

برقی ادوار

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

عنوان

1	بنیاد	1
1	برقی بار، برقی رو اور برقی دباؤ	1.1
6	قانون اوہم	1.2
8	توانائی اور طاقت	1.3
15	برقی پڑے	1.4
15	غیر تابع منبع	1.4.1
17	تابع منبع	1.4.2
27	مزا جتنی ادوار	2
27	قانون اوہم	2.1
35	قوانین کرخوف	2.2
51	سلسلہ وار جڑے پڑوں میں رو	2.3
52	تقسیم دباؤ	2.4
55	متعدد سلسلہ وار مزاحمتوں کا مساوی مزاحمت	2.5
58	سلسلہ وار متعدد منبع دباؤ اور مزاحمت	2.6
59	متوازی جڑے مزاحمت پر یکساں دباؤ پایا جاتا ہے	2.7
61	تقسیم رو اور متعدد متوازی مزاحمتوں کا مساوی مزاحمت	2.8
68	سلسلہ وار اور متوازی مزاحمت	2.9
73	تخصیص مزاحمت	2.10
76	سلسلہ وار اور متوازی مزاحمتوں کے ادوار کا حل	2.11
84	ستارہ-تکون تبادلہ	2.12
91	تابع منبع استعمال کرنے والے ادوار	2.13
101	ترکیب جوڑ اور دائری ترکیب	3
101	تجزیہ جوڑ	3.1
104	غیر تابع منبع رو استعمال کرنے والے ادوار	3.2
117	تابع منبع رو استعمال کرنے والے ادوار	3.3
123	غیر تابع منبع دباؤ استعمال کرنے والے ادوار	3.4

132	تابع منبع دباو استعمال کرنے والے ادوار	3.5
139	دائری تجزیہ	3.6
140	غیر تابع منبع استعمال کرنے والے ادوار	3.7
148	غیر تابع منبع رواستعمال کرنے والے ادوار	3.8
154	تابع منبع استعمال کرنے والے ادوار	3.9
158	دائری ترکیب اور ترکیب جوڑ کا موازنہ	3.10

161	حسابی ایپلیفائر	4
171	کامل حسابی ایپلیفائر	4.1
171	منفی ایپلیفائر	4.2
174	مثبت ایپلیفائر	4.3
176	مستقام کار	4.4
176	منفی کار	4.5
178	جمع کار	4.6
181	متوازن اور غیر متوازن صورت	4.7
185	موازنہ کار	4.8
185	آلاتی ایپلیفائر	4.9

187	مسئلے	5
187	مساوی دور	5.1
187	مسئلہ خطیت	5.2
191	مسئلہ نفاذ	5.3
201	مساوی ادوار	5.4
206	مسئلہ تھون، مسئلہ نارٹن اور مسئلہ متبادلہ منبع	5.5
225	تابع منبع استعمال کرنے والے ادوار	5.6
231	تابع منبع اور غیر تابع منبع دونوں استعمال کرنے والے ادوار	5.7
239	زیادہ سے زیادہ طاقت منتقل کرنے کا مسئلہ	5.8

247	برق گیر اور امالہ گیر	6
247	برق گیر	6.1
261	امالہ گیر	6.2
270	برق گیر اور امالہ گیر کے خصوصیات	6.3
273	سلسلہ وار جڑے برق گیر	6.4
277	متوازی جڑے برق گیر	6.5
281	سلسلہ وار امالہ گیر	6.6
283	متوازی امالہ گیر	6.7
287	حسابی ایپلیفائر کے RC ادوار	6.8
288	تفرق کار	6.9

293	عارضی رد عمل	7
293	تعارف	7.1
293	ایک درجی ادوار	7.2

295	7.2.1 رد عمل کی عمومی مساوات
321	7.3 دھڑکن
328	7.4 دو درجی ادوار

359	8 برقرار حالت بدلتی رو
359	8.1 مخلوط اعداد
364	8.2 سائن نمائندگی
373	8.3 سائن نماد اور مخلوط جبری تفاعل
381	8.4 دوری سمتیہ
386	8.5 مزاحمت، امالہ گیر اور برق گیر کے انفرادی دوری سمتیہ تعلق
396	8.6 برقی رکاوٹ اور برقی فراوانی
409	8.7 دوری سمتیہ کے اشکال
419	8.8 کرخوف مساوات
424	8.9 تجزیاتی تراکیب

443	9 برقرار برقی طاقت
443	9.1 لمبائی طاقت
446	9.2 اوسط طاقت
453	9.3 زیادہ سے زیادہ اوسط طاقت منتقل کرنے کا مسئلہ
463	9.4 موثر قیمت
472	9.5 جزو طاقت
476	9.6 مخلوط طاقت
484	9.7 جزو طاقت کی درجہ بندی
489	9.8 حفاظتی اقدام
489	9.9 ایک دور کا نظام

باب 9

برقرار برقی طاقت

9.1 لمحاتی طاقت

شکل 9.1 میں بوجھ Z کو بدلتی رو منبع طاقت فراہم کرتا ہے۔ اس عمومی دور کے برقرار دباؤ اور برقرار رو درج ذیل لکھے جاسکتے ہیں۔

$$(9.1) \quad \begin{aligned} v(t) &= V_0 \cos(\omega t + \phi_v) \\ i(t) &= I_0 \cos(\omega t + \phi_i) \end{aligned}$$

یوں کسی بھی لمحہ بوجھ کو منتقل طاقت درج ذیل ہوگا

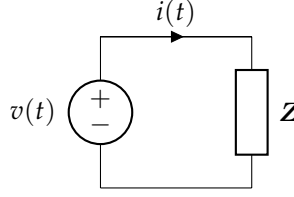
$$(9.2) \quad \begin{aligned} p(t) &= v(t)i(t) \\ &= V_0 I_0 \cos(\omega t + \phi_v) \cos(\omega t + \phi_i) \end{aligned}$$

جس میں

$$(9.3) \quad \cos \alpha \cos \beta = \frac{\cos(\alpha - \beta) + \cos(\alpha + \beta)}{2}$$

استعمال کرتے ہوئے

$$(9.4) \quad p(t) = \frac{V_0 I_0}{2} [\cos(\phi_v - \phi_i) + \cos(2\omega t + \phi_v + \phi_i)]$$



شکل 9.1: بدلتی رو دور۔

ملتا ہے جہاں $\alpha = \omega t + \phi_v$ اور $\beta = \omega t + \phi_i$ لئے گئے ہیں۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ لحاتی طاقت دو اجزاء کا مجموعہ ہے۔ پہلا جزو مستقل طاقت ہے جو وقت کے ساتھ تبدیل نہیں ہوتا جبکہ دوسرا جزو دگنی تعدد کا بدلتی رو طاقت ہے۔

مثال 9.1: شکل 9.1 میں برقرار دباؤ $v(t) = 15 \cos(100t + 45^\circ) \text{ V}$ اور $Z = 5/20^\circ \Omega$ ہیں۔ بوجھ کو منتقل لحاتی طاقت دریافت کریں۔

حل: دوری سمتیات استعمال کرتے ہوئے

$$\begin{aligned} \hat{I} &= \frac{15/45^\circ}{5/20^\circ} \\ &= 3/25^\circ \text{ A} \end{aligned}$$

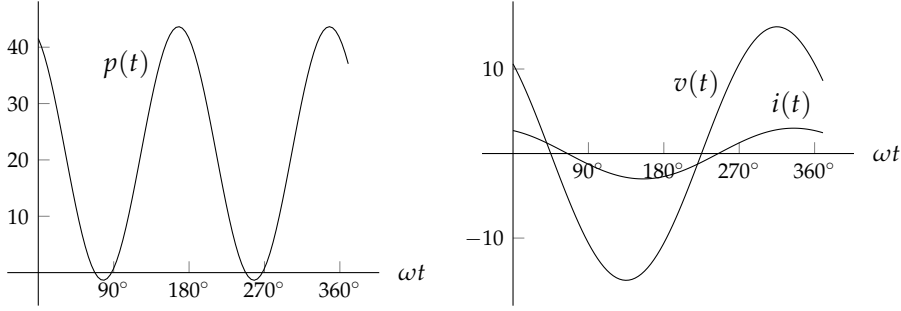
یعنی

$$i(t) = 3 \cos(100t + 25^\circ) \text{ A}$$

لکھا جاسکتا ہے۔ یوں مساوات 9.4 سے لحاتی طاقت درج ذیل لکھی جاسکتی ہے۔

$$\begin{aligned} p(t) &= 22.5 [\cos 20^\circ + \cos(200t + 70^\circ)] \\ &= 21.143 + 22.5 \cos(200t + 70^\circ) \text{ W} \end{aligned}$$

دباؤ، رو اور طاقت کے خط شکل 9.2 میں دکھائے گئے ہیں۔ درج بالا مساوات میں 21.143 W مستقل طاقت ہے جو وقت کے ساتھ تبدیل نہیں ہوتا جبکہ $22.5 \cos(200t + 70^\circ) \text{ W}$ بدلتی رو طاقت ہے جس کی تعدد 200 rad s^{-1} ہے۔



شکل 9.2: مثال 9.1 کے اشکال۔

مثال 9.2: شکل 9.1 میں $v(t) = V_0 \cos(\omega t + \phi_v)$ V اور $Z = Z_0 / \underline{\phi_z} \Omega$ ہیں۔ رو دریافت کریں۔

حل: دوری سمتیات استعمال کرتے ہوئے

$$\begin{aligned} \hat{i} &= \frac{V_0 / \phi_v}{Z_0 / \phi_z} \\ &= \frac{V_0}{Z_0} / \phi_v - \phi_z \end{aligned}$$

لکھا جاسکتا ہے جس سے وقتی دائرہ کار میں رو درج ذیل حاصل ہوتی ہے۔

$$(9.5) \quad i(t) = \frac{V_0}{Z_0} \cos(\omega t + \phi_v - \phi_z)$$

مساوات 9.1 میں دیے عمومی رو کے ساتھ موازنہ کرتے ہوئے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ ϕ_i درحقیقت میں $\phi_v - \phi_z$ کے برابر ہے جسے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$(9.6) \quad \phi_v - \phi_i = \phi_z$$

9.2 اوسط طاقت

دہراتے تفاعل (مثلاً سائن نما تفاعل) کے ایک دوری عرصے پر مکمل کو دوری عرصے سے تقسیم کرنے سے تفاعل کی اوسط قیمت حاصل ہوتی ہے۔ یوں مساوات 9.1 میں دیے دباو اور رو کی صورت میں بوجھ کو منتقل اوسط طاقت درج ذیل ہوگی

$$(9.7) \quad P = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} p(t) dt$$

$$= \frac{V_0 I_0}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} \cos(\omega t + \phi_v) \cos(\omega t + \phi_i) dt$$

جہاں t_0 کوئی بھی لمحہ ہو سکتا ہے جبکہ $T = \frac{2\pi}{\omega}$ دباو یا رو کا دوری عرصہ ہے۔ حقیقت میں ہم ایک دوری عرصے کی بجائے n مکمل دوری عرصے پر مکمل لیتے ہوئے n دوری عرصے سے تقسیم کرتے ہوئے بھی اوسط قیمت حاصل کر سکتے ہیں۔ یوں اوسط طاقت درج ذیل بھی لکھی جاسکتی ہے۔

$$(9.8) \quad P = \frac{V_0 I_0}{nT} \int_{t_0}^{t_0+nT} \cos(\omega t + \phi_v) \cos(\omega t + \phi_i) dt$$

مساوات 9.4 کی مدد سے مساوات 9.7 درج ذیل لکھا جائے گا۔

$$(9.9) \quad P = \frac{V_0 I_0}{2T} \int_{t_0}^{t_0+T} [\cos(\phi_v - \phi_i) + \cos(2\omega t + \phi_v + \phi_i)] dt$$

$$= \frac{V_0 I_0}{2T} \int_{t_0}^{t_0+T} \cos(\phi_v - \phi_i) dt + \frac{V_0 I_0}{2T} \int_{t_0}^{t_0+T} \cos(2\omega t + \phi_v + \phi_i) dt$$

درج بالا تکمیل کے دو اجزاء کو باری باری حل کرتے ہیں۔ پہلا جزو مستقل ہے لہذا اس کو تکمیل کے باہر لکھتے ہوئے حل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} \frac{V_0 I_0}{2T} \int_{t_0}^{t_0+T} \cos(\phi_v - \phi_i) dt &= \frac{V_0 I_0}{2T} \cos(\phi_v - \phi_i) \int_{t_0}^{t_0+T} dt \\ &= \frac{V_0 I_0}{2T} \cos(\phi_v - \phi_i) t \Big|_{t_0}^{t_0+T} \\ &= \frac{V_0 I_0}{2} \cos(\phi_v - \phi_i) \end{aligned}$$

اب مساوات 9.9 کے دوسرے جزو کو حل کرتے ہیں

$$\begin{aligned} \frac{V_0 I_0}{2T} \int_{t_0}^{t_0+T} \cos(2\omega t + \phi_v + \phi_i) dt &= \frac{V_0 I_0}{2T} \frac{\sin(2\omega t + \phi_v + \phi_i)}{2\omega} \Big|_{t_0}^{t_0+T} \\ &= 0 \end{aligned}$$

جہاں $\sin \alpha = \sin(\alpha + T)$ کا استعمال کیا گیا ہے۔ یوں مساوات 9.9 سے درج ذیل اوسط طاقت حاصل ہوتا ہے۔

$$(9.10) \quad P = \frac{V_0 I_0}{2} \cos(\phi_v - \phi_i)$$

چونکہ $\cos(\alpha) = \cos(-\alpha)$ کے برابر ہے لہذا درج بالا مساوات میں کوسائن کا دلیل $\phi_i - \phi_v$ یا $\phi_v - \phi_i$ لکھا جا سکتا ہے۔ مساوات 9.6 کو استعمال کرتے ہوئے درج بالا مساوات کو دوبارہ لکھتے ہیں۔

$$(9.11) \quad P = \frac{V_0 I_0}{2} \cos \phi_z$$

خالص مزاحمتی رکاوٹ $Z = R/0^\circ$ کا زاویہ ہٹاؤ 0° ہوتا ہے لہذا $\cos 0^\circ = 1$ لیتے ہوئے مزاحمتی بوجھ کا طاقت

$$(9.12) \quad P_{\text{مزاحمتی}} = \frac{V_0 I_0}{2}$$

ہوگا جہاں V_0 سے مراد مزاحمت کے دباؤ کا جیٹہ ہے۔ قانون اوہم سے درج بالا کو درج ذیل صورتوں میں بھی لکھا جا سکتا ہے۔

$$(9.13) \quad P_{\text{مزاحمتی}} = \frac{I_0^2 R}{2}$$

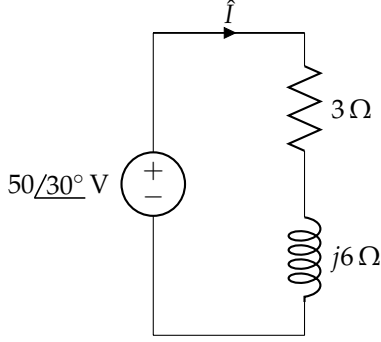
$$(9.14) \quad P_{\text{مزاحمتی}} = \frac{V_0^2}{2R}$$

