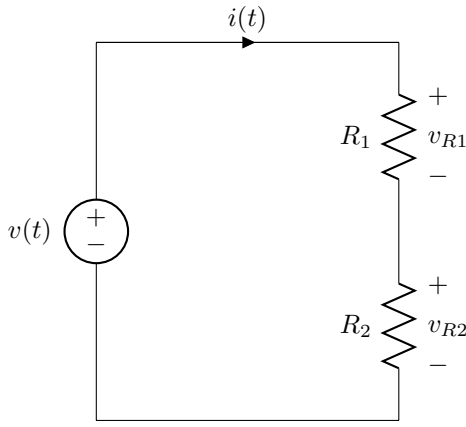
$$x - y = -1$$

$$3x + y = 5$$

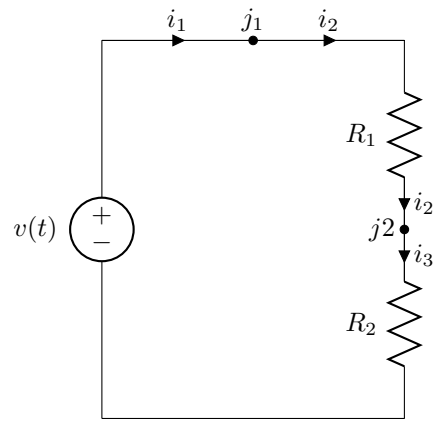
شکل 2.21 صرف دو عدد غیر تابع مساوات مہیا کرتا ہے لہذا اگرچہ ہم اس دور کے لئے تین مساوات لکھ سکتے ہیں لیکن ایسا کرنے کی کوئی ضرورت نہیں۔ کسی بھی دور میں مساوات لکھنے سے پہلے بند دائرے چنے جاتے ہیں۔ بند دائرے یوں چنیں کہ دور میں نسب تمام اجزاء کسی نہ کسی دائرے کا حصہ بنے۔ یوں کم سے کم تعداد کے بند دائرے چنے سے کم سے کم مساوات حاصل ہوں گے۔ کم تعداد کے مساوات حل کرنا نسبتاً زیادہ آسان ہوتا ہے۔

## 2.3 سلسلہ وار جڑے پرزوں میں رو

کرفاف کے قوانین جاننے کے بعد آپس انہیں چند سادہ ادوار پر لاگو کرتے ہوئے کچھ کارآمد نتائج حاصل کریں۔ شکل 2.22-الف میں منبع دباو  $v(t)$  کے ساتھ دو عدد مزاحمت سلسلہ وار جڑے ہیں۔ منبع اور  $R_1$  آپس میں جوڑ  $j_1$  پر ملتے ہیں۔ منبع کی رو  $i_1$  اور مزاحمت میں داخل ہوتی رو کو  $i_2$  تصور کرتے ہوئے جوڑ  $j_1$  پر کرفاف قانون رولاگو کرتے ہوئے  $i_1 = i_2$  لکھا جاسکتا ہے۔ یوں منبع اور مزاحمت  $R_1$  میں بالکل برابر رو پائی جاتی ہے۔ یہی



(ب)



(الف)

شکل 2.22: سلسلہ وار جڑے مزاحمت میں دباؤ کی تقسیم۔

ترکیب مزاحمت  $R_1$  اور مزاحمت  $R_2$  کے جوڑ  $j_2$  پر لاگو کرتے ہوئے  $i_2 = i_3$  لکھا جاسکتا ہے۔ یوں اگر  $i_1 = 3 \text{ mA}$  ہوتی تب  $i_2$  اور  $i_3$  بھی  $3 \text{ mA}$  ہوتے اور یہ برقی رو دور میں گھڑی کی سمت گھومتی۔ اس حقیقت کو یوں بہتر بیان کیا جاسکتا ہے کہ سلسلہ وار جڑے پرزوں میں یکساں برقی رو پائی جاتی ہے۔

