

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 برقی 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 درنگی	
489	9.8 برقی جھٹکا	
491	9.9 نم زمین	
492	9.10 ایک دور کا نظام	
497	9.11 حفاظتی تداویر	
499	10 مقناطیسی جڑے ادوار	
499	10.1 مشترکہ امالہ	

باب 10

مقناطیسی جرے ادوار

10.1 مشترکہ امالہ

شکل 10.1-الف میں N چکر کا چلھا¹ مقناطیسی مادے سے بنائے گئے قالب² پر لپیٹا گیا دکھایا گیا ہے۔ اس لچھے میں i رو گزر رہی ہے۔ ایکمیٹر کے قانون کے تحت رو کے گزرنے سے مقناطیسی میدان پیدا ہوتا ہے۔ یوں رو کے گزرنے سے لچھے میں ϕ مقناطیسی بہاو³ پیدا ہوتا ہے جسے ہلکی سیاہی میں نقطہ دار لکیر سے دکھایا گیا ہے۔

لچھے میں رو کی سمت اور مقناطیسی بہاو کی سمت کے تعلق پر غور کریں۔ ان کا تعلق دائیں ہاتھ کا قانون کہلاتا ہے۔ دائیں ہاتھ کا قانون درج ذیل ہے۔

اگر لچھے کو دائیں ہاتھ سے یوں پکڑا جائے کہ ہاتھ کی چار انگلیاں رو کی سمت میں پئیے جائیں تب اسی ہاتھ کا انگوٹھا بہاو کی سمت دے گا۔

مقناطیسی بہاو کو کسی مخصوص خطے میں رکھنے کی خاطر مقناطیسی قالب استعمال کیا جاتا ہے۔ مقناطیسی بہاو کے لئے مقناطیسی مادے سے گزرنے پر زیادہ آسان ثابت ہوتا ہے لہذا شکل 10.1-الف میں بہاو قالب کے اندر ہی رہتے ہوئے گھڑی کے سونیوں

coil¹
core²
magnetic flux³

کے گھومنے کی سمت میں گھومتا ہے۔ یوں مقناطیسی بہاؤ ϕ لچھے کے تمام چکروں کے اندر سے گزرتا ہے۔ لچھے کا ارتباط بہاؤ λ درج ذیل ہے۔

$$(10.1) \quad \lambda = N\phi$$

اس کتاب میں صرف خطی نظام پر غور کیا گیا ہے۔ خطی صورت میں ارتباط بہاؤ اور رو کا تعلق درج ذیل ہے

$$(10.2) \quad \lambda = Li$$

جہاں مساوات کے مستقل L کو خود امالہ⁵ یا امالہ کہتے ہیں۔ باب 6 میں امالہ پر غور کیا گیا ہے۔ درج بالا دو مساوات کو ملاتے ہوئے بہاؤ اور رو کا تعلق ملتا ہے۔

$$(10.3) \quad \phi = \frac{Li}{N}$$

قانون فیراڈے کے تحت بدلتی ارتباط بہاؤ لچھے میں امالی دباؤ پیدا کرتا ہے۔

$$(10.4) \quad v = \frac{d\lambda}{dt}$$

مساوات 10.2 کو درج بالا مساوات میں پر کرتے ہیں۔

$$v = \frac{d\lambda}{dt} = \frac{d(Li)}{dt} = L \frac{di}{dt} + i \frac{dL}{dt}$$

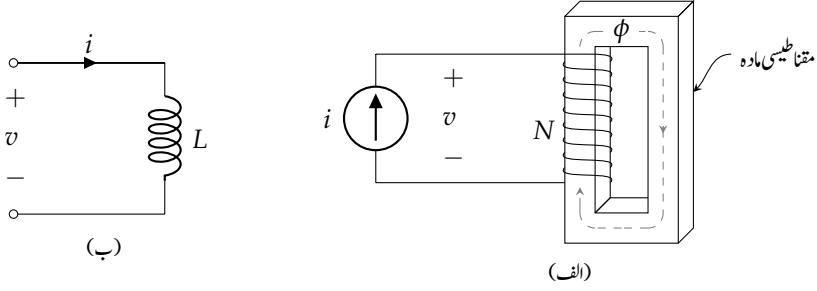
مستقل امالہ کی صورت میں اس مساوات سے امالہ کی جانی پہچانی درج ذیل مساوات حاصل ہوتی ہے۔