درج بالا تینوں مساوات کا ایک سمتی رو میں مزاحمتی ضیاع کے مساوات کے ساتھ موازنہ کرنے سے معلوم ہوتا ہے کہ موجودہ تینوں مساوات کے نسب نما میں دو (2) کا اضافی عدد پایا جاتا ہے جس پر حصہ 9.4 میں تبصرہ کیا جائے گا۔

امالی متعاملیت کی رکاوٹ $Z_L = X_L/90^\circ$ جبکہ برق گیر متعاملیت کی رکاوٹ $Z_C = X_C/-90^\circ$ ہوتی ہے۔ چونکہ $\cos(\pm 90^\circ) = 0$ ہوتا ہے لہذا غیر مزاحمتی رکاوٹ کی طاقت صفر ہوگی۔

$$(9.15) \quad P_{\text{متعالی}} = 0$$

چونکہ خالص متعامل پرزوں کو صفر اوسط طاقت منتقل ہوتی ہے لہذا انہیں بے ضیاع پوزے¹ کہتے ہیں۔ دور کا متعامل حصہ، دوری عرصے کے کچھ حصے میں دور سے طاقت حاصل کرتے ہوئے ذخیرہ کرتا ہے جبکہ دوری عرصے کے کسی دوسرے حصے میں اسی طاقت کو دور کو واپس کرتا ہے۔



شکل 9.3: مثال 9.3 کا دور۔

مثال 9.3: شکل 9.3 میں رکاوٹ کی اوسط طاقت دریافت کریں۔

حل: رو درج ذیل ہے۔

$$\hat{I} = \frac{50\angle 30^\circ}{3 + j6} = \frac{50\angle 30^\circ}{\sqrt{45}\angle 63.435^\circ} = 7.454\angle -33.435^\circ \text{ A}$$

یوں

$$\begin{aligned} P &= \frac{V_0 I_0}{2} \cos(\phi_v - \phi_i) \\ &= \frac{(50)(7.454)}{2} \cos[30^\circ - (-33.435^\circ)] \\ &= 83.34 \text{ W} \end{aligned}$$

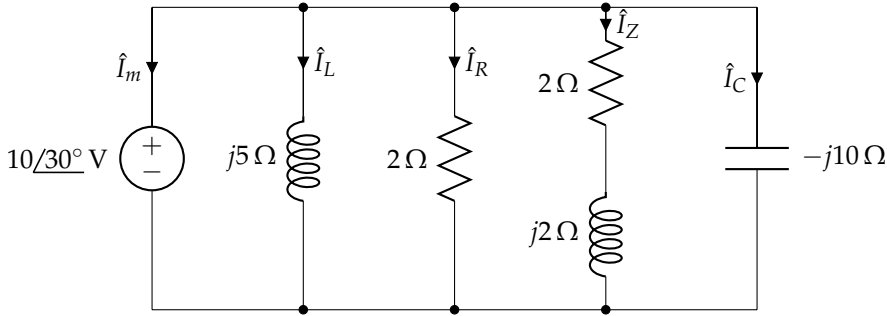
ہوگا۔ چونکہ طاقت صرف مزاحمت میں ضائع ہوتی ہے لہذا یہی جواب مساوات 9.12 سے بھی حاصل کیا جاسکتا ہے جہاں V_0 سے مراد مزاحمت کے دباؤ کا جیٹہ ہے۔ تقسیم دباؤ سے مزاحمت کا دباؤ درج ذیل ہے

$$\hat{V}_R = \left(\frac{3}{3 + j6} \right) 50\angle 30^\circ = 22.361\angle -33.435^\circ$$

جس سے مزاحمت کا اوسط طاقت درج ذیل ہوگا۔

$$P = \frac{V_0 I_0}{2} = \frac{(22.361)(7.454)}{2} = 83.34 \text{ W}$$

lossless components¹



شکل 9.4: مثال 9.4 کا دور۔

اسی طرح مساوات 9.13 اور مساوات 9.14 بھی استعمال کیے جاسکتے ہیں

$$P = \frac{I_0^2 R}{2} = \frac{(7.454^2)(3)}{2} = 83.34 \text{ W}$$

$$P = \frac{V_0^2}{2R} = \frac{(22.361^2)}{(2)(3)} = 83.34 \text{ W}$$

مثال 9.4: شکل 9.4 میں منبع دباؤ کا اوسط طاقت حاصل کریں۔ دور کے بقایا پرزوں کا اوسط طاقت بھی دریافت کریں۔

حل: پہلے تمام رو دریافت کرتے ہیں۔ شکل میں دباؤ کو دیکھتے ہوئے انفعالی رانج رو کے تحت رو کی سمتیں چننی گئی ہیں۔

$$\hat{I}_L = \frac{10\angle 30^\circ}{j5} = \frac{10\angle 30^\circ}{5\angle 90^\circ} = 2\angle -60^\circ$$

$$\hat{I}_R = \frac{10\angle 30^\circ}{2} = \frac{10\angle 30^\circ}{2\angle 0^\circ} = 5\angle 30^\circ$$

$$\hat{I}_Z = \frac{10\angle 30^\circ}{2 + j2} = \frac{10\angle 30^\circ}{\sqrt{8}\angle 45^\circ} = \frac{5}{\sqrt{2}}\angle -15^\circ$$

$$\hat{I}_C = \frac{10\angle 30^\circ}{-j10} = \frac{10\angle 30^\circ}{10\angle -90^\circ} = 1\angle 120^\circ$$

$$\hat{I}_m = -[\hat{I}_L + \hat{I}_R + \hat{I}_Z + \hat{I}_C] = 8.27647\angle -175.01689^\circ$$

یوں انفرادی شاخوں کے اوسط طاقت مساوات 9.10 یا مساوات 9.11 سے درج ذیل ہوں گے۔

$$P_L = \frac{(30)(2)}{2} \cos(90^\circ) = 0 \text{ W}$$

$$P_R = \frac{(30)(5)}{2} \cos(0^\circ) = 75 \text{ W}$$

$$P_Z = \frac{(30)(\frac{5}{\sqrt{2}})}{2} \cos(45^\circ) = 37.5 \text{ W}$$

$$P_C = \frac{(30)(1)}{2} \cos(90^\circ) = 0 \text{ W}$$

$$P_m = \frac{(30)(8.27647)}{2} \cos[(30^\circ + 175.01689^\circ)] = -112.5 \text{ W}$$

مثبت جواب طاقت کا ضیاع ہے جبکہ منفی جواب طاقت کی پیداوار ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ منبع کی طاقتی پیداوار 112.5 W ہے جو دور میں طاقت کے ضیاع

$$P_L + P_R + P_Z + P_C = 0 + 75 + 37.5 + 0 = 112.5 \text{ W}$$

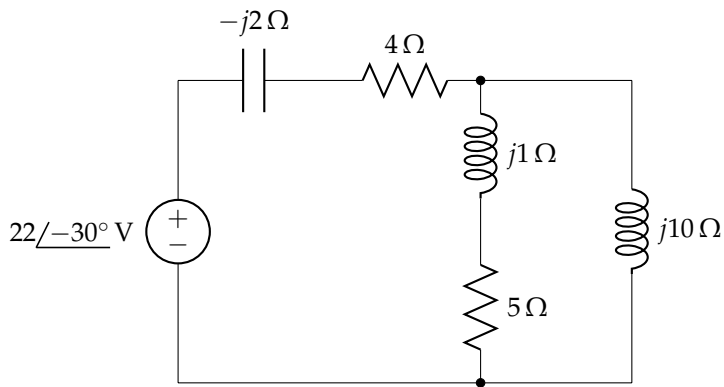
کے عین برابر ہے۔

مشق 9.1: شکل 9.5 کے تمام مزاحمتوں میں ضائع ہونے والا اوسط طاقت دریافت کریں۔

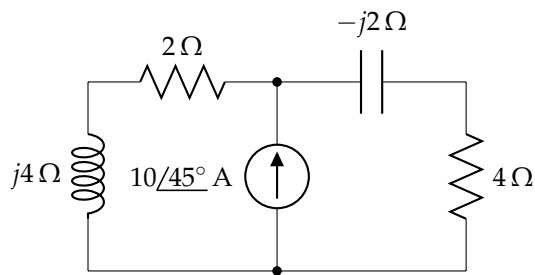
$$P_{5\Omega} = 14.975 \text{ W} , P_{4\Omega} = 17.491 \text{ W}$$

مشق 9.2: شکل 9.6 کے تمام مزاحمتوں میں ضائع ہونے والا اوسط طاقت دریافت کریں۔

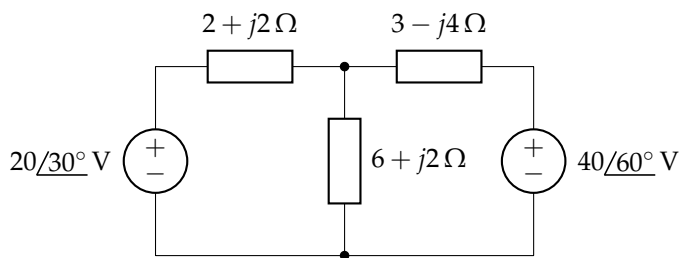
$$P_{4\Omega} = 100 \text{ W} , P_{2\Omega} = 50 \text{ W}$$



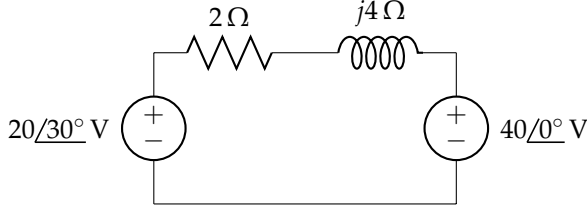
شکل 9.5: مشق 9.1 کا دور۔



شکل 9.6: مشق 9.2 کا دور۔



شکل 9.7: مشق 9.3 کا دور۔



شکل 9.8: مشق 9.4 کا دور۔

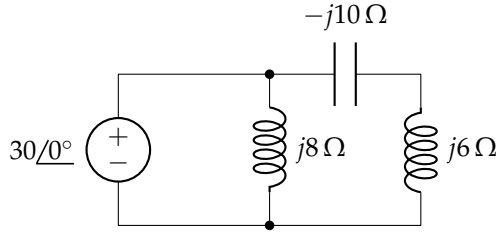
مشق 9.3: شکل 9.7 کے تمام مزاحمتوں میں ضائع ہونے والا اوسط طاقت دریافت کریں۔

جوابات: $P_{6\Omega} = 11.42 \text{ W}$ ، $P_{3\Omega} = 5.71 \text{ W}$ ، $P_{2\Omega} = 22.72 \text{ W}$

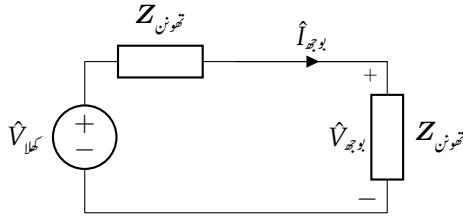
ایک سے زیادہ منبع کی صورت میں آپ کسی بھی ترکیب کو استعمال کرتے ہوئے شاخوں کی رواں جوڑ کے دباؤ حاصل کرتے ہوئے طاقت دریافت کر سکتے ہیں۔ البتہ یاد رہے کہ ترکیب نفاذ سے طاقت کا تخمینہ نہیں لگایا جاسکتا چونکہ طاقت مربع دباؤ (یا مربع رواں) کا تعلق رکھتا ہے جو غیر خطی تعلق ہے۔

مشق 9.4: شکل 9.8 میں اوسط طاقت کی پیداوار اور ضیاع معلوم کریں۔

$P_{2\Omega} = 30.72 \text{ W}$ ، $P_{40\angle 0^\circ} = -5.36 \text{ W}$ ، $P_{20\angle 30^\circ} = -25.36 \text{ W}$



شکل 9.9: مشق 9.5 کا دور۔



شکل 9.10: زیادہ سے زیادہ اوسط طاقت منتقل کرنے کا مسئلہ۔

مشق 9.5: شکل 9.9 میں اوسط طاقت کی پیداوار اور ضیاع معلوم کریں۔

جواب: اوسط طاقت کی پیداوار اور طاقت کا ضیاع صفر واٹ ہیں۔

9.3 زیادہ سے زیادہ اوسط طاقت منتقل کرنے کا مسئلہ

یک سمتی روادوار میں ہم زیادہ سے زیادہ طاقت منتقل کرنے کے مسئلے پر ہم حصہ 5.8 میں غور کر چکے ہیں۔ آپس بدلتی رو کی صورت میں اسی مسئلے پر دوبارہ غور کریں۔

کسی بھی دور کا تھون مساوی حاصل کیا جاسکتا ہے۔ شکل 9.10 میں تھون مساوی دور کے ساتھ بوجھ جوڑا گیا ہے جہاں تھون دباؤ کو V_{kha} کہا گیا ہے۔ ہم جاننا چاہتے ہیں کہ بوجھ کو کس صورت میں زیادہ سے زیادہ اوسط طاقت منتقل ہوگا۔

شکل کو دیکھ کر درج ذیل لکھا جاسکتا ہے

$$(9.16) \quad \hat{I}_{\text{بوجھ}} = \frac{\hat{V}_{\text{کھلا}}}{Z_{\text{تھون}} + Z_{\text{بوجھ}}}$$

جہاں

$$Z_{\text{تھون}} = R_{\text{تھون}} + jX_{\text{تھون}}$$

$$Z_{\text{بوجھ}} = R_{\text{بوجھ}} + jX_{\text{بوجھ}}$$

$$\hat{V}_{\text{کھلا}} = V_{\text{کھلا}} / \phi_{\text{کھلا}}$$

ہیں۔ درج بالا میں امالی رکاوٹ کی صورت میں X کی قیمت مثبت ہوگی جبکہ برق گیر رکاوٹ کی صورت میں اس کی قیمت منفی ہوگی۔ یوں مساوات 9.16 کو درج ذیل لکھا جاسکتا ہے

$$\hat{I}_{\text{بوجھ}} = \frac{V_{\text{کھلا}} / \phi_{\text{کھلا}}}{R_{\text{تھون}} + jX_{\text{تھون}} + R_{\text{بوجھ}} + jX_{\text{بوجھ}}}$$

جس کی حتمی قیمت درج ذیل ہے۔

$$I_{\text{بوجھ}} = \frac{V_{\text{کھلا}}}{\sqrt{(R_{\text{تھون}} + R_{\text{بوجھ}})^2 + (X_{\text{تھون}} + X_{\text{بوجھ}})^2}}$$