## 2.4 تقسیم دباؤ

گزشتہ حصے میں ہم نے دیکھا کہ سلسلہ وار دور میں ہر مقام پر یکساں رو پائی جاتی ہے۔ اسی سلسلہ وار دور کو شکل 2.22-ب میں دوبارہ پیش کیا گیا ہے جہاں دور کی رو کو  $i(t)$  لکھا گیا ہے۔ شکل-ب کے لئے کرچاف قانون دباؤ سے

$$(2.25) \quad v(t) = v_{R1} + v_{R2}$$

لکھا جاسکتا ہے۔ کسی بھی مزاحمت میں گزرتی رو اور مزاحمت کے سروں کے مابین دباؤ کا تعلق قانون اوہم دیتا ہے۔ یوں مزاحمت  $R_1$  اور  $R_2$  پر درج ذیل دباؤ ہوگا۔

$$(2.26) \quad \begin{aligned} v_{R1} &= i(t)R_1 \\ v_{R2} &= i(t)R_2 \end{aligned}$$

مساوات 2.26 کو مساوات 2.25 میں پر کرتے ہوئے

$$(2.27) \quad v(t) = i(t)R_1 + i(t)R_2$$

رو کے لئے حل کرتے ہیں۔

$$(2.28) \quad i(t) = \frac{v(t)}{R_1 + R_2}$$

مساوات 2.26 اور مساوات 2.28 کی مدد سے مزاحمت  $R_1$  اور  $R_2$  کی دباؤ حاصل کی جاسکتی ہے۔ مزاحمت  $R_1$  کا دباؤ

$$\begin{aligned} v_{R1} &= i(t)R_1 \\ &= \left[ \frac{v(t)}{R_1 + R_2} \right] R_1 \end{aligned}$$

$$(2.29) \quad v_{R1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} v(t)$$

حاصل ہوتا ہے۔ اسی طرح مزاحمت  $R_2$  کا دباؤ درج ذیل حاصل ہوتا ہے۔

$$(2.30) \quad v_{R2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v(t)$$

مساوات 2.29 اور مساوات مساوات 2.30 تقسیم دباؤ کے مساوات ہیں۔ ان کی افادیت ایک مثال کی مدد سے سمجھیں۔

مثال 2.10: شکل 2.22 میں  $v(t) = 15 \text{ V}$  ہے جبکہ مزاحمت  $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$  اور  $R_2 = 2 \text{ k}\Omega$  ہیں۔ دونوں مزاحمت کے دباؤ حاصل کریں۔

