

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	قانونِ 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 قانونِ اوہم	
27	2.2 قوانینِ کرچاف	

باب 1

بنیاد

اس کتاب میں بین الاقوامی نظام اکائی¹ استعمال کی گئی ہے جس کے چند بنیادی اکائیاں کلوگرام (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 بار² اور برقی رو³ 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 دور⁴ 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 تفرقی⁵ صورت میں یوں

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

SI system¹
electric charge²
electric current³
electric circuit⁴
differential form⁵

10 ⁻¹²	10 ⁻⁹	10 ⁻⁶	10 ⁻³	10 ⁰	10 ³	10 ⁶	10 ⁹	10 ¹²
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 صورت⁶ 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 کولمب⁷ کہتے ہیں جسے C کی علامت سے ظاہر کیا جاتا ہے جبکہ رو کی اکائی کو ایمپیئر⁸ 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 سمتی⁹ کہتے ہیں۔ یک سمتی رو کی مقدار وقت کے ساتھ تبدیل نہیں ہوتی۔ وقت کے ساتھ تبدیل ہوتی برقی رو کو بدلتی رو¹⁰ 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 5Ω 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

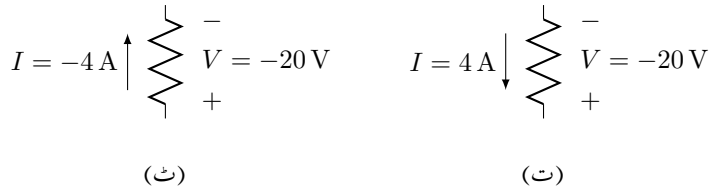
integral form⁶

Coulomb⁷

Ampere⁸

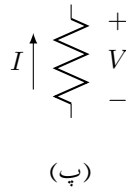
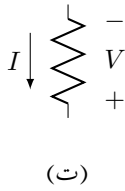
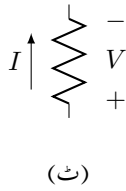
direct current, DC⁹

alternating current, AC¹⁰

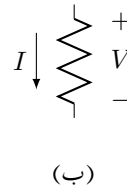


شکل 1.3: مزاحمت کی رو اور دباؤ لکھنے کے چار ممکنہ طریقے۔

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 ترکیب¹¹ 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 اوہم¹² 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 حوالہ¹³ 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 چلی تار نقطہ حوالہ ہے۔ یوں اگر $V_1 = 4V$ ہو تب چلی تار کی نسبت سے بالائی تار مثبت چار وولٹ پر ہوگا۔ اسی طرح $V_1 = -7V$ کی صورت میں چلی تار کی نسبت سے بالائی تار منفی سات وولٹ پر ہوگا جس کا مطلب ہے کہ بالائی تار کو حوالہ لیتے ہوئے چلی تار کی برقی دباؤ مثبت سات وولٹ ہوگی۔ شکل 1.6-ب میں چلی تار کو a نام دیا گیا ہے جبکہ بالائی تار کو b کہا گیا ہے۔ اس صورت میں چلی تار کے حوالے سے بالائی تار کی دباؤ کو V_{ba} لکھا جاتا ہے جہاں زیر نوشت میں پہلے درکار نقطے کا نام اور بعد میں نقطہ حوالہ کا نام بیان کیا جاتا ہے۔ یوں اگر V_{ba} کی قیمت منفی ہو تب بالائی تار کے حوالے سے چلی تار پر مثبت دباؤ ہو گا۔ برقی دور میں عموماً کسی ایک نقطے کو برقی زمین¹⁴ 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۔ اس شکل میں بالائی تار کی برقی دباؤ

¹¹ passive sign convention

¹² Ohm's law

¹³ reference

¹⁴ electrical ground



شکل 1.6: برقی دباؤ کا اظہار۔

$V_b = 10\text{ V}$ لکھی جائے گی جہاں زیر نوشت میں صرف بالائی تار کی نشاندہی b لکھ کر کی گئی جبکہ برقی زمین کا کوئی ذکر نہیں کیا گیا۔ شکل-پ میں اب بھی $V_{ba} = 10\text{ V}$ لکھا جاسکتا ہے۔

1.2 قانونِ اوہم

قانونِ اوہم¹⁵ 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 قانون¹⁶ 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 V اور دائیں سرے پر 9 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