بوجھ کو منتقل اوسط طاقت مساوات 9.13 کی مدد سے لکھتے ہیں۔

$$(9.17) \quad P_{\text{بوجھ}} = \frac{1}{2} I_{\text{بوجھ}}^2 R_{\text{بوجھ}} \\ = \frac{\frac{1}{2} V_{\text{کھلا}}^2 R_{\text{بوجھ}}}{(R_{\text{تھون}} + R_{\text{بوجھ}})^2 + (X_{\text{تھون}} + X_{\text{بوجھ}})^2}$$

ہم جانتے ہیں کہ X میں طاقت ضائع نہیں ہوتا لہذا اس کو اوسطاً صفر طاقت منتقل ہوتا ہے۔ درج بالا مساوات میں کسر کے نسب نما میں $X_{\text{تھون}} + X_{\text{بوجھ}}$ کی قیمت کم سے کم کرتے ہوئے طاقت بڑھائی جاسکتی ہے۔ درج ذیل صورت میں اس قیمت کو صفر بنایا جاسکتا ہے۔

$$(9.18) \quad X_{\text{بوجھ}} = -X_{\text{تھون}} \quad \text{بوجھ کو زیادہ سے زیادہ طاقت کی منتقلی کا پہلا شرط}$$

مساوات 9.18 کے شرط پر پورا اترتے ہوئے مساوات 9.17 کو درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$(9.19) \quad P_{\text{بوجھ}} = \frac{V_{\text{کھلا}}^2 R_{\text{بوجھ}}}{2(R_{\text{تھونن}} + R_{\text{بوجھ}})^2}$$

آئیں جانتے ہیں کہ کس قیمت کے بوجھ R کو زیادہ سے زیادہ طاقت منتقل ہوگی۔ یہ جاننے کے لئے درج بالا مساوات کے تفرق کو صفر کے برابر پڑھ کر دئے بوجھ R کی درکار قیمت حاصل کرتے ہیں۔

$$\frac{dP_{\text{بوجھ}}}{dR_{\text{بوجھ}}} = \frac{V_{\text{کھلا}}^2 (R_{\text{تھونن}} + R_{\text{بوجھ}})^2 - 2V_{\text{کھلا}}^2 R_{\text{بوجھ}} (R_{\text{تھونن}} + R_{\text{بوجھ}})}{2(R_{\text{تھونن}} + R_{\text{بوجھ}})^4} = 0$$

اس سے

$$(9.20) \quad R_{\text{بوجھ}} = R_{\text{تھونن}} \quad \text{بوجھ کو زیادہ سے زیادہ طاقت کی منتقلی کا دوسرا شرط}$$

حاصل ہوتا ہے۔ اس نتیجے کے تحت بوجھ کو اس صورت زیادہ سے زیادہ طاقت منتقل ہوگی جب بوجھ کی مزاحمت دور کے تھونن مزاحمت کے برابر ہو۔ مساوات 9.18 اور مساوات 9.20 کو استعمال کرتے ہوئے، بوجھ کو زیادہ سے زیادہ طاقت منتقل ہونے کی شرط کو درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$(9.21) \quad R_{\text{بوجھ}} + jX_{\text{بوجھ}} = R_{\text{تھونن}} - jX_{\text{تھونن}}$$

$$Z_{\text{بوجھ}} = Z_{\text{تھونن}}^*$$

مساوات 9.21 کی صورت میں زیادہ سے زیادہ اوسط طاقت درج ذیل حاصل ہوگی۔

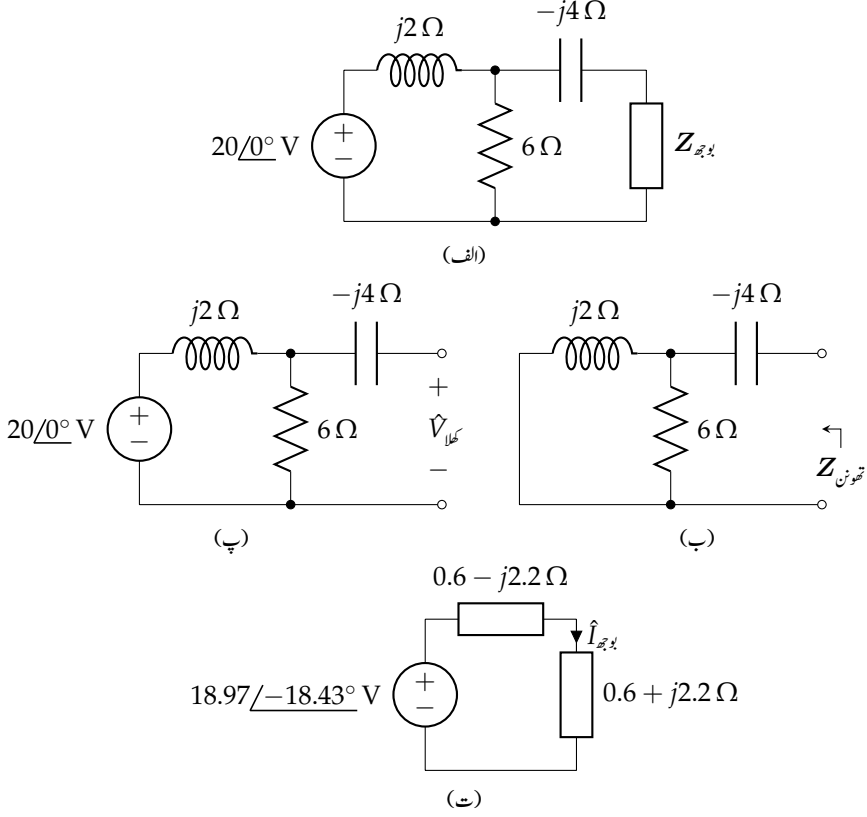
$$(9.22) \quad P_{\text{بلند تر}} = \frac{V_{\text{کھلا}}^2}{8R_{\text{بوجھ}}}$$

آخر میں یہ بھی بتلاتا چلوں کہ مزاحمتی بوجھ ($X_L = 0$) کی صورت میں مساوات 9.17 کے تفرق کو صفر

$$\frac{dP_{\text{بوجھ}}}{dR_{\text{بوجھ}}} = 0$$

کے برابر پڑھ کرنے سے درج ذیل ملتا ہے۔

$$(9.23) \quad R_{\text{بوجھ}} = \sqrt{R_{\text{تھونن}}^2 + X_{\text{تھونن}}^2}$$



شکل 9.11: مثال 9.5 کا دور۔

مثال 9.5: شکل 9.11 میں بوجھ کے رکاوٹ کی وہ قیمت دریافت کریں جس پر بوجھ کو زیادہ سے زیادہ طاقت منتقل ہو گا۔ اس طاقت کی قیمت بھی دریافت کریں۔

حل: سب سے پہلے بوجھ کو ہٹاتے ہوئے بقایا دور کا تھونن مساوی حاصل کرنا ہو گا۔ شکل-ب میں منبع دباؤ کو قصر دور کیا گیا ہے تاکہ تھونن مزاحمت حاصل کی جاسکے۔ اسی طرح شکل-پ میں کھلے دور دباؤ کی نشاندہی کی گئی ہے۔ شکل-ب تھونن

رکاوٹ لکھتے ہیں۔

$$Z_{\text{تھون}} = -j4 + \frac{(6)(j2)}{6 + j2} = \frac{3}{5} - j\frac{11}{5} \Omega$$

یوں بوجھ کو زیادہ سے زیادہ طاقت کی منتقلی کے لئے ضروری ہے کہ بوجھ کی رکاوٹ درج ذیل ہو۔

$$Z_{\text{بوجھ}} = \frac{3}{5} + j\frac{11}{5} \Omega$$

شکل-پ میں برق گیر میں صفر رو ہے لہذا اس پر دباؤ بھی صفر ہوگا۔ اس طرح مزاحمت پر دباؤ ہی تھون دباؤ ہے جسے تقسیم دباؤ کے کلیے سے لکھتے ہیں۔

$$\hat{V}_{\text{کھلا}} = \left(\frac{6}{6 + j2} \right) (20\angle 0^\circ) = 18.97\angle -18.43^\circ \text{ V}$$

شکل-ت میں تھون مساوی دور کو بوجھ کے ساتھ جوڑ کر دکھایا گیا ہے جہاں سے رو حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} \hat{I}_{\text{بوجھ}} &= \frac{18.97\angle -18.43^\circ}{\frac{3}{5} - j\frac{11}{5} + \frac{3}{5} + j\frac{11}{5}} \\ &= 15.81\angle -18.43^\circ \text{ A} \end{aligned}$$

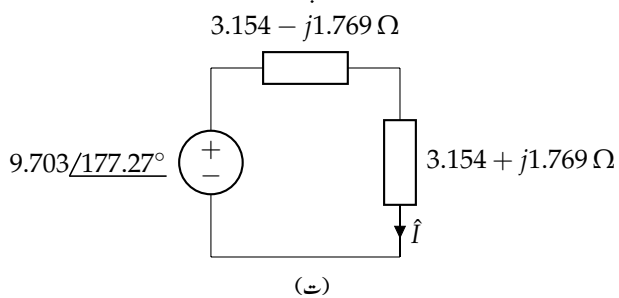
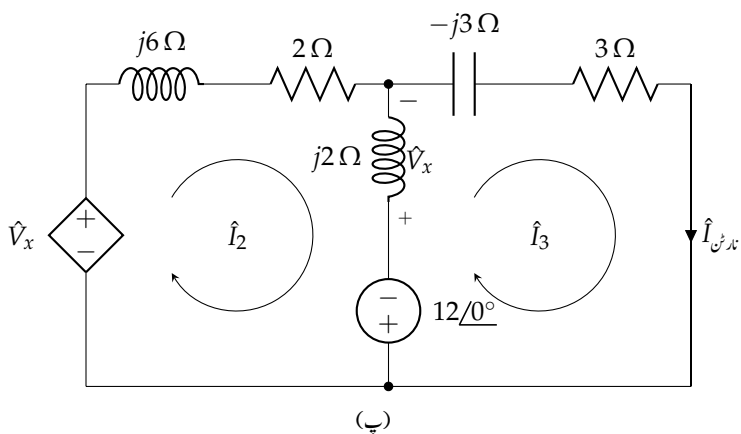
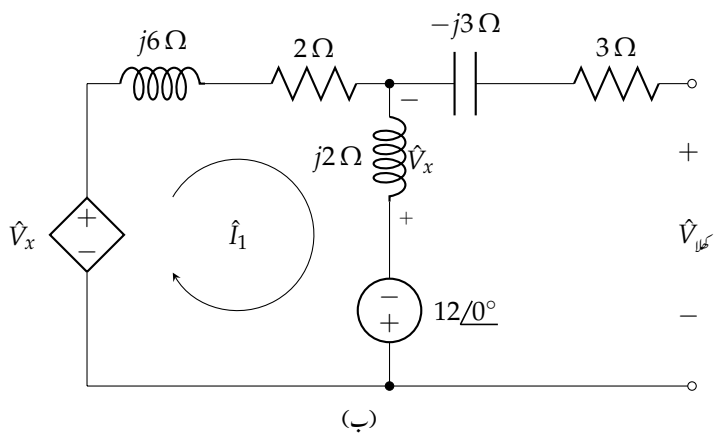
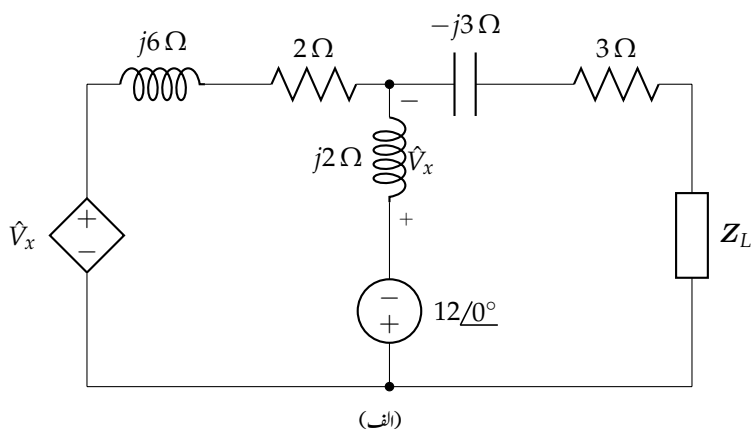
یوں بوجھ کو منتقل اوسط طاقت درج ذیل ہوگا۔

$$P_{\text{بوجھ}} = \frac{(15.81^2)(0.6)}{2} = 74.99 \text{ W}$$

مثال 9.6: شکل 9.12 میں بوجھ کے رکاوٹ Z_L کی وہ قیمت دریافت کریں جس پر اس کو زیادہ سے زیادہ اوسط طاقت منتقل ہوگا۔ اس طاقت کو تخمینہ بھی لگائیں۔

حل: بوجھ کے ساتھ جڑے دور کا تھون مساوی حاصل کرتے ہیں۔ شکل-ب سے نارٹن دباؤ $\hat{V}_{\text{کھلا}}$ حاصل ہوگا۔ شکل-ب کے بائیں دائرے کی مساوات لکھتے ہیں

$$\hat{V}_x + 12\angle 0^\circ = \hat{I}_1(j6 + 2 + j2)$$



جہاں

$$\hat{V}_x = -j2\hat{I}_1$$

کے برابر ہے۔ درج بالا دو مساوات کو حل کرنے سے درج ذیل ملتا ہے۔

$$\begin{aligned}\hat{I}_1 &= \frac{12/0^\circ}{2 + j10} \\ &= \frac{3}{13} - j\frac{15}{13} \\ &= 1.17669/-78.69^\circ \text{ A}\end{aligned}$$

یوں تھون دباو درج ذیل ہو گا۔

$$\begin{aligned}\hat{V}_{\text{کھلا}} &= (j2)(\hat{I}_1) - 12/0^\circ \\ &= 9.703/177.27^\circ \text{ V}\end{aligned}$$

شکل-پ سے نارٹن رو دریافت کرتے ہیں۔ دونوں دائروں کے کرخوف مساوات اور \hat{V}_x کی مساوات لکھتے ہیں

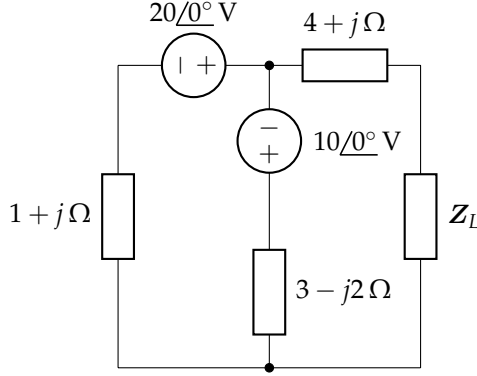
$$\begin{aligned}\hat{V}_x + 12 &= \hat{I}_2(j6 + 2 + j2) - \hat{I}_3(j2) \\ 12 + \hat{I}_3(j2 - j3 + 3) - \hat{I}_2(j2) &= 0 \\ \hat{V}_x &= (\hat{I}_3 - \hat{I}_2)(j2)\end{aligned}$$

