MANYETİK BAĞLI DEVRELER

ÖĞRENME HEDEFLERİ

Ortak (Karşılıklı) İndüktans
Ortak bir manyetik alanı paylaşan indüktörlerin davranışı

Enerji Analizi
Ortak indüktanslı devrelerde depolanan toplam enerjiyi belirleme

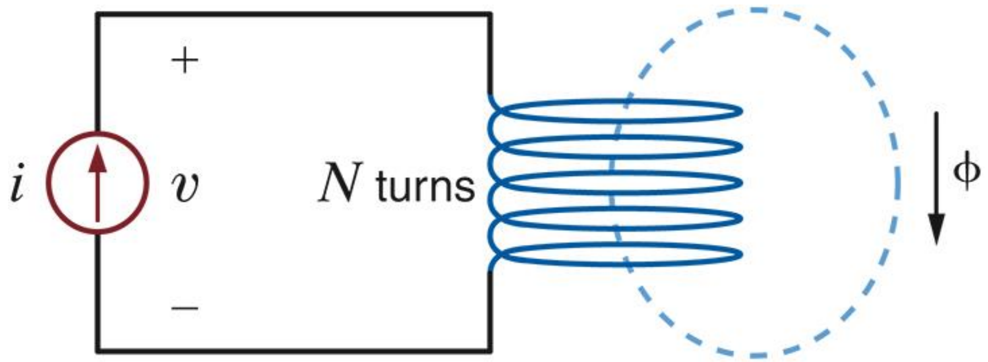
İdeal transformatör
Gerilimi ve/veya akım seviyelerini değiştirmek için kullanılan cihaz modelleme bileşenleri

Güvenlik Hususları
Transformatörlü devrelerin güvenli çalışması için önemli konular

TEMEL KAVRAMLAR (hatırlatma)

Önce, N sarımlı bir sargı düşünelim (tek bir indüktör). Bu sargıdan i akımı aktığında, etrafında bir manyetik akı ϕ üretilir

Faraday yasasına göre, sargıda indüklenen gerilim v; sarım sayısı N ve manyetik akı ϕ'nin zamana göre değişim oranı ile orantılıdır



$$v = N\frac{d\phi}{dt}$$

Faraday'ın Indüksiyon Yasası

Manyatik akı ϕ, i akımı tarafından üretilir, böylece ϕ'deki herhangi bir değişiklik akımdaki bir değişikliğin sonucudur.

$$v = N\frac{d\phi}{di}\frac{di}{dt} \qquad v = L\frac{di}{dt}$$

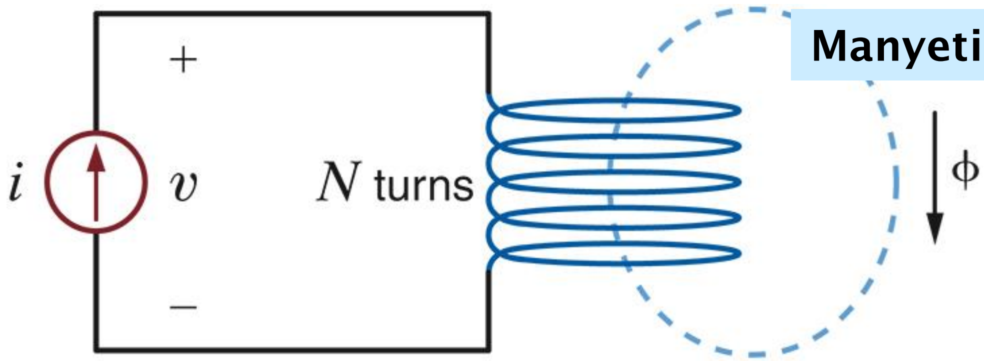
Bu indüktör için gerilim akım ilişkisidir

Denklemlere göre, indüktörün indüktansı L ;

$$L = N\frac{d\phi}{di}$$

Bu indüktansa öz indüktans denir, çünkü bir sargıda indüklenen gerilim aynı sargıda zamanla değişen bir akım ile ilişkilidir.

TEMEL KAVRAMLAR (özet)



Manyetik alan

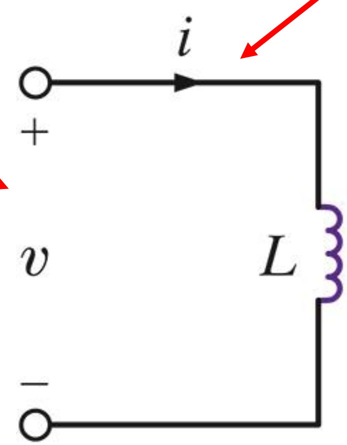
$\lambda = N\phi$ N-sarımlı sargıda toplam manyetik akı

$\lambda = Li$ Amper Yasası (Lineer model)

$$\lambda = Li = N\phi$$

$$\phi = \frac{L}{N} i$$

$v = \frac{d\lambda}{dt}$ Faraday'ın Indüksiyon Yasası



$$v = L\frac{di}{dt}$$

Sabit L ve lineer model kabul edildiğinde!