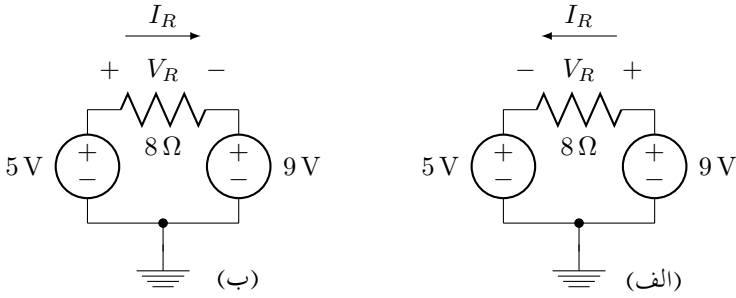
$$V_R = 5 - 9 = -4\text{ V}$$

کے برابر ہے جسے اوہم کے قانون میں استعمال کرتے ہوئے

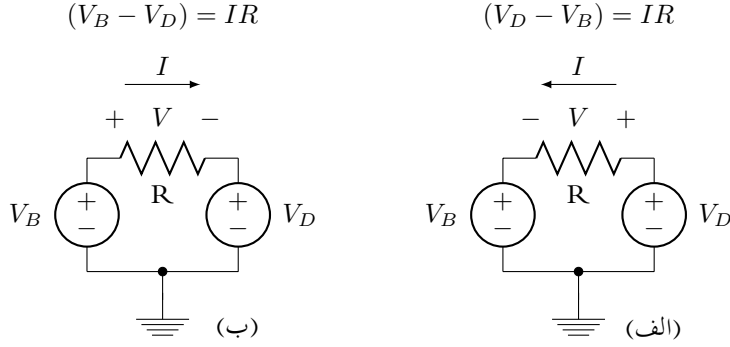
$$I_R = \frac{-4}{8} = -0.5\text{ A}$$

¹⁵ Ohm's law

¹⁶ 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 میدان¹⁷ 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 میدان¹⁸ 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 دور 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 ¹⁹ کو ظاہر کرتا ہے۔ فی سیکنڈ درکار توانائی کو طاقت کہتے ہیں۔ طاقت کی اکائی واٹ W ²⁰ 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 5Ω کی برقی مزاحمت²² جوڑی گئی ہے۔ اس دور میں برقی رو کو منبع پیدا کرتی ہے لہذا منبع کو فعال پرزہ²³ جبکہ مزاحمت کو انفعال پرزہ²⁴ 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۔

¹⁹ power

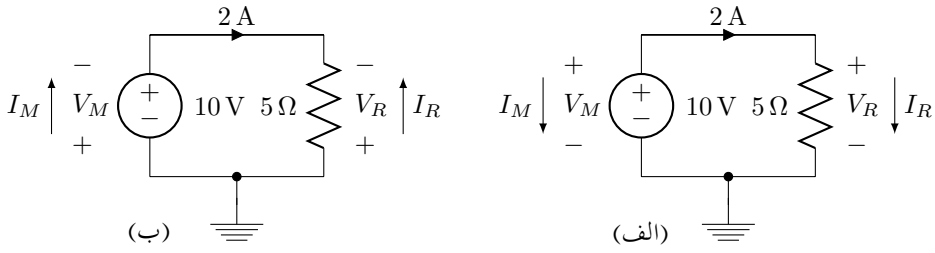
²⁰ watt

²¹ voltage source

²² electrical resistance

²³ active component

²⁴ passive component



شکل 1.9: طاقت کی پیداوار اور طاقت کا ضیاع۔

قانون اوہم²⁵ کے تحت شکل 1.9 کے دور میں سمت گھڑی²⁶ 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 توانائی²⁷ کھوئے گا جو حرارتی توانائی²⁹ میں تبدیل ہو کر مزاحمت کو گرم کرے گی۔ ہم کہتے ہیں کہ مزاحمت میں فی سیکنڈ توانائی کا ضیاع³⁰ 20 J ہے یا کہ مزاحمت میں طاقتی ضیاع³¹ 20 W ہے۔ مزاحمت میں طاقت کے ضیاع کو حرارتی ضیاع³² اور مزاحمتی ضیاع³³ 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

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

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

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

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

²⁵Ohm's law

²⁶clockwise

²⁷potential energy

²⁸مخفی توانائی کی اصطلاح خفیہ توانائی سے حاصل کی گئی ہے۔

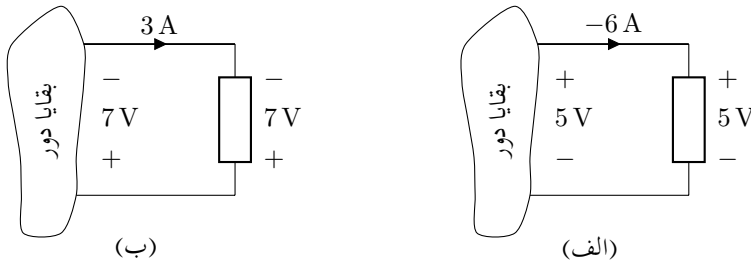
²⁹thermal energy

³⁰loss

³¹power loss

³²thermal loss

³³resistive 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

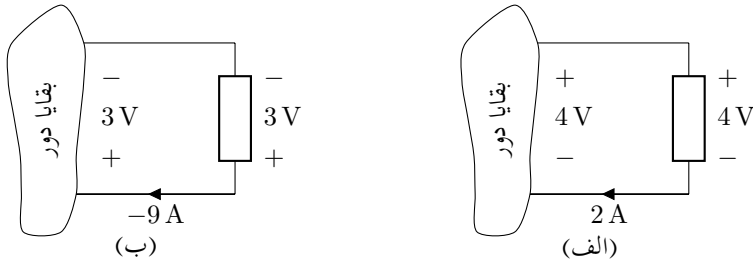
حاصل ہوتے ہیں۔

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۔

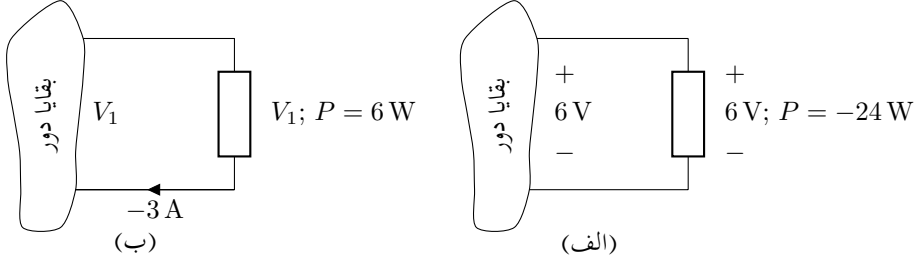
حل: شکل-الف میں برقی رو کی قیمت منفی لکھی گئی ہے جس کا مطلب ہے کہ حقیقت میں رو تیر کے نشان کے الٹ سمت میں ہے۔ رو کی سمت الٹ تصور کرتے ہوئے ہم دیکھتے ہیں کہ بقایا دور کے مثبت سرے پر رو اندر داخل ہوتی ہے۔ یوں بقایا دور انفعال ہے۔ بیرونی پرزے کے مثبت سرے سے حقیقی رو خارج ہوتی ہے لہذا یہ فعال پرزہ ہے۔ یوں 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 بقا³⁴ کارآمد ہے۔ کسی بھی دور میں توانائی کی پیداوار اور خرچ برابر ہوتے ہیں۔