$$(10.5) \quad v = L \frac{di}{dt}$$

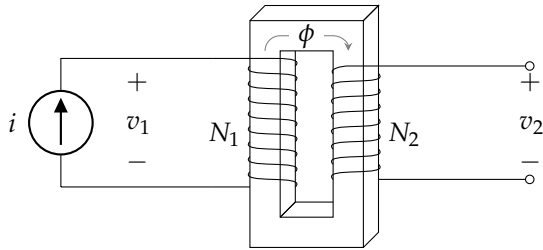
اس کتاب میں مستقل امالہ پر ہی غور کیا جائے گا۔ شکل 10.1-ب میں اس امالہ کو دکھایا گیا ہے۔ یہاں غور کریں کہ مزاحمت کی طرح امالہ کے دباؤ اور رو بھی انفعالی رائج سمت کے تحت ہیں۔ یوں امالہ میں رو مثبت دباؤ والے سر سے داخلی ہوتی ہے۔ مساوات 10.5 کہتا ہے کہ بدلتی رو کے گزرنے سے امالہ میں دباؤ پیدا ہوتا ہے۔

شکل 10.1-الف میں موجود لچھے کے قریب دوسرا لچھا رکھنے سے شکل 10.2 حاصل ہوتا ہے۔ دوسرے لچھے میں رو نہیں گزر رہی ہے۔ پہلے لچھے کا ارتباط بہاؤ درج ذیل ہے۔

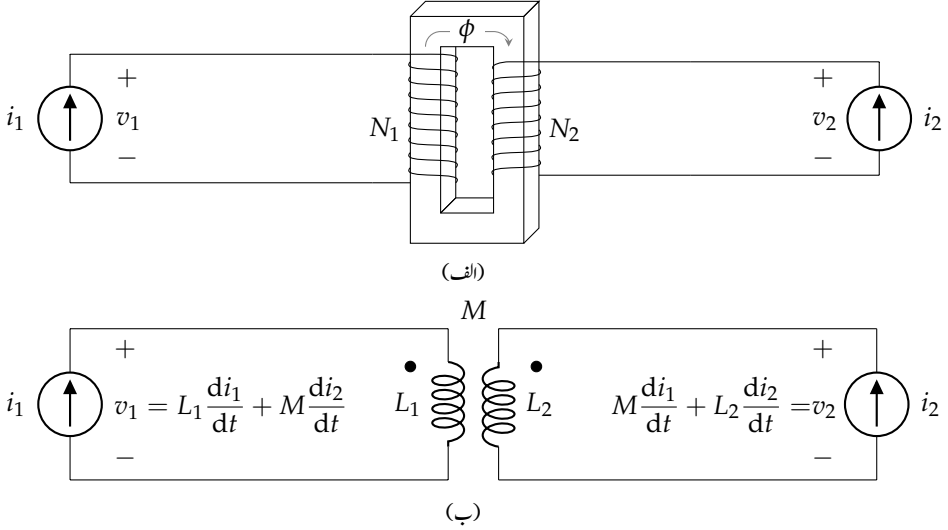
$$(10.6) \quad \lambda_1 = N_1\phi = L_1i_1$$



شکل 10.1: خود امالہ کی تعریف۔



شکل 10.2: لچھے مقناطیسی میدان کے ذریعے رابطے میں ہیں۔



شکل 10.3: قالب میں لچھوں کے بہاؤ ایک ہی سمت میں ہیں۔

بدلتی رو کی صورت میں ارتباط بہاؤ بھی وقت کے ساتھ تبدیل ہو گا۔ بدلتا ارتباط بہاؤ پہلے لچھے میں دباؤ $v_1 = \frac{d\lambda_1}{dt}$ پیدا کرے گا۔ متعدد لچھوں کی صورت میں L_1 کو خود امالہ⁶ کہا جاتا ہے۔