درج بالا تین ہمزاد مساوات کو \hat{I}_3 کے لئے حل کرنے سے درج ذیل حاصل ہوتا ہے۔

$$\begin{aligned}\hat{I}_3 = \hat{I}_{\text{نارٹن}} &= -\frac{12}{5} - j\frac{6}{5} \\ &= 2.683/-153.435^\circ \text{ A}\end{aligned}$$

تھون دباو اور نارٹن رو سے تھون رکاوٹ حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned}Z_{\text{تھون}} &= \frac{\hat{V}_{\text{کھلا}}}{\hat{I}_{\text{نارٹن}}} \\ &= \frac{9.703/177.27^\circ}{2.683/-153.435^\circ} \\ &= 3.616/-29.291^\circ \\ &= 3.154 - j1.769 \Omega\end{aligned}$$



شکل 9.13: مشق 9.6 کا دور۔

بوجھ کو زیادہ سے زیادہ اوسط طاقت منتقل کرنے کی خاطر بوجھ کے رکاوٹ کی درکار قیمت $Z_{بوجھ} = 3.154 + j1.769 \Omega$ ہے۔ شکل-ت میں تھوئن دور کے ساتھ بوجھ جڑا ہوا دکھایا گیا ہے جہاں سے بوجھ کی رو حاصل کرتے ہیں۔

$$\hat{I} = \frac{9.703/177.27^\circ}{3.154 - j1.769 + 3.154 + j1.769}$$

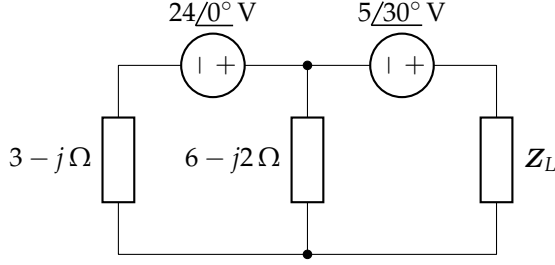
$$= 1.538/177.27^\circ \text{ A}$$

یوں بوجھ کو درج ذیل اوسط طاقت منتقل ہو گا۔

$$P_{بندتر} = \frac{(1.538^2)(3.154)}{2} = 3.73 \text{ W}$$

مشق 9.6: شکل 9.13 میں بوجھ Z_L کے رکاوٹ کی وہ قیمت دریافت کریں جس پر بوجھ کو زیادہ سے زیادہ اوسط طاقت منتقل ہو گا۔ زیادہ سے زیادہ منتقل اوسط طاقت کی قیمت بھی دریافت کریں۔

جوابات: $Z_L = 5.1 - j1.53 \Omega$ ، 7.18 W



شکل 9.14: مشق 9.7 کا دور۔

مشق 9.7: شکل 9.14 میں بوجھ Z_L کے رکاوٹ کی وہ قیمت دریافت کریں جس پر بوجھ کو زیادہ سے زیادہ اوسط طاقت منتقل ہو گا۔ زیادہ سے زیادہ منتقل اوسط طاقت کی قیمت بھی دریافت کریں۔

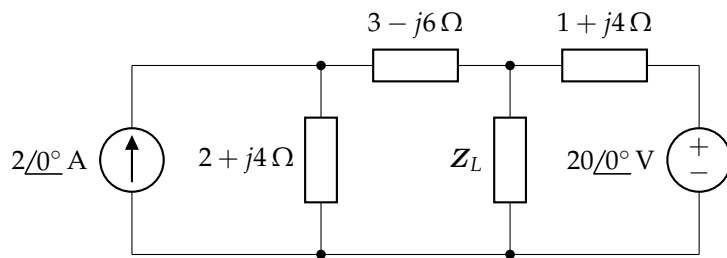
جوابات: $Z_L = 2 + j\frac{2}{3} \Omega$ ، 26.2 W

مشق 9.8: شکل 9.15 میں بوجھ Z_L کے رکاوٹ کی وہ قیمت دریافت کریں جس پر بوجھ کو زیادہ سے زیادہ اوسط طاقت منتقل ہو گا۔ زیادہ سے زیادہ منتقل اوسط طاقت کی قیمت بھی دریافت کریں۔

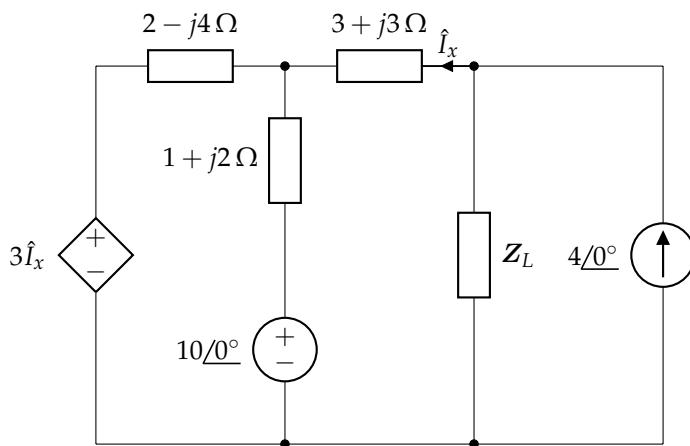
جوابات: $Z_L = 2.85 - j2.05 \Omega$ ، 5.96 W

مشق 9.9: شکل 9.16 میں بوجھ Z_L کے رکاوٹ کی وہ قیمت دریافت کریں جس پر بوجھ کو زیادہ سے زیادہ اوسط طاقت منتقل ہو گا۔ زیادہ سے زیادہ منتقل اوسط طاقت کی قیمت بھی دریافت کریں۔

جوابات: $Z_L = 5.077j6.385 \Omega$ ، 33.03 W



شکل 9.15: مشق 9.8 کا دور



شکل 9.16: مشق 9.9 کا دور

9.4 موثر قیمت

یک سمتی روادوار پر ہم تفصیلاً غور کر چکے ہیں جہاں ہم نے دیکھا کہ مزاحمت R میں ایک سمتی رو I کے گزرنے سے مزاحمت میں $I^2 R$ طاقت کا ضیاع ہوتا ہے۔ ایک سمتی رو کی مقدار تبدیل نہیں ہوتی لہذا مزاحمت کو ہر لمحہ برقرار $I^2 R$ طاقت فراہم ہوتا ہے۔ غیر تغیر طاقت کا اوسط بھی $I^2 R$ ہو گا۔ اس کے برعکس سائن نما رو کی صورت میں مزاحمت کو منتقل طاقت لمحہ بالمحہ تبدیل ہوتا ہے۔ یوں $i(t) = I_0 \cos(\omega t)$ A کی صورت میں لمحہ $t = 0$ پر مزاحمتی طاقت زیادہ سے زیادہ ہو گا جبکہ $t = \frac{\pi}{2\omega}$ پر مزاحمتی طاقت صفر کے برابر ہو گا۔ اسی اتار چڑھاؤ کی وجہ سے سائن نما رو کی صورت میں مزاحمت کو منتقل اوسط طاقت $\frac{I_0^2 R}{2}$ حاصل ہوتا ہے۔ یوں I_0 حیطے کی سائن نما رو مزاحمت کو $\frac{I_0}{\sqrt{2}}$ قیمت کے ایک سمتی رو برابر طاقت فراہم کرتا ہے۔ ہم کہہ سکتے ہیں کہ I_0 حیطے کی سائن نما رو کی موثر قیمت $\frac{I_0}{\sqrt{2}}$ ہے۔ اسی طرح کسی بھی شکل کی دہراتی ہوئی رو کی موثر قیمت I سے مراد وہ ایک سمتی رو ہے جو مزاحمت کو اس دہراتی ہوئی رو کے طاقت کے برابر طاقت منتقل کرتی ہو۔

ہم جانتے ہیں کہ رو $i(t)$ مزاحمت R کو $i^2(t)R$ لحاتی طاقت منتقل کرتی ہے۔ اگر اس رو کا دوری عرصہ T ہو تب مزاحمت کو اوسطاً

$$(9.24) \quad P = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} i^2(t) R dt$$

طاقت منتقل ہو گا۔ ہم یہ بھی جانتے ہیں کہ موثر I ایک سمتی رو اسی مزاحمت کو درج ذیل طاقت منتقل کرتی ہے۔

$$(9.25) \quad P = I_{\text{موثر}}^2 R$$

اگر مزاحمت کو دونوں رو ایک برابر طاقت منتقل کرتی ہوں تب درج ذیل لکھا جاسکتا ہے

$$I_{\text{موثر}}^2 R = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} i^2(t) R dt$$

جس سے

$$(9.26) \quad I_{\text{موثر}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} i^2(t) dt}$$

حاصل ہوتا ہے۔ مساوات 9.26 موثر رو I کی تعریف ہے۔

موثر دباؤ کو بھی اسی طرح حاصل کیا جاسکتا ہے۔ مزاحمت R کے متوازی دباؤ $v(t)$ نسب کرنے سے مزاحمت کو لمحاتی طور پر $\frac{v^2(t)}{R}$ طاقت منتقل ہو گا۔ اگر دباؤ کا دوری عرصہ T ہو تب مزاحمت کو اوسطاً

$$P = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} \frac{v^2(t)}{R} dt \quad (9.27)$$

طاقت منتقل ہو گا۔ اسی مزاحمت کو یک سمتی دباؤ $V_{\text{موثر}}$ اوسطاً درج ذیل طاقت فراہم کرتا ہے۔

$$P = \frac{V_{\text{موثر}}^2}{R} \quad (9.28)$$

دونوں طاقت برابر ہونے کی صورت میں موثر دباؤ کی مساوات درج ذیل حاصل ہوتی ہے۔

$$V_{\text{موثر}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} v^2(t) dt} \quad (9.29)$$

آئیں ان مساوات کی مدد سے چند امواج کی موثر قیمتیں دریافت کریں۔ درج بالا مساوات سے آپ دیکھ سکتے ہیں کہ سائن نما موج کی موثر قیمت حاصل کرنے کی خاطر مربع حیثہ کی اوسط کا جذر لیا جاتا ہے۔ دباؤ اور رو کے موثر قیمتوں کو عموماً I_{rms} اور V_{rms} لکھا جاتا ہے۔ آخر میں یاد رہے کہ جذر کا مثبت جواب موثر قیمت لیا جاتا ہے۔

مثال 9.7: بدلتی رو $i(t) = I_0 \cos(\omega t + \phi)$ کی موثر قیمت I_{rms} دریافت کریں۔

حل: اس موج کا دوری عرصہ $T = \frac{2\pi}{\omega}$ ہے۔ مساوات 9.26 سے رو کی موثر قیمت حاصل کرتے ہیں۔ فی الحال جذر کی نشان سے چھٹکارا حاصل کرنے کی خاطر مساوات کا مربع لکھتے ہوئے آگے بڑھتے ہیں۔

$$I_{\text{rms}}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T I_0^2 \cos^2(\omega t + \phi) dt$$

یہاں $\cos^2 \alpha = \frac{1+\cos 2\alpha}{2}$ کا استعمال کرتے ہوئے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے

$$I_{\text{rms}}^2 = \frac{I_0^2}{T} \int_0^T \frac{1}{2} dt + \frac{I_0^2}{T} \int_0^T \frac{\cos 2(\omega t + \phi)}{2} dt$$

جس میں دوسرا مکمل صفر کے برابر ہے۔ پہلا مکمل حل کرتے ہوئے

$$I_{\text{rms}}^2 = \frac{I_0^2}{T} \frac{1}{2} t \Big|_0^T$$

یعنی

$$(9.30) \quad I_{\text{rms}} = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$$

لکھا جاسکتا ہے۔ چونکہ $\sin(\omega t + \phi) = \cos(\omega t + \phi - 90^\circ)$ لکھا جاسکتا ہے لہذا سائن موج کی موثر قیمت بھی درج بالا ہوگی۔ اسی طرح V_0 حیٹے کے سائن نما دباؤ کی موثر قیمت درج ذیل ہوگی۔

$$(9.31) \quad V_{\text{rms}} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$$

مشق 9.10: درج بالا مثال میں دوسرے تھمل کو حل کرتے ہوئے ثابت کریں کہ یہ صفر کے برابر ہے۔

مثال 9.8: ہمارے ملک پاکستان میں 50 Hz تعدد اور 220 V تا 240 V موثر قیمت کا سائن نما برقی دباؤ گھریلو صارفین کو مہیا کا جاتا ہے۔ دباؤ کا حیٹہ دریافت کرتے ہوئے موج کی مساوات لکھیں۔

حل: دباؤ کی موثر قیمت کو 230 V لیتے ہوئے مساوات 9.31 سے حیٹہ حاصل کرتے ہیں۔

$$(9.32) \quad V_0 = 230\sqrt{2} = 325 \text{ V}$$

یوں موج کی مساوات درج ذیل ہے۔

$$(9.33) \quad v(t) = 230\sqrt{2} \cos(2\pi 50t) \text{ V}$$

اب تک ہم دباؤ یا رو کا حیطہ لیتے ہوئے ان کے دوری سمتیات لکھتے رہے ہیں مثلاً $\hat{V} = V_0/\phi^\circ V$ دوری سمتیہ V_0 حیطے اور ϕ زاویہ ہٹاؤ کے کو سائن دباؤ کو ظاہر کرتا ہے۔ ہم دوری سمتیات کو موثر قیمت کی صورت میں بھی لکھ سکتے ہیں۔ یوں $\hat{V}_{rms} = 230/\phi V$ میں $230 V$ دباؤ کے موثر قیمت کو ظاہر کرتی ہے جبکہ $\hat{V} = 325/\phi V$ میں $325 V$ دباؤ کا حیطہ ہے۔ تسلی کر لیں کہ یہ دونوں دوری سمتیات ایک ہی دباؤ کو ظاہر کرتی ہیں۔

دباؤ یا رو کی قیمتیں مختلف انداز میں بیان کی جاسکتی ہیں۔ مثلاً مساوات 9.33 میں دباؤ کی چوٹی V_p یا مثبت اور منفی چوٹیوں کے درمیان قیمت V_{pp} اور یا پھر دباؤ کی موثر قیمت V_{rms} بیان کی جاسکتی ہے۔ یوں درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$\begin{aligned} V_p &= 325 V \\ V_{pp} &= 650 V \\ V_{rms} &= 230 V \end{aligned}$$

بدلتی رو مشینوں کی دباؤ اور رو کی عموماً موثر قیمتیں بیان کی جاتی ہیں۔ یوں $230 V$ پر چلنے والا گھریلو پنکھا درحقیقت $230 V$ کے موثر دباؤ پر چلے گا۔ اس کتاب میں موثر قیمتیں استعمال کرتے ہوئے دباؤ اور رو کے ساتھ موثر یا rms لکھا جائے گا۔