شکل-ب میں رو نجلی 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۔

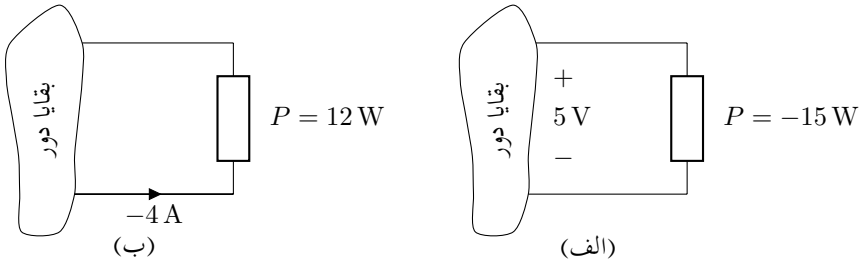
حل: شکل-الف میں بیرونی پرزے کی طاقت منفی ہے۔ یوں بیرونی پرزہ طاقت پیدا کرتا ہے لہذا اس کے مثبت سرے سے رو خارج ہوگی یعنی دور میں گھڑی کے الٹ سمت میں رو پائی جائے گی۔ رو کی قیمت 4 A ہوگی۔

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۔

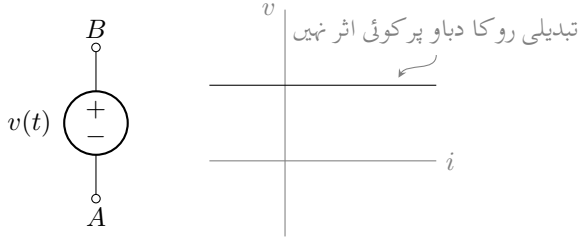
مشق 1.2: شکل 1.13 میں نامعلوم متغیرہ دریافت کریں۔

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 پوزے³⁵ کہلاتے ہیں جبکہ طاقت ضائع کرنے والے پوزوں کو انفعال پوزے³⁶ کہتے ہیں۔ جزیئر اور بیڑی فعال پوزوں کی مثال ہے جبکہ مزاحمت، امالہ گیر³⁷ اور برق گیر³⁸ 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 دباؤ³⁹ 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 دو⁴⁰ 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۔

³⁵ active components

³⁶ passive components

³⁷ inductor

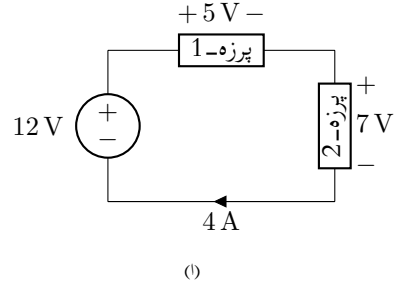
³⁸ capacitor

³⁹ independent voltage source

⁴⁰ independent current source



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



شکل 1.16: طاقت کا حساب۔

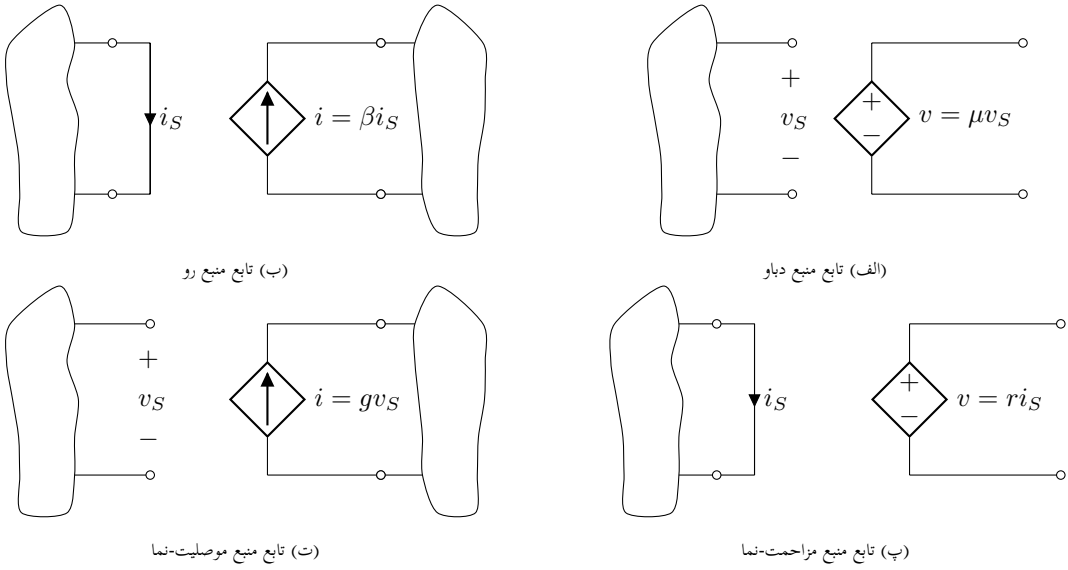
منبع محدود صلاحیت کا حامل ہے۔ اگرچہ ہم توقع کرتے ہیں کہ منبع دباؤ کسی بھی قیمت کی برقی رو فراہم کرتے ہوئے پیدا کردہ برقی دباؤ برقرار رکھے گا، حقیقت میں کوئی بھی منبع کسی محدود رو کی حد تک ایسا کر پاتا ہے۔

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 W ہے۔ پرزہ-1 کی طاقت 20 W ہے۔ پرزہ-2 بھی منبع ہے اور اس کی طاقت -4 W ہے۔