دوسرے لچھے کا ارتباط بہاؤ $\lambda_2 = N_2\phi$ ہے جو دوسرے لچھے میں قانون فیراڈے کے تحت درج ذیل دباؤ پیدا کرے گا۔

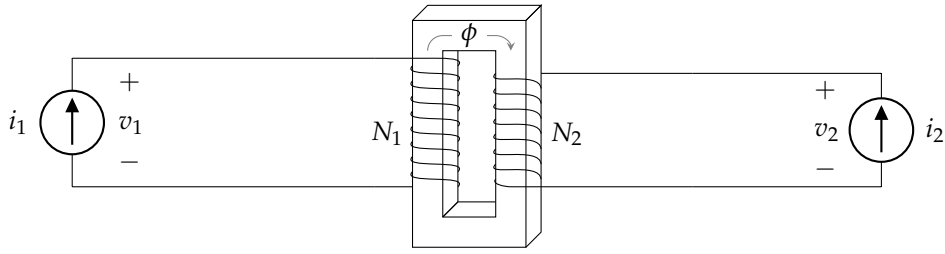
$$(10.7) \quad v_2 = \frac{d\lambda_2}{dt} = \frac{d}{dt} (N_2\phi) = \frac{d}{dt} \left(N_2 \frac{L_1 i_1}{N_1} \right) = \frac{N_2}{N_1} L_1 \frac{di_1}{dt} = L_{21} \frac{di_1}{dt}$$

دوسرے لچھے کا دباؤ پہلے لچھے کی رو کے وقتی تفرق کے راست تناسب ہے۔ راست تناسب کے مستقل L_{21} کو دونوں لچھوں کا مشترکہ امالہ⁷ کہا جاتا ہے جسے ہینری H میں ناپا جاتا ہے۔ ہم کہتے ہیں کہ یہ لچھے آپ میں مقناطیسی میدان کے ذریعہ رابطے میں ہیں۔ یوں ان لچھوں کو مربوط لچھے⁸ کہا جاتا ہے۔ شکل 10.3-الف میں دونوں لچھوں کو انفرادی منبع سے رو فراہم کی گئی ہے۔ دونوں لچھوں پر باری باری غور کریں۔ ان کی روادور قالب کے گرد لچھے کے چکروں کی سمت کو دیکھیں۔ انفرادی لچھے کی رو گھڑی کی سمت میں گھومتی بہاؤ پیدا کرتی ہے۔ اس طرح دونوں رول کر مقناطیسی بہاؤ ϕ

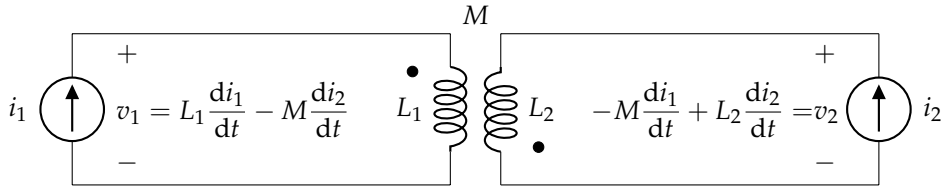
⁶ self inductance

⁷ mutual inductance

⁸ coupled coils



(الف)



(ب)

شکل 10.4: قالب میں لچھوں کے بہاؤ آپس میں الٹ سمت ہیں۔

پیدا کرتی ہیں۔ یوں لچھوں کی ارتباط بہاؤ درج ذیل ہوگی۔

$$(10.8) \quad \lambda_1 = L_1 i_1 + L_{12} i_2$$

$$(10.9) \quad \lambda_2 = L_{21} i_1 + L_2 i_2$$

فیراڈے کے قانون کے تحت لچھوں کے دہاؤ حاصل کرتے ہیں۔

$$(10.10) \quad v_1 = \frac{d\lambda_1}{dt} = L_1 \frac{di_1}{dt} + L_{12} \frac{di_2}{dt}$$

$$(10.11) \quad v_2 = \frac{d\lambda_2}{dt} = L_{21} \frac{di_1}{dt} + L_2 \frac{di_2}{dt}$$