سائن نماد دباؤ اور سائن نماد رو کی صورت میں مساوات 9.10 اوسط طاقت دیتی ہے۔ اس مساوات کو یہاں دوبارہ پیش کرتے ہوئے ترتیب دیتے ہیں۔

$$\begin{aligned} P &= \frac{V_0 I_0}{2} \cos(\phi_v - \phi_i) \\ &= \frac{V_0}{\sqrt{2}} \frac{I_0}{\sqrt{2}} \cos(\phi_v - \phi_i) \end{aligned}$$

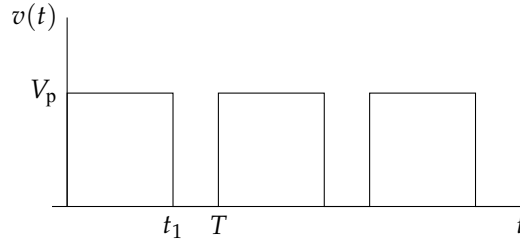
چونکہ $\frac{V_0}{\sqrt{2}}$ اور $\frac{I_0}{\sqrt{2}}$ بالترتیب موثر دباؤ V_{rms} اور موثر رو I_{rms} ہیں لہذا درج بالا مساوات کو درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$(9.34) \quad P = V_{rms} I_{rms} \cos(\phi_v - \phi_i)$$

اسی طرح مزاحمتی بوجھ کی صورت میں اوسط طاقت کے مساوات کو ترتیب دیتے ہوئے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے

$$(9.35) \quad P = \frac{I_0^2 R}{2} = I_{rms}^2 R$$

$$(9.36) \quad P = \frac{V_0^2}{2R} = \frac{V_{rms}^2}{R}$$



شکل 9.17: مثال 9.9 کا دور۔

جو ہو ہو یک سمتی مساوات کی طرح ہیں۔ یہی حقیقت موثر قیمت کی مقبولیت کی وجہ بنی ہے۔

مثال 9.9: شکل 9.17 میں دیے دباؤ کی موثر قیمت دریافت کریں۔ اگر $D = 50\%$ اور $V_p = 60\text{ V}$ ہوں تب یہ دباؤ $200\ \Omega$ مزاحمت کو کتنی طاقت مہیا کر سکتا ہے اور مزاحمت کی موثر رو کیا ہوگی۔

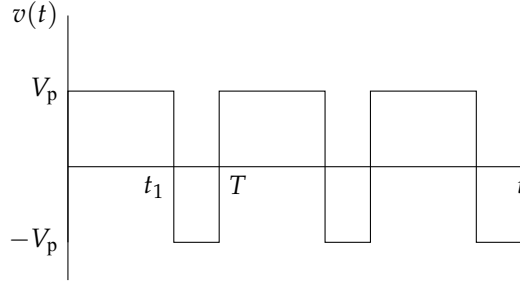
حل: یہاں دوری عرصہ T ہے جس میں t_1 مدت کے لئے دباؤ پایا جاتا ہے جبکہ $T - t_1$ مدت کے لئے دباؤ صفر کے برابر رہتا ہے۔ یوں فعال عرصہ $D = \frac{t_1}{T}$ ہے۔ مساوات 9.29 استعمال کرتے ہوئے

$$\begin{aligned} V_{\text{موثر}} &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt} \\ &= \sqrt{\frac{1}{T} \left[\int_0^{t_1} V_p^2 dt + \int_{t_1}^T 0^2 dt \right]} \\ &= V_p \sqrt{\frac{t_1}{T}} \\ &= V_p \sqrt{D} \end{aligned}$$

حاصل ہوتا ہے۔ فعال عرصے کی قیمت $0 < D < 1$ ممکن ہے جس سے V_{rms} کی قیمت 0 تا V_p ممکن ہے۔

دی گئی معلومات کے مطابق موثر دباؤ درج ذیل ہے

$$V_{\text{rms}} = 60\sqrt{0.5} = 42.4264\text{ V}$$



شکل 9.18: مثال 9.10 کا دور۔

جسے 200Ω کے متوازی لاگو کرنے سے مزاحمت کو درج ذیل طاقت مہیا ہوگی۔

$$P = \frac{V_{\text{rms}}^2}{R} = \frac{42.4264^2}{200} = 9 \text{ W}$$

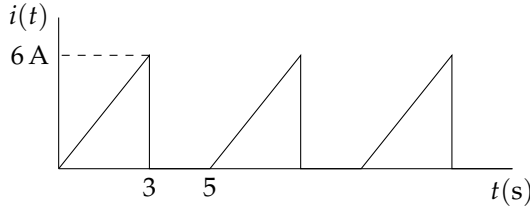
مزاحمت کی موثر رو درج ذیل ہوگی۔

$$I_{\text{rms}} = \frac{V_{\text{rms}}}{R} = \frac{42.4264}{200} = 0.212 \text{ A}$$

مثال 9.10: شکل 9.18 میں D کی قیمت 30 % ، 50 % اور 70 % کی صورت میں دباؤ کی موثر قیمت اور اوسط قیمت دریافت کریں جہاں $V_p = 10 \text{ V}$ ہے۔

حل: موثر قیمت حاصل کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} V_{\text{موثر}} &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt} \\ &= \sqrt{\frac{1}{T} \left[\int_0^{t_1} V_p^2 dt + \int_{t_1}^T (-V_p)^2 dt \right]} \\ &= V_p \sqrt{\frac{t_1}{T} + \frac{T - t_1}{T}} \\ &= V_p \end{aligned}$$



شکل 9.19: مثال 9.11 کا دور۔

یوں دی گئی تینوں فعال عرصوں کے لئے موثر دباؤ 10 V حاصل ہوتا ہے۔

آئیں اب اوسط دباؤ حاصل کریں۔

$$\begin{aligned}
 V_{\text{اوسط}} &= \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt \\
 &= \frac{1}{T} \left[\int_0^{t_1} V_p dt + \int_{t_1}^T (-V_p) dt \right] \\
 &= V_p \left(\frac{2t_1 - T}{T} \right) \\
 &= V_p (2D - 1)
 \end{aligned}$$

فعال عرصے کی دی گئی قیمتوں پر اوسط دباؤ درج ذیل حاصل ہوتے ہیں۔

$$V_{\text{اوسط}}(D = 0.3) = 10 [2(0.3) - 1] = -4 \text{ V}$$

$$V_{\text{اوسط}}(D = 0.5) = 10 [2(0.5) - 1] = 0 \text{ V}$$

$$V_{\text{اوسط}}(D = 0.7) = 10 [2(0.7) - 1] = 4 \text{ V}$$

مثال 9.11: شکل 9.19 میں روکی موثر قیمت دریافت کریں۔

حل: یہاں دباؤ مسلسل تبدیل ہو رہا ہے لہذا اس کے خط کی مساوات درکار ہوگی۔ دباؤ کا سیدھا خط $(0, 0)$ تا $(3, 6)$ خطی تفاعل ہے جس کی شرح ڈھال درج ذیل ہے۔

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{6 - 0}{3 - 0} = 2$$

کار تیزی محدود پر $(0, 0)$ سے گزرتے m شرح ڈھال کے خط کی مساوات $y = mx$ لکھی جاتی ہے لہذا دباؤ کے خط کی مساوات درج ذیل ہے۔

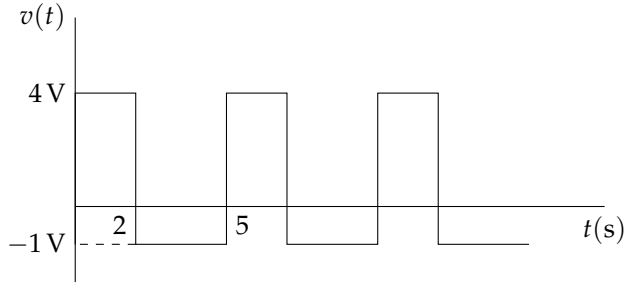
$$v(t) = 2t$$

موثر دباؤ درج ذیل ہے۔

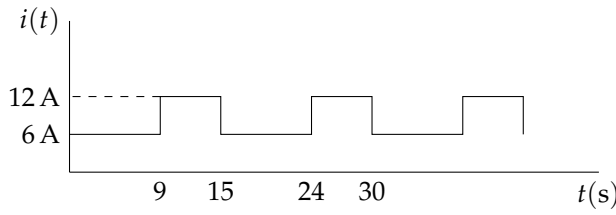
$$\begin{aligned} v_{\text{rms}} &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T v^2(t) dt} \\ &= \sqrt{\frac{1}{5} \left[\int_0^3 (2t)^2 dt + \int_3^5 0^2 dt \right]} \\ &= \sqrt{\left(\frac{1}{5} \right) \left(\frac{4}{3} \right) t^3 \Big|_0^3} \\ &= 2.68 \text{ V} \end{aligned}$$

مشق 9.11: شکل 9.20 میں دیے دباؤ کی موثر قیمت دریافت کریں۔

جواب: $\sqrt{7} \text{ V}$



شکل 9.20: مشق 9.11 کا دورہ۔



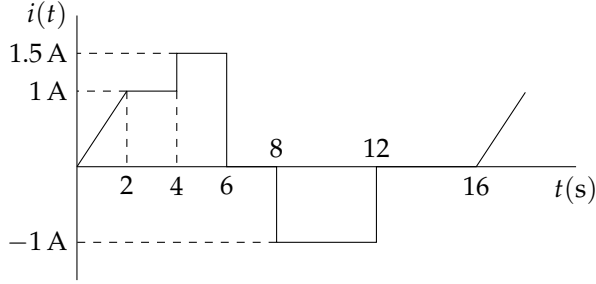
شکل 9.21: مشق 9.12 کا دورہ۔

مشق 9.12: شکل 9.21 میں 3Ω مزاحمت کی رو دکھائی گئی ہے۔ مزاحمت میں اوسط طاقت کا ضیاع حاصل کریں۔

جواب: 237.6 W

مشق 9.13: شکل 9.22 میں 7Ω مزاحمت کی رو دکھائی گئی ہے۔ مزاحمت میں اوسط طاقت کا ضیاع دریافت کریں۔

جواب: 4.885 W



شکل 9.22: مشق 9.13 کا دور۔

9.5 جزو طاقت

مساوات 9.34 اوسط طاقت دیتی ہے۔

$$(9.37) \quad P = V_{rms} I_{rms} \cos(\phi_v - \phi_i)$$

اس مساوات میں $V_{rms} I_{rms}$ کے حاصل ضرب کو ظاہری طاقت² کہا جاتا ہے جبکہ P کو حقیقی طاقت³ کہا جاتا ہے۔ ظاہری طاقت کو وولٹ-ایمپیر $V A$ میں ناپا جاتا ہے جبکہ حقیقی طاقت کو واٹ W میں ناپا جاتا ہے۔ یاد رہے کہ $\cos(\phi_v - \phi_i)$ بے بعد مقدار ہے لہذا حقیقی طاقت کا بعد بھی حقیقت میں وولٹ-ایمپیر $V A$ ہی ہے جسے واٹ W کا خصوصی نام دیا گیا ہے۔ حقیقی طاقت اور ظاہری طاقت میں فرق ظاہر کرنے اور انہیں پہچانے کی خاطر ان کی اکائیوں کو علیحدہ علیحدہ نام دیے گئے ہیں۔

حقیقی طاقت اور ظاہری طاقت کی شرح کو جزو طاقت⁴ pf کہا جاتا ہے۔ درج بالا مساوات کی مدد سے جزو طاقت کو درج ذیل لکھا جاسکتا ہے

$$(9.38) \quad \text{جزو طاقت} = pf = \frac{P}{V_{rms} I_{rms}} = \cos(\phi_v - \phi_i)$$

جہاں

$$(9.39) \quad \cos(\phi_v - \phi_i) = \cos \phi_z$$

apparent power²
real power³
power factor, pf⁴

کے برابر ہے۔ زاویہ $\phi_v - \phi_i$ درحقیقت بوجھ کے رکاوٹ کا زاویہ ہٹاؤ ϕ_z ہے اور اسے زاویہ جزو طاقت⁵ کہا جاتا ہے۔ چونکہ $\cos(\phi_v - \phi_i) = \cos(\phi_i - \phi_v)$ کے برابر ہے لہذا جزو طاقت کو امالی بوجھ کی صورت میں امالی جزو طاقت⁶ یا پیچھے جزو طاقت⁷ کہا جاتا ہے جبکہ برق گیر بوجھ کی صورت میں اس کو برق گیر جزو طاقت⁸ یا آگے جزو طاقت⁹ کہا جاتا ہے۔ اسی طرح امالی بوجھ کی صورت میں زاویہ جزو طاقت کو امالی زاویہ جزو طاقت یا پیچھے زاویہ جزو طاقت کہا جاتا ہے جبکہ برق گیر بوجھ کی صورت میں اس کو برق گیر زاویہ جزو طاقت یا آگے زاویہ جزو طاقت کہا جاتا ہے۔

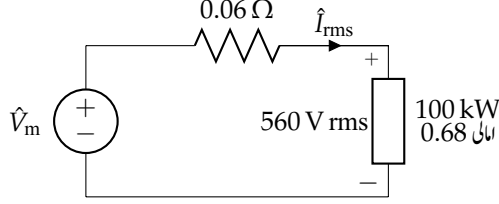
مزاحمتی بوجھ کا $\phi_z = 0^\circ$ ہوتا ہے لہذا مزاحمتی بوجھ کا جزو طاقت $\cos \phi_z = 1$ ہو گا۔ امالہ گیر کا $\phi_z = 90^\circ$ ہے لہذا اس کا $\cos \phi_z = 0$ ہے۔ برق گیر کا $\phi_z = -90^\circ$ ہے لہذا اس کا $\cos \phi_z = 0$ ہے۔ مزاحمت اور امالہ گیر پر مبنی دور کے رکاوٹ کا زاویہ 0° تا 90° ممکن ہے لہذا ایسے دور کا امالی جزو طاقت 1 تا 0 ممکن ہے۔ اسی طرح برق گیر اور مزاحمت پر مبنی دور کے رکاوٹ کا زاویہ 0° تا -90° ممکن ہے لہذا ایسے دور کا برق گیر جزو طاقت 1 تا 0 ممکن ہے۔ مزاحمت، امالہ اور برق گیر پر مبنی دور کے رکاوٹ کا زاویہ -90° سے 0° تا 90° ممکن ہے لہذا ایسے دور کا جزو طاقت تینوں اقسام کا ممکن ہے۔