شکل 1.17: تابع منبع کے چار اقسام۔

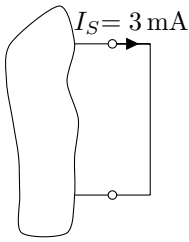
1.4.2 تابع منبع

غیر تابع منبع کو دباؤ کی پیدا کردہ دباؤ کا انحصار منبع سے گزرتی رو پر بالکل نہیں ہوتا۔ اسی طرح غیر تابع منبع رو کی پیدا کردہ رو کا انحصار منبع پر دباؤ پر بالکل نہیں ہوتا۔ اس کے برعکس تابع منبع دباؤ⁴¹ کی پیدا کردہ دباؤ، دور میں کسی مخصوص مقام کی رو یا دباؤ پر منحصر ہوتا ہے۔ اسی طرح تابع منبع رو⁴² کی پیدا کردہ رو، دور میں کسی مخصوص مقام کی رو یا دباؤ پر منحصر ہوتا ہے۔ تابع منبع برقیات کی میدان میں کلیدی کردار ادا کرتے ہیں جہاں برقیاتی پرزہ جات مثلاً دو جوڑ ٹرانزسٹر⁴³ یا میدانی ٹرانزسٹر⁴⁴ کے ریاضی نمونے⁴⁵ 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۔

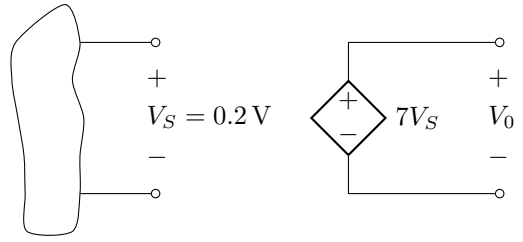
غیر تابع منبع کو گول دائرے سے ظاہر کیا جاتا ہے جبکہ تابع منبع کو ہیرا شکل سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ شکل 1.17 میں چار اقسام کے تابع منبع دکھائے گئے ہیں۔ شکل-الف میں تابع منبع دباؤ⁴⁶ کی پیدا کردہ دباؤ کا انحصار بائیں جانب کے دباؤ v_S پر ہے۔ یوں v_S ضابط دباؤ⁴⁷ کہلاتا ہے۔ یہ منبع μv_S دباؤ پیدا کرتا ہے۔ شکل-ب میں تابع منبع رو⁴⁸ کو i_S قابو کرتا ہے۔ ان دو اقسام کے منبع کے مستقل μ اور β بے بعد⁴⁹ مقدار ہیں۔ شکل-پ میں i_S رو پیدا کردہ دباؤ کو قابو کرتی ہے۔ اس منبع کے مستقل r کا بعد⁵⁰ $\frac{V}{A}$ ہے جو عین مزاحمت کی بعد ہے۔ اسی لئے اس منبع کو تابع منبع مزاحمت-نما⁵¹ کہا جاتا ہے۔ شکل-ت میں تابع منبع موصلیت-نما⁵² 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 دباؤ اور شکل-ب میں خارجی رو دریافت کریں۔

- dependent voltage source⁴¹
- dependent current source⁴²
- bipolar transistor, BJT⁴³
- MOSFET⁴⁴
- mathematical model⁴⁵
- dependent voltage source⁴⁶
- control voltage⁴⁷
- dependent current source⁴⁸
- dimensionless⁴⁹
- dimension⁵⁰
- dependent transresistance source⁵¹
- dependent transconductance source⁵²

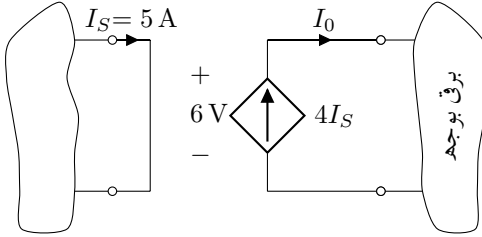


(ب) تابع منبع رو کی مثال

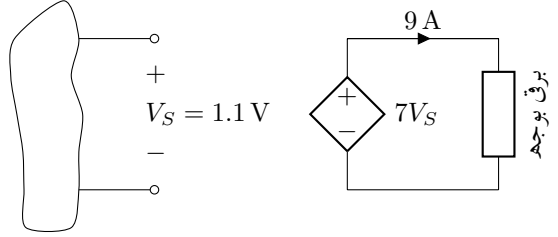


(الف) تابع منبع دباو کی مثال

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 دباو⁵³ کردار ادا کرتا ہے اور اس ایمپلیفائر کی افزائش دباو⁵⁴ 7 ہے۔ اسی طرح شکل-ب میں تابع منبع رو داخلی رو کو 12 گنا بڑھا کر خارج کیا، گویا یہ منبع بطور ایمپلیفائر رو⁵⁵ کردار ادا کرتا ہے اور اس ایمپلیفائر کی افزائش رو⁵⁶ 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۔⁵⁷ نما کردار ادا کرتا ہے جہاں منبع کا مستقل افزائش مزاحمت۔⁵⁸ نما کہلاتا ہے۔ شکل 1.17-ت بطور ایمپلیفائر موصلیت۔⁵⁹ نما کام کرتا ہے اور اس کے مستقل کو افزائش موصلیت۔⁶⁰ نما کہتے ہیں۔