ان مساوات میں $L_{12} = L_{21} = M$ کے برابر ہے جہاں مشترکہ امالہ کو M سے ظاہر کیا گیا ہے۔ لچھے کے دہاؤ کے دو اجزاء ہیں۔ پہلا جزو لچھے کی اپنی رو کی بنا ہے اور یہ خود جزو کہلاتا ہے۔ دوسرا جزو قریبی لچھے کی رو کے بنا ہے اور یہ مشترک جزو کہلاتا ہے۔

شکل 10.3- ب میں مربوط لچھوں کو ظاہر کرنا دکھایا گیا ہے۔ لچھوں کے انفرادی خود امالہ کو L_1 اور L_2 سے ظاہر کیا گیا ہے جبکہ ان کے مابین مشترکہ امالہ کو M سے ظاہر کیا گیا ہے۔

شکل 10.4- الف میں قالب کے گرد، دائیں لچھے کے چکر الٹائے گئے ہیں۔ یوں قالب میں بائیں لچھے کا بہاو گھڑی کی سمت میں گھومتا ہے جبکہ دائیں لچھے کا بہاو گھڑی کی الٹ سمت میں گھومتا ہے لہذا کل بہاو ϕ حاصل کرنے کی خاطر بائیں لچھے کے بہاو سے دائیں لچھے کا بہاو منفی کرنا ہو گا۔ اس طرح لچھوں کی ارتباط بہاو

$$(10.12) \quad \lambda_1 = L_1 i_1 - M i_2$$

$$(10.13) \quad \lambda_2 = -M i_1 + L_2 i_2$$

لکھی جائے گی اور ان کے دباو درج ذیل لکھے جائیں گے۔

$$(10.14) \quad v_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_2}{dt}$$

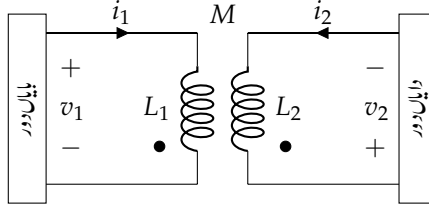
$$(10.15) \quad v_2 = -M \frac{di_1}{dt} + L_2 \frac{di_2}{dt}$$

شکل 10.3- الف میں دونوں لچھوں کی انفرادی بہاو کا مجموعہ قالب میں کل بہاو دیتا ہے جبکہ شکل 10.4- الف میں بائیں لچھے کے بہاو سے دائیں لچھے کا بہاو تفریق کرنے سے قالب میں کل بہاو ϕ حاصل ہوتا ہے۔ لچھوں میں رو کی سمت، قالب کے گرد چکر کی سمت اور قالب میں بہاو کی سمت کو نہایت عمدگی سے نقطوں کی مدد سے ظاہر کیا جاتا ہے۔ شکل 10.3- ب اور شکل 10.4- ب میں ان نقطوں کا استعمال دکھایا گیا ہے۔

انفرادی لچھے کی رو اور دباو کو انفعالی رائج سمت کے تحت چنیں۔ دونوں لچھوں میں نقطوں والے سر سے رو داخل ہونے کی صورت میں دباو کا مشترک جزو مثبت لکھا جاتا ہے جبکہ ایک لچھے کی رو نقطے والے سر اور دوسرے لچھے کی رو بے نقطے والے سر سے داخل ہونے کی صورت میں مشترک دباو منفی لکھا جاتا ہے۔ دونوں رو بے نقطے سروں سے داخل ہونے کی صورت میں مشترک دباو مثبت لکھا جائے گا۔ دباو کا خود جزو تمام صورتوں میں انفعالی رائج سمت کے تحت مثبت لکھا جاتا ہے۔ یوں شکل 10.3 میں مساوات 10.10 اور مساوات 10.11 دباو دیں گے جبکہ شکل 10.4 میں مساوات 10.14 اور مساوات 10.15 دباو دیں گے۔