آگے زاویہ اور پیچھے زاویہ سے مراد دباؤ کے لہذا سے رو کا زاویہ ہے۔ چونکہ امالی دور میں دباؤ سے رو پیچھے رہتی ہے لہذا ایسے ادوار پیچھے ادوار کہلاتے ہیں اور ان کا زاویہ اور جزو طاقت بھی پیچھے کہلاتے ہیں۔ اس کے برعکس برق گیر دور میں دباؤ سے رو آگے رہتی ہے لہذا ان ادوار کو آگے ادوار کہتے ہیں اور ان کا زاویہ اور جزو طاقت بھی آگے کہلاتے ہیں۔ یوں امالی بوجھ $Z_L = 2 + j6$ کا زاویہ $\tan^{-1} \frac{6}{2} = 71.57^\circ$ اور پیچھے جزو طاقت $\cos 71.57^\circ = 0.316$ ہے۔ اسی طرح برق گیر بوجھ $Z_C = 3 - j4$ کا زاویہ $\tan^{-1} \left(-\frac{4}{3}\right) = -53.13^\circ$ اور آگے جزو طاقت $\cos(-53.13^\circ) = 0.6$ ہے۔

مثال 9.12: ایک صنعت کو 560 V rms پر 100 kW طاقت مہیا کیا جاتا ہے۔ صنعتی بوجھ کا جزو طاقت 0.68 امالی ہے۔ برقی طاقت کو منبع سے بوجھ تک ترسیلی تاروں¹⁰ کے ذریعہ پہنچایا جاتا ہے۔ ترسیلی تار کی مزاحمت 0.06Ω ہے۔ ترسیلی تار میں طاقت کا ضیاع دریافت کریں۔ منبع طاقت کتنا طاقت پیدا کرے گا۔ اگر صنعتی بوجھ کا جزو طاقت 0.95 امالی کر دیا جائے تب جوابات کیا ہوں گے۔

- power factor angle⁵
- inductive power factor⁶
- lagging power factor⁷
- capacitive power factor⁸
- leading power factor⁹
- transmission lines¹⁰

¹¹ پاکستان میں بجلی کے کھمبوں پر ترسیلی تار آپ نے ضرور دیکھے ہوں گے۔ ڈیم میں موجود بجلی گھر سے صارف تک طاقت انہیں ترسیلی تاروں کے ذریعہ پہنچتا ہے۔



شکل 9.23: امپلی جزو طاقت بہترین ہے۔

حل: شکل 9.23 میں صورت حال دکھائی گئی ہے۔ مساوات 9.34 سے رو حاصل کرتے ہیں جہاں $\cos(\phi_v - \phi_i)$ جزو طاقت ہے۔

$$\begin{aligned} I_{\text{rms}} &= \frac{P}{V_{\text{rms}} \cos(\phi_v - \phi_i)} \\ &= \frac{100\,000}{(560)(0.68)} \\ &= 263 \text{ A rms} \end{aligned}$$

تار کی مزاحمت میں ضائع ہونے والے طاقت کا حساب کرتے ہیں۔

$$P_{\text{تار}} = (263^2)(0.06) = 4.138 \text{ W}$$

یوں منبع کو درج ذیل طاقت فراہم کرنا ہوگا

$$P_{\text{منبع}} = 100 \text{ kW} + 4.138 \text{ kW} = 104.138 \text{ kW}$$

جس میں سے 4.138 kW مسلسل ضائع ہو رہا ہے۔

اس کے برعکس 0.95 امپلی جزو طاقت کی صورت میں درج ذیل ہوگا۔

$$I_{\text{rms}} = \frac{100\,000}{(560)(0.95)} = 188 \text{ A}$$

$$P_{\text{تار}} = (188^2)(0.06) = 2.12 \text{ W}$$

$$P_{\text{منبع}} = 100 \text{ kW} + 2.12 \text{ W} = 102.12 \text{ kW}$$

آپ دیکھ سکتے ہیں کہ صرف جزو طاقت تبدیل کرنے سے طاقت کا ضیاع 4.138 kW سے کم ہو کر 2.12 kW ہو گیا ہے۔

آپ نے مثال 9.12 میں دیکھا کہ جزو طاقت کی تبدیلی سے تریسلی تاروں میں طاقت کے ضیاع تبدیل ہوتا ہے۔ مساوات 9.34 سے ظاہر ہے کہ جزو طاقت کی قیمت بڑھانے سے رو کی قیمت کم ہوتی ہے۔ جزو طاقت کی زیادہ سے زیادہ قیمت اکائی ہے۔ یوں اکائی جزو طاقت پر کم سے کم رو درکار ہوگی۔ کم سے کم رو کی صورت میں تریسلی تاروں میں طاقت کا ضیاع کم سے کم ہوگا۔

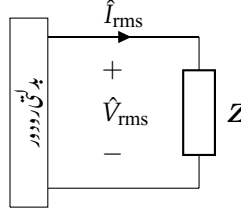
ہاں رک کر تسلی کر لیں کہ مثال 9.12 میں 0.68 آگے جزو طاقت پر بھی $I_{rms} = 263 \text{ A}$ ہوگا لہذا مسائل اتنے ہی بُرے ہوں گے جتنے 0.68 پیچھے جزو طاقت پر ہیں۔

بجلی کا میٹر صارف کے ہاں نسب ہوتا ہے جو خرچ کیے توانائی کا حساب رکھتا ہے۔ یہ میٹر تریسلی تاروں میں ضائع توانائی کو نہیں ناپ سکتا۔ برقی طاقت کے پیدا کار صنعت کو صارف کی درکار طاقت کے ساتھ ساتھ تریسلی تاروں میں ضائع ہونے والا طاقت بھی پیدا کرنا پڑتا ہے لہذا ان کی دلچسپی اس بات میں ہوگی کہ تریسلی تاروں میں طاقت کا ضیاع کم سے کم ہو۔ یہی وجہ ہے کہ پیدا کار صنعت کو شش کرتی ہے کہ صارف کو مجبور کرے کہ اس کا جزو طاقت اکائی کے قریب ترین ہو۔ اگر صارف اپنے جزو طاقت پر قابو نہیں پاتا تو پیدا کار اس پر جرمانہ عائد کرتا ہے۔ اس کتاب کے لکھتے وقت پاکستان میں 0.9 سے کم جزو طاقت کی صورت میں صارف صنعت پر جرمانہ عائد کیا جاتا ہے البتہ گھریلو صارفین پر فی الحال کم جزو طاقت کی صورت میں کوئی جرمانہ عائد نہیں کیا جاتا۔ عموماً صنعتوں میں بوجھ کا بیشتر حصہ مختلف اقسام کے موٹر پر مبنی ہوتا ہے جو امالی بوجھ ہے۔ یہی وجہ ہے کہ جب بھی صنعتی بوجھ کی بات کی جائے تو امالی بوجھ کی بات کی جاتی ہے۔

حصہ 9.7 میں جزو طاقت پر قابو پانے پر غور کیا جائے گا۔

مشق 9.14: ایک صنعت کو 50 Hz تعدد اور 480 V rms دباؤ پر 60 kW طاقت 0.2Ω مزاحمت کے تریسلی تاروں کے ذریعہ فراہم کیا جاتا ہے۔ صارف اپنا جزو طاقت 0.64 امالی سے بہتر کرتے ہوئے 0.98 امالی کر دیتا ہے۔ طاقت میں بچت دریافت کریں۔

جواب: 4.376 kW



شکل 9.24: طاقت کے اقسام پر غور کے لئے دور۔

9.6 مخلوط طاقت

برقرار حال بدلتی رو طاقت پر غور کرنے کے لئے مخلوط طاقت¹² کا جاننا ضروری ہے لہذا اس حصے میں مخلوط طاقت پر بحث کی جائے گی۔

شکل 9.24 میں عمومی دور دکھایا گیا ہے جہاں درج ذیل ہیں۔

$$\hat{V}_{rms} = V_{rms} / \phi_v = V_{حقیقی} + jV_{خیالی}$$

$$\hat{I}_{rms} = I_{rms} / \phi_i = I_{حقیقی} + jI_{خیالی}$$

$$Z = Z / \phi_z = R + jX$$

رو \hat{I}_{rms}^* سے مراد \hat{I}_{rms} کا جوڑی دار مخلوط ہے۔

$$\hat{I}_{rms}^* = I_{rms} / \underline{-\phi_i} = I_{حقیقی} - jI_{خیالی}$$

مخلوط طاقت S کی تعریف

$$(9.40) \quad S = \hat{V}_{rms} \hat{I}_{rms}^*$$

ہے جس میں دباؤ اور رو کی قیمتیں پر کرتے ہوئے

$$(9.41) \quad \begin{aligned} S &= V_{rms} / \phi_v I_{rms} / \underline{-\phi_i} \\ &= V_{rms} I_{rms} / \phi_v - \phi_i \\ &= V_{rms} I_{rms} \cos(\phi_v - \phi_i) + jV_{rms} I_{rms} \sin(\phi_v - \phi_i) \end{aligned}$$

¹² complex power

ملتا ہے جہاں $\phi_v - \phi_i = \phi_z$ کے برابر ہے۔ مساوات 9.41 کا حقیقی جزو درحقیقت حقیقی اوسط طاقت P ہے جبکہ اس کے خیالی جزو Q کو متعاملی طاقت¹³ یا تربیعی طاقت¹⁴ کہا جاتا ہے۔ یوں مخلوط طاقت کو درج ذیل لکھا جاسکتا ہے

$$(9.42) \quad S = P + jQ$$

جہاں

$$(9.43) \quad P = |S|_{\text{حقیقی}} = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \cos(\phi_v - \phi_i)$$

$$(9.44) \quad Q = |S|_{\text{خیالی}} = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \sin(\phi_v - \phi_i)$$

ہیں۔ مساوات 9.41 سے ظاہر ہے کہ مخلوط طاقت کے حیظے کو ہم ظاہری طاقت کہتے ہیں جبکہ مخلوط طاقت کے زاویہ کو ہم زاویہ جزو طاقت کہتے ہیں۔ مخلوط طاقت کو ظاہری طاقت کی طرح وولٹ-ایمپیئر VA میں ناپا جاتا ہے، حقیقی طاقت کو واٹ W میں ناپا جاتا ہے جبکہ متعاملی طاقت Q کو، شناخت کی خاطر، متعاملی وولٹ-ایمپیئر var میں ناپا جاتا ہے۔ یاد رہے کہ ان تمام اقسام کے طاقتوں کا بعد وولٹ-ایمپیئر VA ہی ہے۔

مثال 9.13: رو $\hat{I}_{\text{rms}} = I_h + jI_k$ کی مقدار I_{rms} حاصل کریں۔ رو $\hat{I}_{\text{rms}}^* = I_h - jI_k$ کی مقدار بھی حاصل کریں۔ ان رو کا حاصل ضرب دریافت کریں۔

حل: دی گئی رو کی مقداریں درج ذیل ہیں۔

$$\begin{aligned} |\hat{I}_{\text{rms}}| &= \sqrt{I_h^2 + I_k^2} = I_{\text{rms}} \\ |\hat{I}_{\text{rms}}^*| &= \sqrt{I_h^2 + (-I_k)^2} = I_{\text{rms}} \end{aligned}$$

دونوں کا حاصل ضرب درج ذیل ہے۔

$$(9.45) \quad \hat{I}_{\text{rms}} \hat{I}_{\text{rms}}^* = (I_h + jI_k)(I_h - jI_k) = I_h^2 + I_k^2 = I_{\text{rms}}^2$$

آئیں مساوات 9.43 اور مساوات 9.44 پر مزاحمت، امالہ اور برق گیر کے نقطہ نظر سے مزید غور کریں۔ مزاحمت کا $\phi_v - \phi_i = 0^\circ$ ہے لہذا اس کے $\cos(\phi_v - \phi_i) = 1$ اور $\sin(\phi_v - \phi_i) = 0$ ہیں۔ یوں مزاحمت حقیقی طاقت جذب ($P > 0$) کرتا ہے جبکہ یہ متعاطی طاقت کو جذب نہیں کرتا لہذا $Q = 0$ ہے۔ امالہ کا $\phi_v - \phi_i = 90^\circ$ لہذا

$$(9.46) \quad P = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \cos 90^\circ = 0$$

$$(9.47) \quad Q = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \sin 90^\circ > 0$$

ہیں۔ امالہ گیر متعاطی طاقت کو جذب کرتا ہے جبکہ یہ حقیقی طاقت کو جذب نہیں کرتا۔ برق گیر کا $\phi_v - \phi_i = -90^\circ$ لہذا

$$(9.48) \quad P = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \cos(-90^\circ) = 0$$

$$(9.49) \quad Q = V_{\text{rms}} I_{\text{rms}} \sin(-90^\circ) < 0$$

ہیں۔ برق گیر حقیقی طاقت جذب نہیں کرتا جبکہ یہ متعاطی طاقت مہیا کرتا ہے۔

ہم نے دیکھا کہ مزاحمت حقیقی طاقت جذب کرتا ہے جبکہ امالہ گیر اور برق گیر بالترتیب متعاطی طاقت جذب اور مہیا کرتے ہیں۔ ان پرزوں میں بنیادی فرق یہ ہے کہ مزاحمت میں طاقت ضائع ہوتا ہے جبکہ امالہ گیر اور برق گیر طاقت ذخیرہ کرتے ہوئے اسے دور کو واپس منتقل کرنے کی صلاحیت رکھتے ہیں۔ ان حقائق سے ہم کہہ سکتے ہیں کہ متعاطی طاقت کا تعلق طاقت ذخیرہ کرنے سے ہے۔

آئیں مساوات 9.40 میں $\hat{V}_{\text{rms}} = \hat{I}_{\text{rms}} Z$ پر کریں

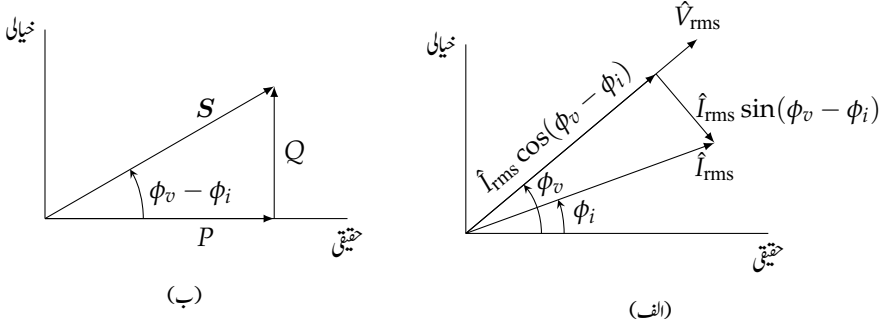
$$(9.50) \quad S = \hat{V}_{\text{rms}} \hat{I}_{\text{rms}}^* = \hat{I}_{\text{rms}} Z \hat{I}_{\text{rms}}^* = I_{\text{rms}}^2 Z = I_{\text{rms}}^2 (R + jX) = P + jQ$$