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

voltage amplifier⁵³

voltage gain⁵⁴

current amplifier⁵⁵

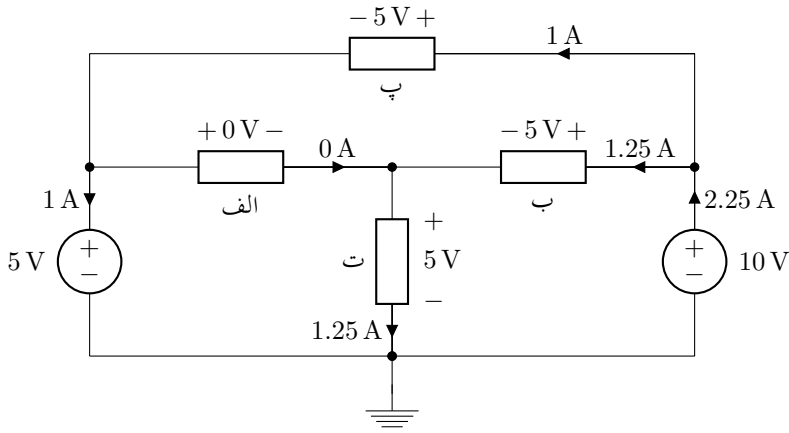
current gain⁵⁶

transresistance amplifier⁵⁷

transresistance gain⁵⁸

transconductance amplifier⁵⁹

transconductance gain⁶⁰



شکل 1.20: مثال 1.6 کا دور۔

جوابات: (الف): 69.3 W، (ب): 120 W

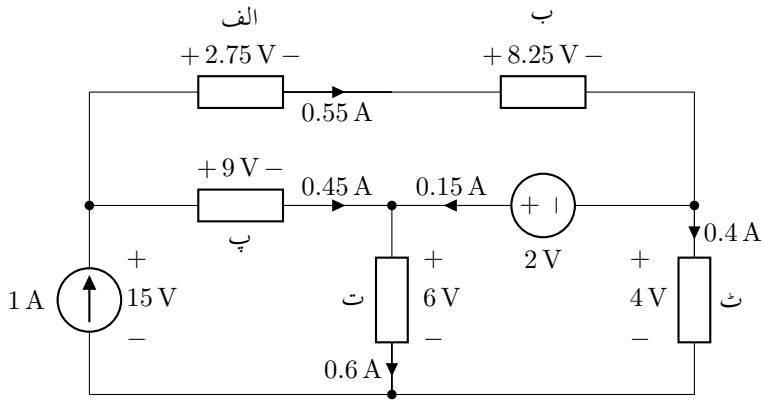
مثال 1.6: شکل 1.20 میں تمام پروزہ جات کی طاقت دریافت کریں۔

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۔

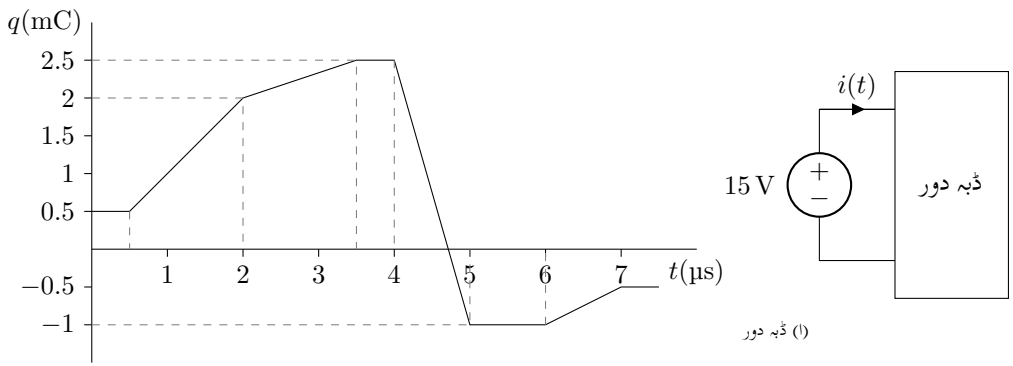
کل طاقت کا ضیاع $0 + 6.26 + 5 + 6.25 + 5 = 22.5 \text{ W}$ ہے۔ دایاں منبع تمام طاقت پیدا کرتا ہے جبکہ بائیں منبع کو از خود طاقت درکار ہے۔

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 W اور منبع رو کی طاقت -15 W ہے۔ دور میں کل طاقت کی پیداوار 15.3 W ہے۔ اتنی ہی طاقت پیدا بھی ہوتی ہے لہذا دونوں برابر ہیں۔

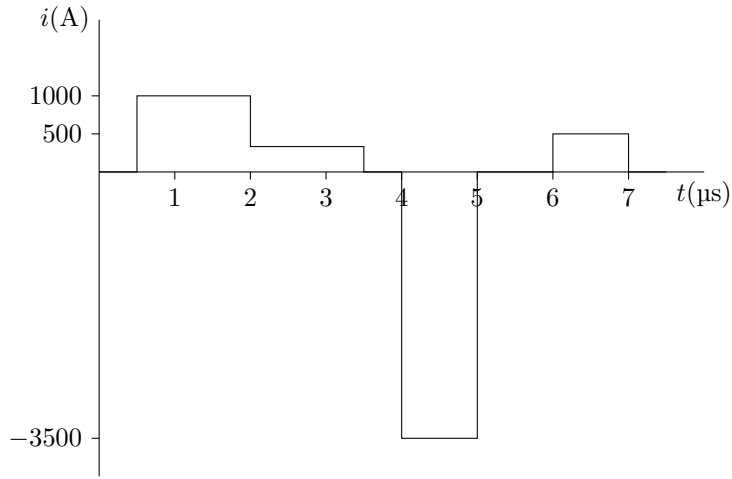


شکل 1.21: طاقت کے حصول کی مشق۔



(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 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 mC سے تبدیل ہو کر 2 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