مشترک امالہ کے کر خوف مساوات دباو نسبتاً زیادہ آسانی سے لکھے جاتے ہیں۔

مثال 10.1: شکل 10.5 میں دیے دور کے دونوں اطراف کے دباو کے مساوات لکھیں۔



شکل 10.5: مثال 10.1 کا دور۔

حل: بائیں جانب v_1 اور i_1 عین انفعالی رانج سمت کے تحت لکھے گئے ہیں۔ یوں دباؤ کا خود جزو مثبت لکھا جائے گا۔ دونوں لچھوں میں رو بے نقطے سروں سے داخل ہوتی ہے لہذا دباؤ کا مشترک جزو مثبت لکھا جائے گا۔ یوں بائیں جانب کرخوف کی مساوات درج ذیل ہوگی۔

$$v_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}$$

دائیں جانب v_2 اور i_2 انفعالی رانج سمت کے تحت نہیں چننے گئے ہیں۔ یوں دباؤ کے اجزاء لکھتے ہوئے اس کا خیال رکھا جائے گا۔ دوسرے لچھے کی مساوات درج ذیل

$$-v_2 = L_2 \frac{di_2}{dt} + M \frac{di_1}{dt}$$

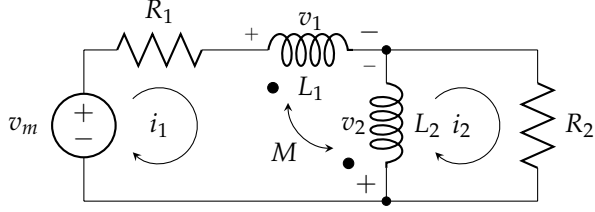
یعنی

$$v_2 = -M \frac{di_1}{dt} - L_2 \frac{di_2}{dt}$$

لکھی جائے گی۔

مثال 10.2: شکل 10.6 کے دور کے کرخوف مساوات دباؤ لکھیں۔

حل: مشترکہ امالہ کے انفرادی دباؤ کی نشاندہی v_1 اور v_2 سے کی گئی ہے جنہیں بالترتیب i_1 اور i_2 کو دیکھتے ہوئے انفعالی رانج سمت کے تحت چننا گیا ہے۔ امالہ L_1 کے دباؤ کے دو اجزاء ہیں۔ اس کے خود جزو $L_1 \frac{di_1}{dt}$ ہے۔ امالہ L_2



شکل 10.6: مثال 10.2 کا دور۔

میں رو امالہ L_1 کے دباؤ کا مشترک جزو دیتی ہے۔ امالہ L_2 کے نقطے والے سر سے کل داخلی ہونے والی رو $i_2 - i_1$ لکھی جاسکتی ہے جو L_1 کے نقطے والے سر پر مثبت دباؤ پیدا کرتی ہے۔ یوں L_1 کا مشترک جزو $M \frac{d}{dt}(i_2 - i_1)$ ہے۔ اس طرح پہلے امالہ کے لئے درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$(10.16) \quad v_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{d}{dt}(i_2 - i_1)$$

امالہ L_2 کا خود جزو $L_2 \frac{d}{dt}(i_2 - i_1)$ ہے۔ امالہ L_1 کے نقطے والے سر سے i_1 داخل ہوتا ہے جو امالہ L_2 کے نقطے والے سر پر مثبت دباؤ پیدا کرے گا۔ یوں L_2 کے دباؤ کا مشترک جزو $M \frac{di_1}{dt}$ ہو گا۔ یوں درج ذیل لکھا جاسکتا ہے۔

$$(10.17) \quad v_2 = L_2 \frac{d}{dt}(i_2 - i_1) + M \frac{di_1}{dt}$$

اب دور کو دیکھتے ہوئے کرخوف مساوات لکھتے ہیں۔

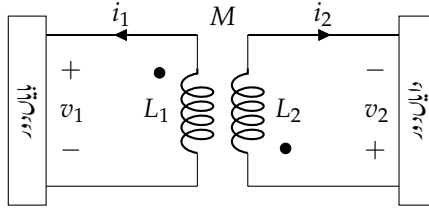
$$(10.18) \quad v_m = i_1 R_1 + v_1 - v_2$$