جہاں مساوات 9.45 اور مساوات 9.42 کا سہارا لیا گیا ہے۔ اسی طرح مساوات 9.40 میں دباؤ کی بجائے رو کے لئے پر کرتے ہوئے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$(9.51) \quad S = \hat{V}_{\text{rms}} \left(\frac{\hat{V}_{\text{rms}}}{Z} \right)^* = \frac{V_{\text{rms}}^2}{Z^*} = V_{\text{rms}}^2 Y^* = V_{\text{rms}}^2 (B + jG)^* = P + jQ$$

اس مساوات کے تحت جوڑی دار مخلوط فراوانی کو دباؤ کی موثر قیمت سے ضرب دیتے ہوئے فراوانی کی طاقت حاصل کی جا سکتی ہے۔ یہ وہ طاقت ہے جو فراوانی جذب کرتا ہے۔ یوں اگر شکل 9.24 میں برق گیر بطور بوجھ Z نسب ہوتا تب فراوانی $j\omega C$ کے برابر ہوتی جسے درج بالا مساوات میں پر کرتے ہوئے

$$(9.52) \quad S = V_{\text{rms}}^2 (j\omega C)^* = -j\omega C V_{\text{rms}}^2$$



شکل 9.25: طاقتی تعلق۔

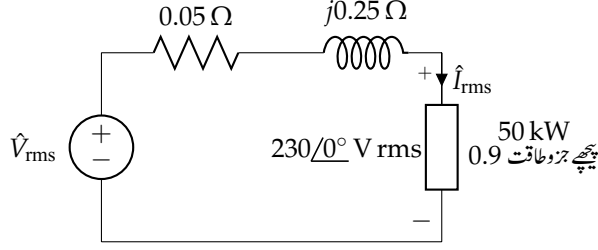
ماتا ہے۔ آپ نے دیکھا کہ مخلوط طاقت کی قیمت منفی ہے۔ یوں برق گیر متعاطی طاقت فراہم کرتا ہے۔

شکل 9.25 طاقت کے تعلقات پر مزید روشنی ڈالتا ہے۔ شکل-الف کے تحت رو کو دو ٹکڑوں میں تقسیم کیا جاسکتا ہے۔ پہلا ٹکڑا \hat{V}_{rms} کے ہم زاویہ ہے جبکہ دوسرا ٹکڑا دباؤ کے ساتھ 90° کا زاویہ بناتا ہے۔ مساوات 9.43 کے تحت دباؤ اور اس کے ہم زاویہ رول کر حقیقی طاقت P پیدا کرتے ہیں۔ اسی طرح مساوات 9.44 کے تحت دباؤ اور دباؤ کے عمودی رول کر متعاطی طاقت Q پیدا کرتے ہیں۔ انہیں دو مساوات سے درج ذیل تعلق بھی حاصل ہوتا ہے

$$(9.53) \quad \tan(\phi_v - \phi_i) = \frac{Q}{P}$$

جس کو شکل-ب کے طاقتی ٹکڑوں¹⁵ سے بھی حاصل کیا جاسکتا ہے۔ شکل-ب امالی بوجھ کے لئے دکھایا گیا ہے جہاں $\phi_v - \phi_i > 0$ ہے۔ چونکہ زاویہ افقی محور سے گھڑی کی گردش کے الٹ جانب گھومتے ہوئے ناپا جاتا ہے لہذا مثبت زاویہ حقیقی محور سے اوپر کو ہو گا۔ یوں امالی بوجھ کا Q مثبت ہے۔ برق گیر بوجھ کی صورت میں $\phi_v - \phi_i < 0$ ہو گا لہذا S کا خط حقیقی محور سے نیچے کو ہو گا لہذا Q کی قیمت منفی ہو گی۔ مزاحمتی بوجھ کی صورت میں $\phi_v - \phi_i = 0$ ہو گا لہذا S کا خط عین حقیقی محور پر ہو گا لہذا مخلوط طاقت اور حقیقی طاقت برابر ہوں گے جبکہ متعاطی طاقت صفر ہو گا۔

آخر میں بتلاتا چلوں کہ دور میں حقیقی طاقت کی طرح مخلوط طاقت پر بھی بقائے توانائی کا قانون لاگو ہوتا ہے۔



شکل 9.26: مثال 9.14 کا دور۔

مثال 9.14: امالی بوجھ کو 50 kW طاقت فراہم کی جا رہی ہے۔ بوجھ پر موثر دباؤ 230 V ، تعدد 50 Hz اور پچھے جزو طاقت 0.9 ہے۔ ترسیلی تاروں کی رکاوٹ $Z_{\text{تار}} = 0.05 + j0.25 \Omega$ ہے۔ منبع طاقت پر دباؤ، جزو طاقت اور طاقت کا تخمینہ لگائیں۔

حل: دور کو شکل 9.26 میں دکھایا گیا ہے جہاں ترسیلی تار کی رکاوٹ صرف بالائی تار پر دکھائی گئی ہے۔ حقیقت میں بالائی اور نچلی تار کی رکاوٹیں سلسلہ وار جڑی ہیں۔ ان کا مجموعہ کل رکاوٹ ہے جسے عموماً ایک تار پر دکھایا جاتا ہے۔

بوجھ کے دباؤ کو حوالہ دوری سمتیہ لیتے ہوئے اس کا زاویہ صفر چننا گیا ہے۔ مخلوط طاقت

$$S = \frac{P}{\text{pf}} = \frac{50\,000}{0.9} = 55\,556 \text{ V A}$$

ہے جبکہ بوجھ پر $\phi_v - \phi_i = \cos^{-1}(0.9) = 25.84^\circ$ ہے لہذا بوجھ پر

$$S_L = 55\,556 / 25.84^\circ = 50\,000 + j24\,216 \text{ V A}$$

ہو گا۔ چونکہ $S_L = \hat{V}_{\text{rms}} \hat{I}_{\text{rms}}^*$ ہو لہذا

$$\hat{I}_{L,\text{rms}} = \left(\frac{55\,556 / 25.84^\circ}{230 / 0^\circ} \right)^* = 241.55 / -25.84^\circ \text{ A rms}$$

تار میں مخلوط طاقت کا ضیاع

$$S_{\text{تار}} = \hat{I}_{L,\text{rms}}^2 Z_{\text{تار}} = 241.55^2 (0.05 + j0.25) = 2917 + j14\,586 \text{ V A}$$

ہے۔ بقائے توانائی کے تحت یوں منبع طاقت پر مخلوط طاقت درج ذیل ہو گا۔

$$\begin{aligned} S_{\text{منبع}} &= S_L + S_{\text{تار}} \\ &= 50\,000 + j24\,216 + 2917 + j14\,586 \\ &= 52\,917 + j38\,802 \\ &= 65\,619 / 36.25^\circ \text{ V A} \end{aligned}$$

اس طرح منبع کا دباؤ

$$V_{\text{rms}} = \frac{|S_{\text{منبع}}|}{I_{L,\text{rms}}} = \frac{65\,619}{241.55} = 272 \text{ V}$$

اور منبع پر پیچھے جزو طاقت درج ذیل ہو گا۔

$$\text{pf} = \cos 36.25^\circ = 0.806$$

آئیں اسی کو دوبارہ کرخوف مساوات سے حل کریں۔ پیچھے جزو طاقت 0.9 سے رو کا زاویہ حاصل کرتے ہیں جہاں امالی بوجھ کی وجہ سے زاویہ منفی ہو گا۔

$$\phi_i = \cos^{-1} 0.9 = -25.84^\circ$$

بوجھ کی رو حاصل کرتے ہیں۔

$$I_{\text{rms}} = \frac{P}{V_{\text{rms}} \cos \phi_i} = \frac{50\,000}{(230)(0.9)} = 241.55 \text{ A}$$

یوں $\hat{I}_{\text{rms}} = 241.55 / -25.84^\circ$ ہو گا۔ شکل کو دیکھتے ہوئے کرخوف کی مساوات سے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$\begin{aligned} \hat{V}_{\text{rms}} &= 230 / 0^\circ + (241.55 / -25.84^\circ)(0.05 + j0.25) \\ &= 272 / 10.41^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

یوں منبع طاقت پر دباؤ سے رو

$$10.41^\circ - (-25.84^\circ) = 36.25^\circ$$

پیچھے ہے لہذا منبع پر پیچھے جزو طاقت $\cos(36.25^\circ) = 0.806$ ہو گا۔

مثال 9.15: گزشتہ مثال کے شکل 9.26 میں بتایا تمام معلومات وہی ہیں البتہ بوجھ پر جزو طاقت پیچھے کی بجائے آگے ہے۔ منبع طاقت کا دباؤ حاصل کریں۔

حل: گزشتہ مثال میں عین ہمارے توقع کے مطابق منبع طاقت کا دباؤ، بوجھ کے دباؤ سے زیادہ تھا۔ یک سمتی ادوار میں ہم یہی توقع کرتے ہیں کہ زیادہ دباؤ کے نقطے سے طاقت کم دباؤ کے نقطے کو فراہم ہوتا ہے۔ اس مثال میں ہم دیکھیں گے کہ کبھی کبھار ہمارے توقعات غلط ثابت ہوتی ہیں۔

اس مسئلے کو کرخوف مساوات سے حل کرتے ہیں۔ آگے جزو طاقت 0.9 سے رو کا زاویہ حاصل کرتے ہیں۔ آگے جزو طاقت برقی گیر بوجھ کی نشاندہی کرتا ہے لہذا بوجھ کے رکاوٹ کا زاویہ مثبت ہو گا۔

$$\phi_i = \cos^{-1} 0.9 = 25.84^\circ$$

بوجھ کی رو حاصل کرتے ہیں۔

$$I_{\text{rms}} = \frac{P}{V_{\text{rms}} \cos \phi_i} = \frac{50\,000}{(230)(0.9)} = 241.55 \text{ A}$$

یوں $\hat{I}_{\text{rms}} = 241.55/25.84^\circ$ ہو گا۔ شکل کو دیکھتے ہوئے کرخوف کی مساوات سے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$\begin{aligned} \hat{V}_{\text{rms}} &= 230/0^\circ + (241.55/25.84^\circ)(0.05 + j0.25) \\ &= 223/15.53^\circ \text{ V} \end{aligned}$$

یوں منبع طاقت پر دباؤ سے رو

$$(25.84^\circ) - 15.53^\circ = 10.31^\circ$$

آگے ہے لہذا منبع پر آگے جزو طاقت $\cos(-10.31^\circ) = 0.98$ ہو گا۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ بوجھ پر موثر دباؤ 230 V ہے جبکہ منبع طاقت کا موثر دباؤ 223 V ہے جو کہ بوجھ کے دباؤ سے کم ہے۔

مشق 9.15: شکل 9.26 میں بقایا تمام معلومات وہی ہیں البتہ آگے جزو طاقت 0.8 ہے۔ منبع طاقت کا موثر دباؤ اور جزو طاقت حاصل کریں۔ منبع کتنا طاقت پیدا کر رہا ہے۔

جوابات: 210 V rms ، آگے $\text{pf} = 0.94$ ، 53.69 kW

مشق 9.16: ایک صنعتی بوجھ کو 30 kW طاقت 0.82 پیچھے جزو طاقت پر درکار ہے۔ بوجھ پر موثر دباؤ 230 V اور تعدد 50 Hz ہے۔ منبع سے صنعت تک طاقت کو تریسلی تاروں کے ذریعہ پہنچایا جاتا ہے۔ ان تریسلی تاروں کی رکاوٹ $Z_{\text{تار}} = 0.08 + j0.3 \Omega$ ہے۔ تریسلی تاروں میں حقیقی اور متعاطی طاقت کا ضیاع دریافت کریں۔ تریسلی تار کے داخلی سرپر درکار حقیقی اور متعاطی طاقت دریافت کریں۔

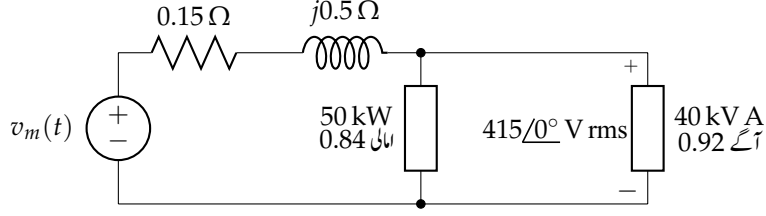
جوابات: $P_{\text{تار}} = 2024 \text{ W}$ ، $Q_{\text{تار}} = 7590 \text{ var}$ ، $P_{\text{منبع}} = 32 \text{ kW}$ ، $Q_{\text{منبع}} = 28.53 \text{ kvar}$

مشق 9.17: صنعتی بوجھ کو 0.86 امالی جزو طاقت پر 25 kW طاقت 230 V rms اور 50 Hz تعدد پر فراہم کی جا رہی ہے۔ تریسلی تار کی رکاوٹ $Z_{\text{تار}} = 0.1 + j0.2 \Omega$ ہے۔ تاروں کے داخلی سروں پر موثر دباؤ اور جزو طاقت دریافت کریں۔

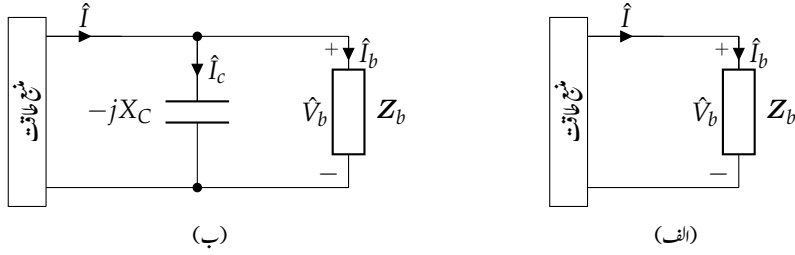
جوابات: $254/3.4^\circ \text{ V rms}$ ، 0.83 امالی

مشق 9.18: شکل 9.27 میں منبع طاقت کا دباؤ اور جزو طاقت دریافت کریں۔

جوابات: $v_m(t) = 674 \cos(100\pi t + 11.9^\circ) \text{ V}$ ، امالی 0.922



شکل 9.27: مشق 9.18 کا دور



شکل 9.28: جزو طاقت کی درستگی

9.7 جزو طاقت کی درستگی

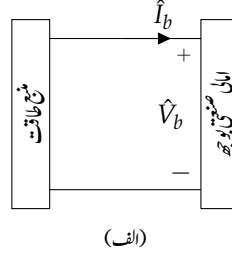
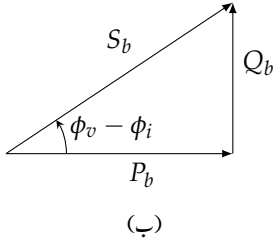
آپ نے مثال 9.12 میں دیکھا کہ جزو طاقت نہایت اہم معلومات فراہم کرتا ہے۔ ایک مثال کے بعد جو طاقت کی درستگی پر غور کریں گے۔