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

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

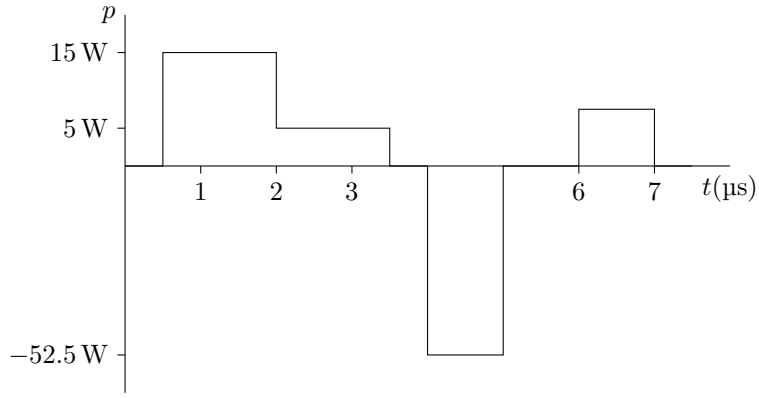
$$i = \frac{-1 \text{ mC} - 2.5 \text{ mC}}{5 \mu\text{s} - 4 \mu\text{s}} = -3500 \text{ A} \quad (4 \mu\text{s} < t < 5 \mu\text{s})$$

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

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

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

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 کمپیوٹر⁶¹ کا زمانہ ہے اور یو-ایس-بی⁶² یعنی عمومی سلسلہ وار پھاٹک کا استعمال عام ہے۔ کسی بھی کمپیوٹر یا عددی دور⁶³ کو عددی مواد⁶⁴ جن برقی تاروں کے ذریعہ فراہم کیا جاتا ہے وہ کمپیوٹر یا عددی دور کے داخلی پھاٹک⁶⁵ کہلاتے ہیں اور جن تاروں کے ذریعہ کمپیوٹر یا عددی دور سے عددی مواد حاصل کیا جاتا ہے، کمپیوٹر یا عددی دور کے خارجی پھاٹک⁶⁶ کہلاتے ہیں۔ عمومی سلسلہ وار پھاٹک (یو-ایس-بی) پر کمپیوٹر عددی مواد حاصل

computer⁶¹
 USB Universal Serial Port⁶²
 digital circuit⁶³
 digital data⁶⁴
 input port⁶⁵
 output port⁶⁶

بھی کر سکتا ہے اور خارج بھی کر سکتا ہے۔ یوں یہ داخلی۔ خارجی پھانک⁶⁷ 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 بار⁶⁸ 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 محدود¹ پر سیدھے خطوط دکھائے گئے ہیں۔ بالائی خط کی مساوات $y = m_1x + c_1$ ہے جہاں خط کی ڈھلوان² 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۔

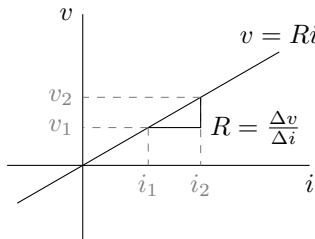
مزاحمت کے دوسروں کے مابین مختلف برقی دباؤ v لاگو کرتے ہوئے برقی رو i ناپی گئی۔ برقی دباؤ کو عمودی محدود اور برقی رو کو افقی محدود پر رکھتے ہوئے ان کے تعلق کو شکل 2.1-ب میں دکھایا گیا ہے۔ اس خط کو مزاحمت کی دباؤ بالمقابل دو خط کہا جاتا ہے۔ شکل-ب کا شکل-الف کی نیچے خط کے ساتھ موازنہ کرتے ہوئے اس خط کو

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

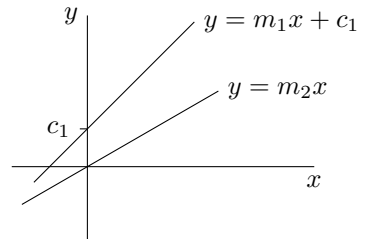
لکھا جاسکتا ہے جہاں خط کی ڈھلوان کو R لکھا اور برقی مزاحمت³ یا صرف مزاحمت پکارا جاتا ہے۔ اس مساوات کو قانون اوہم⁴ کہتے ہیں۔ شکل-ب میں مزاحمت R کو بطور ڈھلوان دکھایا گیا ہے۔

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

Cartesian coordinates¹
slope²
electrical resistance³
Ohm's law⁴

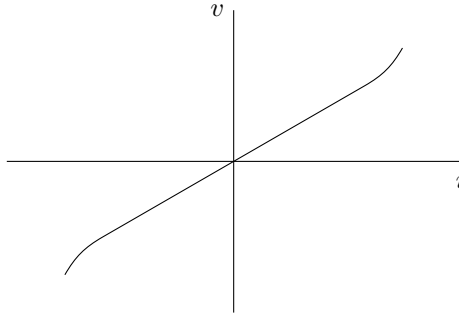


(ب) مزاحمت کے برقی دباؤ بالمقابل دو خط اور اوہم کا قانون۔

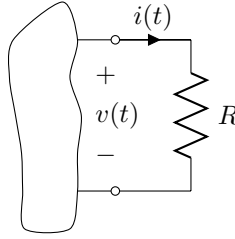


(ا) سیدھے خطوط اور ان کی ریاضی مساوات۔

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 خطی⁵ تعلق کہا جاتا ہے۔ اگرچہ اس کتاب میں مزاحمت کو خطی پرزہ⁶ 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 اوہم⁷ پکارا اور Ω 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 موصلیت⁸ G بھی بہت مقبول ہے جہاں

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

کے برابر ہے۔ موصلیت کی اکائی سیمنز⁹ 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۔

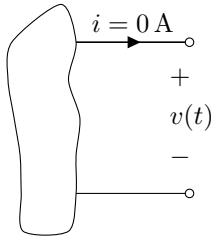
حل: مساوات 2.7 کی مدد سے

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

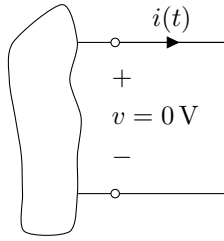
حاصل ہوتا ہے۔ یہی جواب، اوہم کے قانون سے $R = \frac{20}{4} = 5 \Omega$ لکھتے اور $G = \frac{1}{R} = 0.2S$ سے بھی حاصل ہوتا ہے۔