$$(10.19) \quad 0 = v_2 + i_2 R_2$$

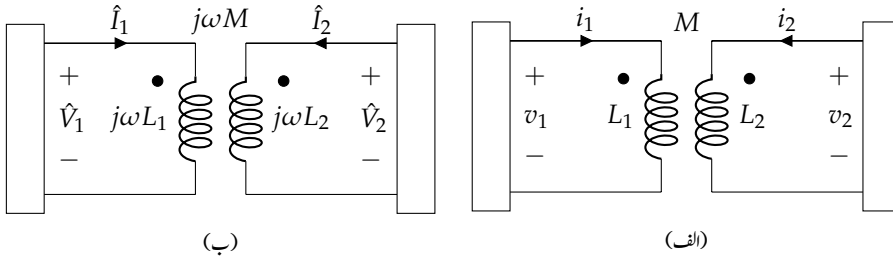
ان میں مساوات 10.16 اور مساوات 10.17 پر کرتے ہوئے جواب لکھتے ہیں۔

$$(10.20) \quad v_m = i_1 R_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{d}{dt}(i_2 - i_1) - L_2 \frac{d}{dt}(i_2 - i_1) - M \frac{di_1}{dt}$$

$$(10.21) \quad 0 = L_2 \frac{d}{dt}(i_2 - i_1) + M \frac{di_1}{dt} + i_2 R_2$$



شکل 10.7: مشق 10.1 کا دور۔



شکل 10.8: وقتی دائرہ کار سے تعددی دائرہ کار کا حصول۔

مشق 10.1: شکل 10.7 میں دیے دور کے دونوں اطراف کے دباؤ لکھیں۔

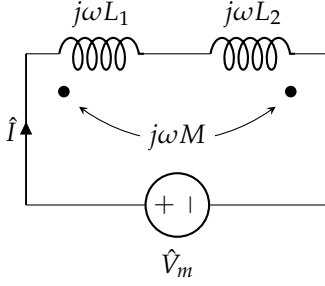
$$\text{جوابات: } v_2 = L_2 \frac{di_2}{dt} - M \frac{di_1}{dt}, \quad v_1 = -L_1 \frac{di_1}{dt} + M \frac{di_2}{dt}$$

شکل 10.8-الف میں وقتی دائرہ کار کا دور جبکہ شکل-ب میں اسی کو تعددی دائرہ کار کی صورت میں دکھایا گیا ہے۔ شکل-ب کے کرخوف مساوات درج ذیل ہیں۔

$$\hat{V}_1 = j\omega L_1 \hat{I}_1 + j\omega M \hat{I}_2$$

$$\hat{V}_2 = j\omega M \hat{I}_1 + j\omega L_2 \hat{I}_2$$

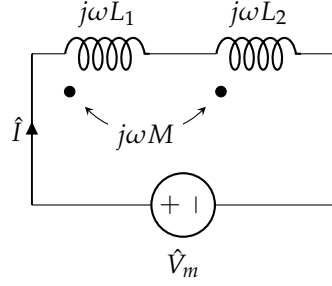
$$L_{\text{مساوی}} = L_1 + L_2 - 2M$$



(ب)

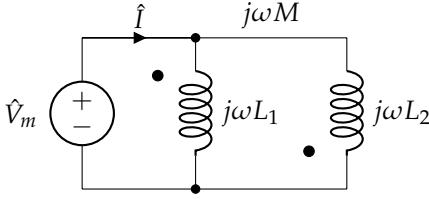
$$L_{\text{مساوی}} = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2M}$$

$$L_{\text{مساوی}} = L_1 + L_2 + 2M$$

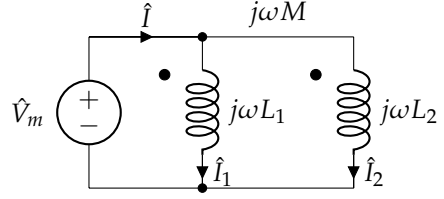


(الف)

$$L_{\text{مساوی}} = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$$



(ت)