مساوات 2.29 سے

$$v_{R1} = \frac{15 \times 1000}{1000 + 2000} = 5 \text{ V}$$

اور مساوات 2.30 سے

$$v_{R2} = \frac{15 \times 2000}{1000 + 2000} = 10 \text{ V}$$

حاصل ہوتا ہے۔ یہی جوابات یوں بھی حاصل کئے جاسکتے ہیں کہ پہلے مساوات 2.28 سے رو

$$i(t) = \frac{15}{1000 + 2000} = 5 \text{ mA}$$

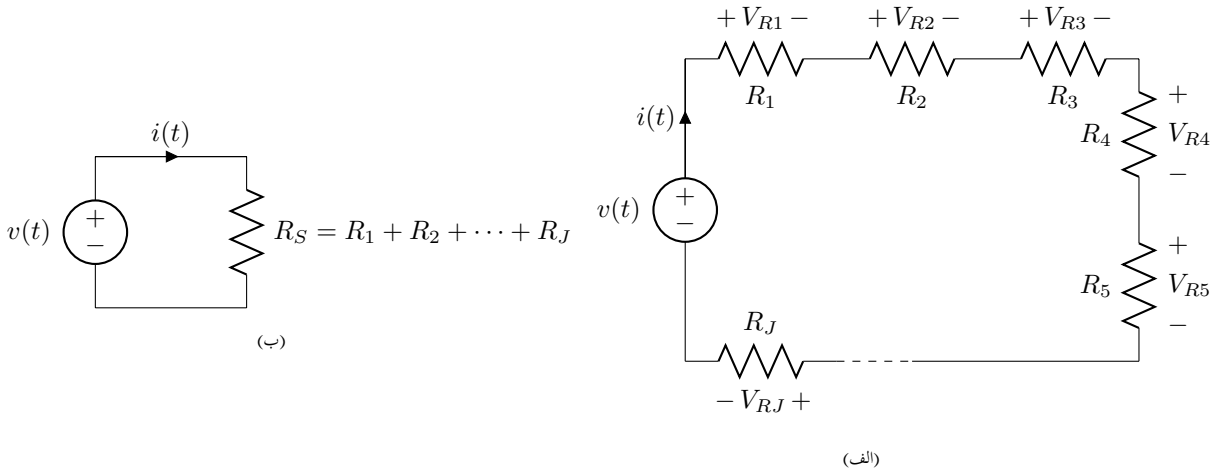
حاصل کریں اور پھر قانون اوہم سے

$$v_{R1} = i(t) R_1 = 5 \times 10^{-3} \times 1000 = 5 \text{ V}$$

$$v_{R2} = i(t) R_2 = 5 \times 10^{-3} \times 2000 = 10 \text{ V}$$

لکھیں۔

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ سلسلہ وار مزاحمت جوڑنے سے داخلی دباؤ کو مختلف قیمتوں میں تقسیم کیا جاسکتا ہے۔ دو سے زیادہ مزاحمت سلسلہ وار جوڑتے ہوئے داخلی دباؤ کو زیادہ حصوں میں تقسیم کیا جاسکتا ہے۔ تقسیم دباؤ کے تحت داخلی دباؤ سلسلہ وار جڑے مزاحمت پر مزاحمت کی قیمت کے نسبت سے تقسیم ہوتے ہیں۔ مندرجہ بالا مثال میں آپ نے دیکھا کہ تقسیم دباؤ کی مساوات سے مزاحمت کا دباؤ حاصل کرتے ہوئے برقی رو کا حصول درکار نہیں ہوتا۔



شکل 2.23: متعدد سلسلہ وار مزاحمت اور تقسیم دباؤ۔

## 2.5 متعدد سلسلہ وار مزاحمت

شکل 2.23-الف میں متعدد مزاحمت سلسلہ وار جڑے ہیں۔ تمام سلسلہ وار جڑے پرزوں میں یکساں رو  $i(t)$  پائی جاتی ہے۔ کرچاف قانون دباؤ سے

$$(2.31) \quad v(t) = v_{R1} + v_{R2} + v_{R3} + \cdots + v_{RJ}$$

لکھتے ہیں جہاں قانون اوہم سے

$$v_{R1} = i(t)R_1$$

$$v_{R2} = i(t)R_2$$

$$\vdots$$

$$v_{RJ} = i(t)R_J$$

لکھا جاسکتا ہے۔ یوں

$$v(t) = i(t)R_1 + i(t)R_2 + \cdots + i(t)R_J$$

یا

$$(2.32) \quad v(t) = i(t) [R_1 + R_2 + \cdots + R_J]$$

حاصل ہوتا ہے جس میں

$$(2.33) \quad R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_J = R_S$$

لکھتے ہوئے

$$(2.34) \quad v(t) = i(t)R_S$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات 2.32 اور مساوات 2.34-ب پر بھی پوری اترتے ہیں۔ یوں شکل 2.23-الف اور شکل 2.23-ب مساوی اشکال ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ متعدد سلسلہ وار جڑے مزاحمت کی جگہ ان کا مجموعی مزاحمت نسب کیا جاسکتا ہے۔

مثال 2.11: شکل 2.23-الف میں چار عدد مزاحمت نسب ہیں جن کی قیمتیں  $100\ \Omega$  ،  $50\ \Omega$  ،  $120\ \Omega$  اور  $30\ \Omega$  ہیں۔ منبع دباو  $9\text{ V}$  پیدا کرتا ہے۔ دور میں رو دریافت کریں۔ پچاس اوہم مزاحمت پر دباو بھی حاصل کریں۔

حل: مجموعی مزاحمت کی قیمت

$$R_S = 100 + 50 + 120 + 30 = 300\ \Omega$$

ہے۔ یوں قانون اوہم اور شکل-ب سے

$$i(t) = \frac{v(t)}{R_S} = \frac{9}{300} = 30\text{ mA}$$

حاصل ہوتا ہے۔ پچاس اوہم مزاحمت پر دباو قانون اوہم سے درج ذیل حاصل ہوتا ہے۔

$$v_{50\ \Omega} = i(t)R = 30 \times 10^{-3} \times 50 = 1.5\text{ V}$$

## 2.6 متعدد سلسلہ وار منبع دباو اور مزاحمت

شکل 2.24-الف میں متعدد منبع دباو اور متعدد مزاحمت سلسلہ وار جڑے ہیں۔ سلسلہ وار دور میں یکساں رو  $i(t)$  پائی جائے گی۔ دور میں گھڑی کی سمت گھومتے اور گھٹنے دباو کو مثبت لکھتے ہوئے

$$(2.35) \quad v_1(t) - v_2(t) + v_{R1} + v_{R2} - v_3(t) + v_{R3} + v_{R4} + \dots + v_K(t) + v_{RJ} = 0$$