شکل 2.4- الف میں برقی دور کے ساتھ متغیر مزاہمت¹⁰ 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 دور¹¹ 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،

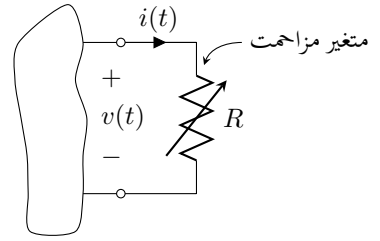
conductance⁸
Siemens⁹
variable resistor¹⁰
short circuit¹¹



(پ) کھلا دور

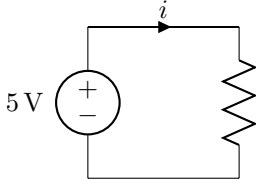


(ب) قصر دور

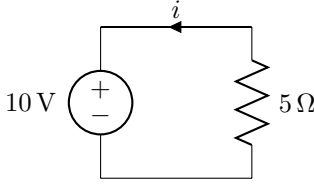


(الف) متغیر مزاحمت

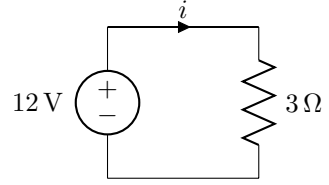
شکل 2.4: قصر دور اور کھلا دور۔



(پ)



(ب)



(الف)

شکل 2.5: مزاحمتی ادوار مثال 2.2 تا مثال 2.4

جسے کھلا دور¹² 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 رو اور مزاحمتی طاقت دریافت کریں۔

حل: قانون اوہم سے مزاحمت میں رو

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

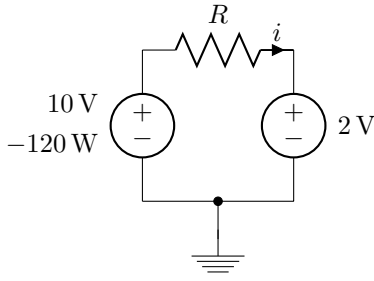
حاصل ہوتی ہے اور یوں مزاحمتی طاقت درج ذیل ہو گا۔

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

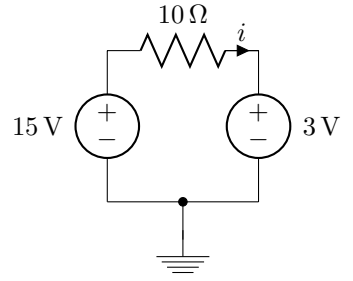
مثال 2.3: شکل 2.5-ب میں رو اور مزاحمتی طاقت دریافت کریں۔

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

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

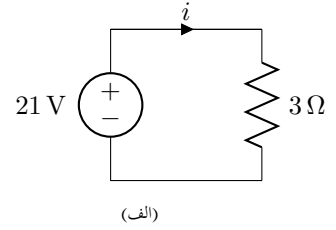
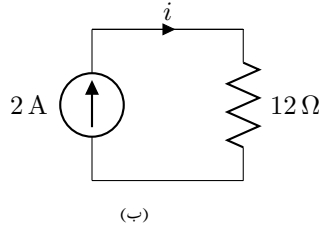
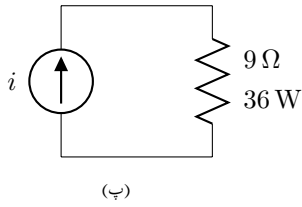
مثال 2.5: شکل 2.6-الف میں مزاحمت کی رواور طاقت دریافت کریں۔

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 V لیتے ہوئے اس کی طاقت درج ذیل حاصل ہوتی ہے۔ یہی جواب $p = i^2 R$ سے بھی حاصل ہوگا۔

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



شکل 2.7: مزاحمتی ادوار مشق 2.1 تا مشق 2.3

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۔

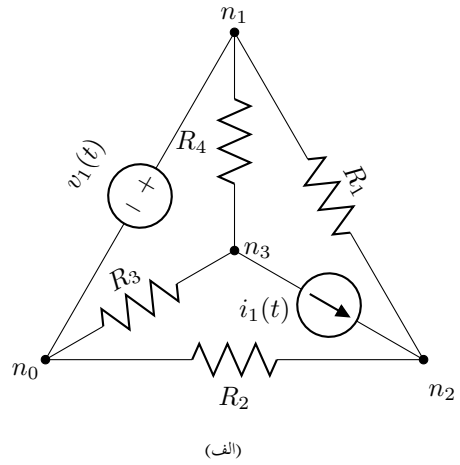
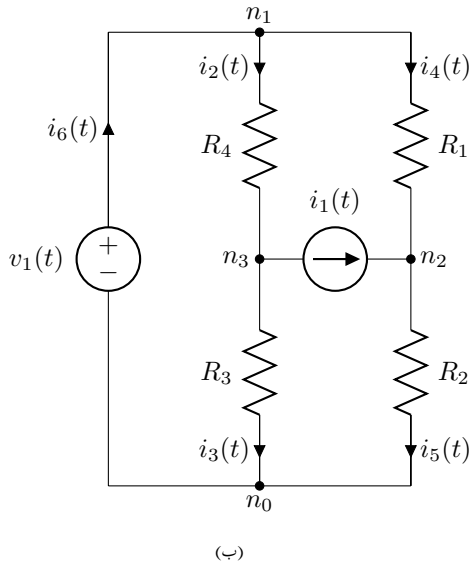
$$p = vi = 2 \times 12 = 24 \text{ W}$$