مثال 9.16: شکل 9.28-الف میں منبع طاقت پر $Z_b = 2 + j2 \Omega$ کا بوجھ لدا ہوا ہے۔ شکل-ب میں بوجھ کے متوازی $Z_c = -j5 \Omega$ جوڑا گیا ہے۔ دونوں اشکال میں جزو طاقت دریافت کریں۔ حل: شکل-الف میں بوجھ کی رکاوٹ کو زاویائی صورت میں لکھتے ہوئے

$$Z_b = 2 + j2 = \sqrt{8}/45^\circ$$

امالی جزو طاقت لکھتے ہیں۔

$$\text{pf} = \cos 45^\circ = 0.7071$$



شکل 9.29: صنعتی بوجھ کا طاقتی تکیون۔

شکل-ب میں کل رکاوٹ لکھتے ہیں

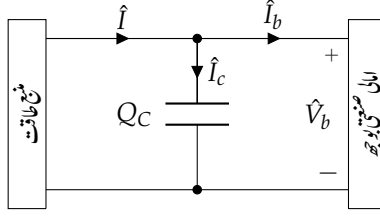
$$\begin{aligned} Z &= \frac{-j5(2 + j2)}{-j5 + 2 + j2} \\ &= \frac{50}{13} + j\frac{10}{13} \\ &= 3.922/11.31^\circ \end{aligned}$$

جس سے امالی جزو طاقت درج ذیل حاصل ہوتا ہے۔

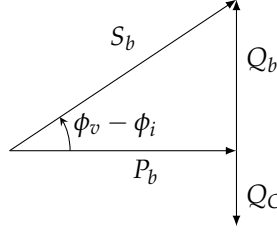
$$\text{pf} = \cos 11.31^\circ = 0.981$$

درج بالا مثال میں آپ نے دیکھا کہ امالی بوجھ کے متوازی برق گیر جوڑنے سے جزو طاقت میں بہتری پیدا ہوتی ہے۔ جیسا ہم پہلے بھی بتا چکے ہیں، صنعتی بوجھ عموماً امالی جزو طاقت رکھتا ہے۔ شکل 9.29 میں عمومی صورت حال دکھائی گئی ہے جہاں صنعتی بوجھ پر V_{rms} دباو مسلط کیا گیا ہے۔ صنعتی بوجھ منبع طاقت سے I_{rms} رو لیتا ہے۔ شکل-ب میں طاقتی تکیون دکھایا گیا ہے۔ زاویہ $\phi_v - \phi_i$ کم کرتے ہوئے جزو طاقت بہتر بنایا جاسکتا ہے۔ شکل-ب سے واضح ہے کہ Q کو برقرار رکھتے ہوئے P کے بڑھانے سے یہ زاویہ کم کیا جاسکتا ہے۔ اس کے برعکس P کو برقرار رکھتے ہوئے Q کم کرنے سے بھی اس زاویہ کو کم کیا جاسکتا ہے۔ آئیں دونوں ممکنات پر غور کریں۔

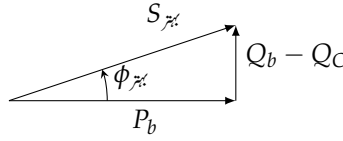
کوئی بھی صنعت حقیقی طاقت P استعمال کرتے ہوئے کام سرانجام دیتی ہے۔ کوئی بھی صنعت قائم کرنے سے پہلے اس کی پیداوار طے کی جاتی ہے۔ اس پیداوار کو حاصل کرنے کے لئے درکار مشینیں نسب کئے جاتے ہیں۔ غیر ضروری طور پر



(الف)



(ب)



(پ)

شکل 9.30: درستی جزو طاقت کے ایشکال۔

P بڑھانے سے مراد، ضرورت سے زیادہ بڑی مشینیں نسب کرنا ہے، جس سے صنعت قائم کرنے کا خرچہ بڑھتا ہے۔ جزو طاقت بہتر کرنے کا یہ انتہائی مہنگا طریقہ ہو گا جسے کبھی بھی نہیں اپنایا جاتا۔ ساتھ ہی ساتھ زیادہ پیداوار کے لئے زیادہ سرمایہ درکار ہو گا۔

آئیں اب Q کم کرتے ہیں۔ جیسا درج بالا مثال میں دکھایا گیا، امالی بوجھ کے متوازی برق گیر جوڑنے سے Q کو کم کیا جاسکتا ہے۔ برق گیر کی قیمت صنعتی مشینوں کی نسبت بہت کم ہوتی ہے لہذا جزو طاقت کو برق گیر سے ہی بہتر بنایا جاتا ہے۔ شکل 9.30-الف میں صنعتی بوجھ کے متوازی برق گیر نسب کیا گیا ہے۔ شکل-ب میں بوجھ کا طاقتی ٹکون دکھایا گیا ہے جس میں برق گیر متعالمی طاقت بھی دکھائی گئی ہے۔ شکل-پ میں منبع طاقت کو درپیش صنعتی بوجھ اور برق گیر متعالمی طاقت کا کل طاقتی ٹکون دکھایا گیا ہے۔ آپ دیکھ سکتے ہیں کہ Q کم ہونے سے طاقتی ٹکون کا زاویہ کم اور جزو طاقت بہتر ہو گا۔

مساوات 9.52 کے تحت برق گیر کا متعالمی طاقت درج ذیل ہے۔

$$S_C = -j\omega CV_{rms}^2$$

کسی بھی جزو طاقت کے حصول کے لئے S_C کو شکل 9.30-پ سے حاصل کیا جاسکتا ہے جسے استعمال کرتے ہوئے درج بالا مساوات سے درکار C حاصل کیا جاسکتا ہے۔ جزو طاقت قابو کرنے کے لئے برق گیر کی استعداد عموماً متعالمی وولٹ-ایمپیر var میں ہی بیان کی جاتی ہے۔ یوں 50 Hz ، 440 V rms پر استعمال ہونے والے $822\text{ }\mu\text{F}$ برق گیر کو 50 kvar کا برق گیر کہا جائے گا۔

مثال 9.17: ایک صنعت 1200 V rms ، 50 Hz اور 0.7 امالی جزو طاقت پر 1000 kW طاقت خرچ کرتا ہے۔ پاکستان میں 0.9 جزو طاقت سے کم جزو طاقت پر صنعت پر جرمانہ عائد ہوتا ہے لہذا صنعت کار اپنی جزو طاقت کو 0.9 کرنا چاہتا ہے۔ اس کو درکار برق گیر کا تخمینہ لگائیں۔

حل: شکل 9.30 کے طاقتی تکیوں سے صنعتی بوجھ کا مخلوط طاقت دریافت کرتے ہیں۔

$$\begin{aligned} S &= \frac{P}{\text{pf}} / \cos^{-1} \text{pf} \\ &= \frac{1\,000\,000}{0.7} / \cos^{-1} 0.7 \\ &= 1.429 / 45.573^\circ \\ &= 1 + j1.021\text{ MV A} \end{aligned}$$

ہم حقیقی طاقت تبدیل کئے بغیر 0.9 جزو طاقت درکار ہے جس پر مخلوط طاقت درج ذیل ہوگا۔

$$\begin{aligned} S_{\text{نہر}} &= \frac{P}{\text{pf}} / \cos^{-1} \text{pf} \\ &= \frac{1\,000\,000}{0.9} / \cos^{-1} 0.9 \\ &= 1.111 / 25.842^\circ \\ &= 1 + j0.482\text{ MV A} \end{aligned}$$

ان نتائج سے درکار متعالمی طاقت حاصل کرتے ہیں۔

$$Q_C = 1.021\text{ Mvar} - 0.482\text{ Mvar} = 0.539\text{ Mvar}$$

اس طرح 50 kvar استعداد کے برق گیر استعمال کرتے ہوئے $\frac{539 \text{ kvar}}{50 \text{ kvar}} = 10.78$ عدد برق گیر درکار ہوں گے۔ جزو طاقت بہتر بنانے والے برق گیر مختلف اکائیوں میں دستیاب ہیں۔ یوں 50 kvar کے اکائی میں دستیاب گیارہ عدد برق گیر نسب کیے جائیں گے۔

اگرچہ صنعت کار زیادہ برق گیر نسب کرتے ہوئے اکائی جزو طاقت بھی حاصل کر سکتا ہے لیکن اس کو ایسا کرنے سے کوئی اضافی فائدہ نہیں ہوگا۔ جرمانہ صرف 0.9 جزو طاقت سے کم پر عائد ہوتا ہے۔ جزو طاقت کو 0.9 سے بہت بہتر کرنے پر توانائی کی قیمت میں چھوٹ نہیں ملتی لہذا صنعت کار اضافی خرچہ نہیں کرے گا۔

مثال 9.18: پاکستان کی سب سے بڑی صنعت کپاس سے روئی کا دھاگا بناتی ہے۔ ایسی ایک صنعت کا جزو طاقت 0.84 امالی اور حقیقی طاقت 200 kW تھا جب نیا قانون نافذ ہوا جس کے تحت کم سے کم جزو طاقت 0.9 مقرر کیا گیا۔ اس صنعت کو کتنا برق گیر نسب کرنا پڑا۔

حل: شکل 9.30 کے طاقتی ٹکون سے گزشتہ متعاطی طاقت حاصل کرتے ہیں۔ جزو طاقت سے طاقتی ٹکون کا زاویہ $\cos^{-1} 0.84 = 32.86^\circ$ حاصل ہوتا ہے لہذا

$$Q_b = 200\,000 \tan 32.86^\circ = 129 \text{ kvar}$$

ہوگا۔ نئے قانون کے تحت $\cos^{-1} 0.9 = 25.84^\circ$ اور درکار Q درج ذیل ہے۔

$$Q_{\text{بہتر}} = 200\,000 \tan 25.84^\circ = 97 \text{ kvar}$$

یوں صنعت کار کو $129 \text{ kvar} - 97 \text{ kvar} = 32 \text{ kvar}$ درکار ہے۔

مشق 9.19: مثال 9.17 کے صنعت کار زیادہ محتاط ہیں۔ وہ جزو طاقت کو 0.7 سے بہتر کرتے ہوئے 0.95 امالی کرنا چاہتے ہیں۔ انہیں درکار متعاطی طاقت دریافت کریں۔ انہیں 50 kvar اکائی کے کتنے برق گیر نسب کرنے ہوں گے؟

جواب: 690 kvar ، 14 عدد

9.8 حفاظتی اقدام

برقی دباؤ اور طاقت کے بارے میں علم حاصل کرتے وقت ضروری ہے کہ ان سے لاحق خطرات اور ان خطرات سے بچنے کے حفاظتی اقدامات اور تدابیر پر بھی غور کیا جائے۔

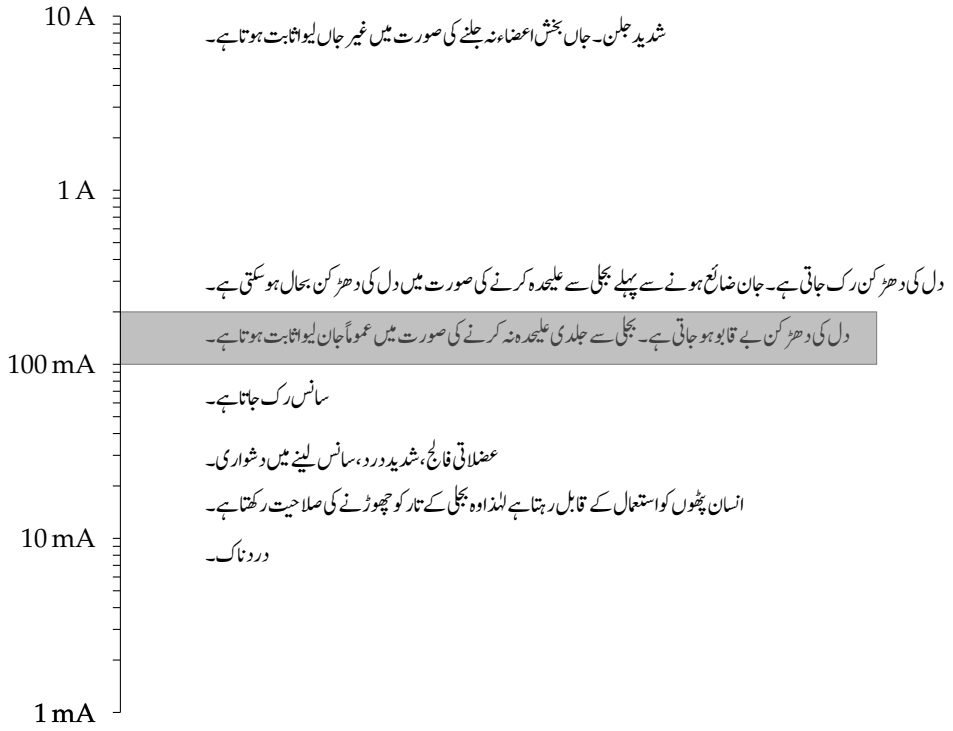
میں چھوٹا بچہ تھا جب مجھے پہلی مرتبہ بجلی کا جھٹکا لگا۔ آپ میں سے بیشتر طلباء بھی اس کٹھن تجربے سے گزر چکے ہوں گے۔ کسی بھی دو مختلف اجسام کے رگڑ سے ساکن دباؤ پیدا ہوتا ہے۔ اوئی بنیان اتارنے سے بنیان اور آپ کے جسم کے مابین 20 kV تا 40 kV کا ساکن دباؤ پیدا ہو سکتا ہے۔ آپ نے اندھرے میں اوئی بنیان اتارتے ہوئے شعلے ضرور دیکھے ہوں گے جو اسی ساکن دباؤ کی وجہ سے پیدا ہوتے ہیں۔ آپ کو اس ساکن دباؤ کے جھٹکے بھی لگے ہوں گے جن سے آپ کے جسم میں 40 A تک کی رو گزری ہوگی۔

شکل 9.31 برقی جھٹکے¹⁶ کی تفصیل بیان کرتا ہے۔

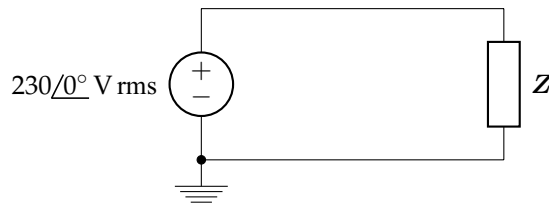
9.9 ایک دور کا نظام

گھریلو صارفین کو عموماً ایک دور طاقت مہیا کی جاتی ہے۔ ایک دور نظام کو شکل 9.32 میں دکھایا گیا ہے۔ اب تک تمام ادوار میں منبع طاقت سے بوجھ تک دو عدد تریسلی تار استعمال کئے گئے البتہ یہاں تین عدد تار استعمال کئے گئے ہیں۔

¹⁶ یہ نتائج چارلس ڈالزیل Charles F Dalziel نے حاصل کئے۔



شکل 9.31: برقی جھٹکے کے اثرات۔



شکل 9.32: ایک دور کا نظام۔