(پ)

شکل 10.9: دو مربوط لچھوں کے چار ممکنہ ادوار اور ان کا مساوی امالہ۔

مثال 10.3: دو عدد مربوط لچھے چار مختلف طریقوں سے آپس میں جوڑے جاسکتے ہیں جنہیں شکل 10.9 میں دکھایا گیا ہے۔ چاروں صورتوں میں ان کا مساوی امالہ حاصل کریں۔ شکل میں ان مساوی امالہ $L_{\text{مساوی}}$ کو بھی لکھا گیا ہے۔

حل: شکل 10.9-الف کو دیکھتے ہوئے کر خوف مساوات دباؤ لکھتے ہیں

$$\begin{aligned} \hat{V}_m &= j\omega L_1 \hat{I} + j\omega M \hat{I} + j\omega L_2 \hat{I} + j\omega M \hat{I} \\ &= j\omega \hat{I} (L_1 + L_2 + 2M) \\ &= j\omega \hat{I} L_{\text{مساوی}} \end{aligned}$$

جہاں آخری قدم پر توسین میں بند جزو کو مساوی امالہ مساوی L کہا گیا ہے۔

$$(10.22) \quad L_{\text{مساوی}} = L_1 + L_2 + 2M$$

شکل 10.9-ب کو دیکھتے ہوئے کرخوف مساوات دہاؤ لکھتے ہیں

$$\begin{aligned} \hat{V}_m &= j\omega L_1 \hat{I} - j\omega M \hat{I} + j\omega L_2 \hat{I} - j\omega M \hat{I} \\ &= j\omega \hat{I} (L_1 + L_2 - 2M) \\ &= j\omega \hat{I} L_{\text{مساوی}} \end{aligned}$$

جہاں آخری قدم پر توسین میں بند جزو کو مساوی امالہ مساوی L کہا گیا ہے۔

$$(10.23) \quad L_{\text{مساوی}} = L_1 + L_2 - 2M$$

شکل 10.9-پ کو دیکھتے ہوئے دونوں لچھوں کے مساوات لکھتے ہیں۔

$$\begin{aligned} \hat{V}_m &= j\omega L_1 \hat{I}_1 + j\omega M \hat{I}_2 \\ \hat{V}_m &= j\omega L_2 \hat{I}_2 + j\omega M \hat{I}_1 \end{aligned}$$

ان دو عدد ہمزاد مساوات کو حل کرتے ہوئے درج ذیل ملتا ہے۔

$$\begin{aligned} \hat{I}_1 &= \frac{\hat{V}_m (L_2 - M)}{j\omega (L_1 L_2 - M^2)} \\ \hat{I}_2 &= \frac{\hat{V}_m (L_1 - M)}{j\omega (L_1 L_2 - M^2)} \end{aligned}$$

کرخوف مساوات رو سے $\hat{I} = \hat{I}_1 + \hat{I}_2$ لکھا جاسکتا ہے جس میں درج بالا حاصل شدہ نتائج پر کرتے ہوئے ترتیب دیتے ہیں

$$\begin{aligned} \hat{I} &= \hat{I}_1 + \hat{I}_2 \\ &= \frac{\hat{V}_m (L_1 + L_2 - M)}{j\omega (L_1 L_2 - M^2)} \\ &= \frac{\hat{V}_m}{j\omega L_{\text{مساوی}}} \end{aligned}$$

جہاں آخری قدم پر مساوی امالہ کی نشاندہی کی گئی ہے یعنی

$$(10.24) \quad L_{\text{مساوی}} = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$$

مشق 10.2: شکل 10.9-ت میں دیے دور کا مساوی امالہ دریافت کریں۔

جواب:

$$(10.25) \quad L_{\text{مساوی}} = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2M}$$