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 2.8: جوڑ اور دائرے۔

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

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

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

2.2 قوانین کرچاف

اوہم کے قانون سے ایک مزاحمت اور ایک منبع پر مبنی دور آسانی سے حل ہوتا ہے البتہ زیادہ پرزوں پر مبنی دور حل کرتے ہوئے اس کا استعمال قدر مشکل ہوتا ہے۔ زیادہ پرزہ جات کے ادوار قوانین کرچاف^{13 14} کی مدد سے نہایت آسانی کے ساتھ حل ہوتے ہیں۔ برقی دور میں برقی پرزوں 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 ہو گا۔ یوں طاقت کی پیداوار اور ضیاع صرف برقی پرزوں میں ممکن ہے۔

اس سے پہلے کہ ہم کرچاف کے قوانین پر غور کریں، ہم کچھ اصطلاحات مثلاً جوڑ¹⁵، دائرہ¹⁶ اور شاخ¹⁷ جاننے کی کوشش کرتے ہیں۔ شکل 2.8-الف میں مزاحمت R_2 ، R_3 اور منبع V_1 نقطہ n_0 پر جڑے ہیں۔ اس نقطے کو جوڑ n_0 کہا جائے گا۔ اسی شکل میں جوڑ n_1 ، n_2 اور n_3 بھی دکھائے

¹³ Kirchoff's laws

¹⁴ جرمنی کے گسٹاف روبنٹ کرچاف نے ان قوانین کو 1845ء پیش کیا۔

¹⁵ node

¹⁶ loop

¹⁷ branch

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 پوزوں کو جوڑنے والے موصل تار کو جوڑ تصور کیا جاتا ہے۔ یوں شکل-الف میں جوڑ n_0 نقطہ مانند ہے جبکہ شکل-ب میں پچلی پوری تار جوڑ n_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 n_1 سے مزاحمت R_4 کے راستے جوڑ n_3 تک پہنچا جاسکتا ہے جہاں سے منبع $i_1(t)$ کے راستے جوڑ n_1 اور پھر مزاحمت R_1 کے راستے واپس جوڑ n_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 دائرہ¹⁸ 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 ، R_3 اور $i_1(t)$ اور R_1 دائرہ نہیں ہے چونکہ اس میں جوڑ n_2 اور جوڑ n_3 سے دو مرتبہ گزرا گیا۔

برقی دور میں ہر برقی پرزے کو شاخ¹⁹ کہتے ہیں۔ شکل 2.8 میں کل چھ (6) شاخ ہیں۔ جوڑ n_3 پر تین شاخ یعنی R_3 ، R_4 اور $i_1(t)$ جڑتے ہیں۔ جوڑ n_0 پر تین شاخ $v_1(t)$ ، R_2 اور R_3 جڑتے ہیں۔ انہیں اب قوانین کو چاف کی بات کریں۔

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 قانون دو کہا جائے گا۔ اس قانون کو کسی بھی جوڑ کے لئے یوں

$$(2.9) \quad \sum i_{داخلی} = \sum i_{خارجی} \quad \text{کرچاف قانون رو}$$

لکھا جاتا ہے۔ شکل 2.8-ب میں جوڑ n_0 پر درج بالا مساوات سے

$$(2.10) \quad i_3(t) + i_5(t) = i_6(t) \quad \text{جوڑ } n_0$$

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

$$(2.11) \quad i_6(t) = i_2(t) + i_4(t) \quad \text{جوڑ } n_1$$

$$(2.12) \quad i_1(t) + i_4(t) = i_5(t) \quad \text{جوڑ } n_2$$

$$(2.13) \quad i_2(t) = i_1(t) + i_3(t) \quad \text{جوڑ } n_3$$

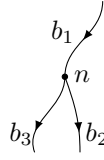
اگر جوڑ پر تمام رو کی سمت خارجی تصور کی جائے تب قانون کرچاف برائے دو²⁰ کو درج ذیل لکھا جاسکتا ہے جہاں $i_j(t)$ شاخ j میں جوڑ سے خارج رو ہے اور جوڑ کے ساتھ جڑے شاخوں کی تعداد N ہے۔

$$(2.14) \quad \sum_{j=1}^N i_j(t) = 0 \quad \text{کرچاف قانون رو}$$

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

¹⁸ loop
¹⁹ branch

Kirchoff's Current Law, KCL²⁰



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۔

$$(2.15) \quad i_6(t) - i_3(t) - i_5(t) = 0 \quad \text{جوڑ } n_0$$

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

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

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

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۔

کرچاف قانون رو کے استعمال میں اصل رو کی سمت کو نہیں دیکھا جاتا بلکہ صرف متغیرات $i_1(t)$ ، $i_2(t)$ ، $i_3(t)$ ، ... کی سمت کو دیکھتے ہوئے مساوات لکھی جاتی ہے۔ یوں شکل 2.8-ب میں جوڑ n_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 میں ایک گڈریا پورے دن بکریاں چرانے کے بعد انہیں شام کو پہاڑی سے نیچے ایک پگڈنڈی پر اتار رہا ہے۔ نقطہ n سے نیچے دو پگڈنڈیاں ہیں۔ اگر بالائی پگڈنڈی پر b_1 بکریاں اترتے گئی جائیں تو آپ یقین کر سکتے ہیں کہ نچلی دو پگڈنڈیوں پر کل اتنی ہی بکریاں اترے گی یعنی $b_1 = b_2 + b_3$ ہوگا۔ 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 نا تو کم ہوتی ہے اور نا ہی 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۔²¹

²¹ میں امید کرتا ہوں کہ فرہانا کو کرچاف قانون رو کی سمجھ آگئی ہو گی۔