لکھا جاسکتا ہے۔ منبع دباو کو ایک جانب اور مزاحمتی دباو کو دوسری جانب لکھتے ہوئے اسے درج ذیل صورت میں لکھا جاسکتا ہے۔

$$(2.36) \quad -v_1(t) + v_2(t) + v_3(t) + \dots - v_K(t) = v_{R1} + v_{R2} + v_{R3} + v_{R4} + \dots + v_{RJ}$$

قانون اوہم کی مدد سے  $v_{R1} = i(t)R_1$  وغیرہ لکھتے ہوئے

$$(2.37) \quad -v_1(t) + v_2(t) + v_3(t) + \dots - v_K(t) = i(t)R_1 + i(t)R_2 + i(t)R_3 + i(t)R_4 + \dots + i(t)R_J$$

$$= i(t) [R_1 + R_2 + \dots + R_J]$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات میں

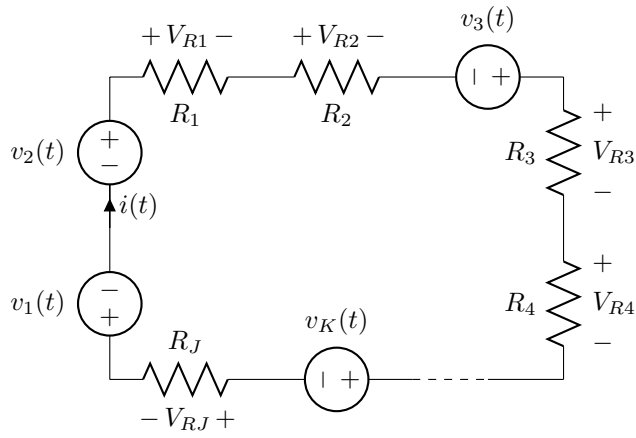
$$(2.38) \quad -v_1(t) + v_2(t) + v_3(t) + \dots - v_K(t) = v_S(t)$$

$$(2.39) \quad R_1 + R_2 + \dots + R_J = R_S$$

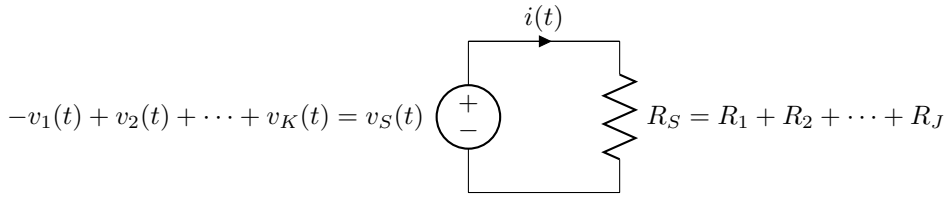
لکھنے سے

$$(2.40) \quad v_S(t) = i(t)R_S$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس مساوات سے حاصل دور کو شکل 2.24-ب میں دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ تمام سلسلہ وار جڑے مزاحمت کی جگہ ان کا مجموعہ نسب کیا جاسکتا ہے اور اسی طرح تمام سلسلہ وار جڑے منبع کی جگہ ان کا مجموعہ نسب کیا جاسکتا ہے۔ جیسا شکل 2.24-ب میں دکھایا گیا ہے، منبع کا مجموعہ حاصل کرتے وقت بڑھتے دباو کو مثبت اور گھٹتے دباو کو منفی لیا جاتا ہے۔ یوں مساوات 2.40 میں مساوی نشان (=) کے بائیں جانب بڑھتے دباو کا مجموعہ اور نشان کے دائیں جانب گھٹتے دباو کا مجموعہ ہے۔ اس مساوات سے دور کی رو  $i(t)$  حاصل کی جاسکتی ہے۔



(الف)



(ب)

شکل 2.24: متعدد منبع اور متعدد مزاحمت سلسلہ وار جڑے ہیں۔