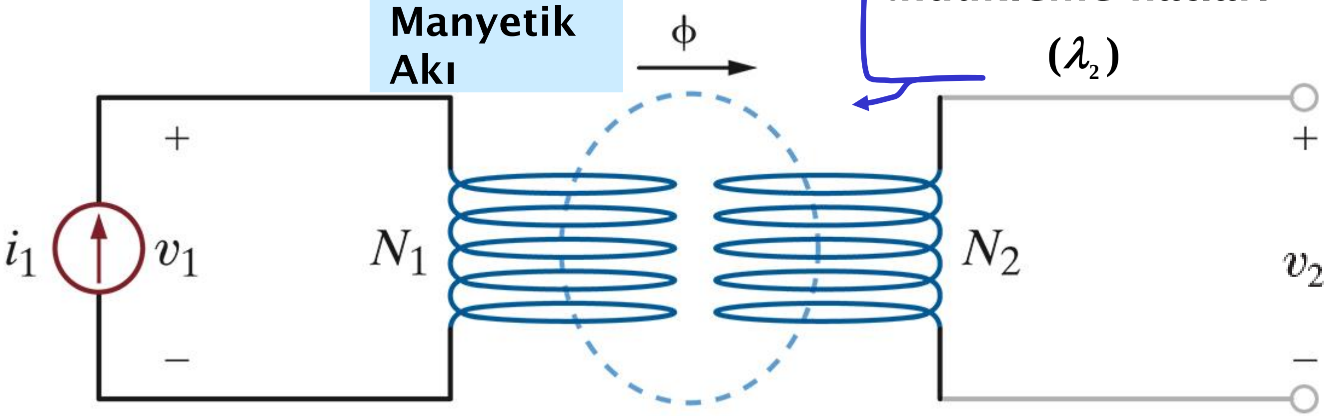
Ideal Indüktör

ORTAK İNDÜKTANS

İndüksiyon Kanunlarına Genel Bir Bakış

İkinci sargıda indükleme hatları (λ_2)

Manyetik Akı



$$v_2 = \frac{d\lambda_2}{dt} = \frac{d}{dt}(N_2\phi)$$

Toplam manyetik aki

$$\lambda = N\phi \text{(webers)}$$

$$= \frac{d}{dt}\left(N_2\left(\frac{L_1}{N_1}i_1\right)\right) = \frac{N_2}{N_1}L_1\frac{di_1}{dt} = L_{21}\frac{di_1}{dt}$$

Eğer toplam manyetik akı sargıdan geçen akımla meydana gelirse …

$\lambda = Li$ (Amper Kanunu)

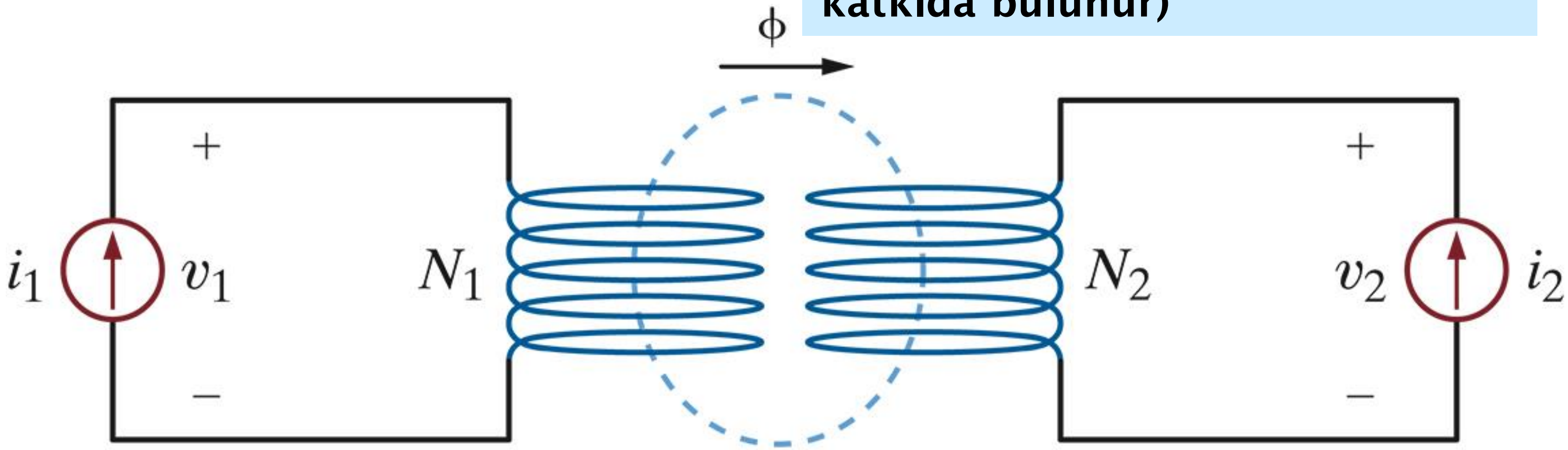
Elemanın uçlarında meydana gelen gerilim

$$v = L\frac{di}{dt}$$ (Faraday'ın indüksiyon kanunu)

Ortak indüktans etkisine sahiptir.

İKi SARGILI SiSTEM

(her iki akım da manyetik akıya katkıda bulunur)



$$\lambda_1 = L_1 i_1 + L_{12} i_2$$

$$\lambda_2 = L_{21} i_1 + L_2 i_2$$

$$v_1 = \frac{d\lambda_1}{dt} = \boxed{L_1 \frac{di_1}{dt}} + \boxed{L_{12} \frac{di_2}{dt}}$$

$$v_2 = \frac{d\lambda_2}{dt} = \boxed{L_{21} \frac{di_1}{dt}} + \boxed{L_2 \frac{di_2}{dt}}$$

Öz indükleme | Ortak indükleme

$$L_{12} = L_{21} = M$$

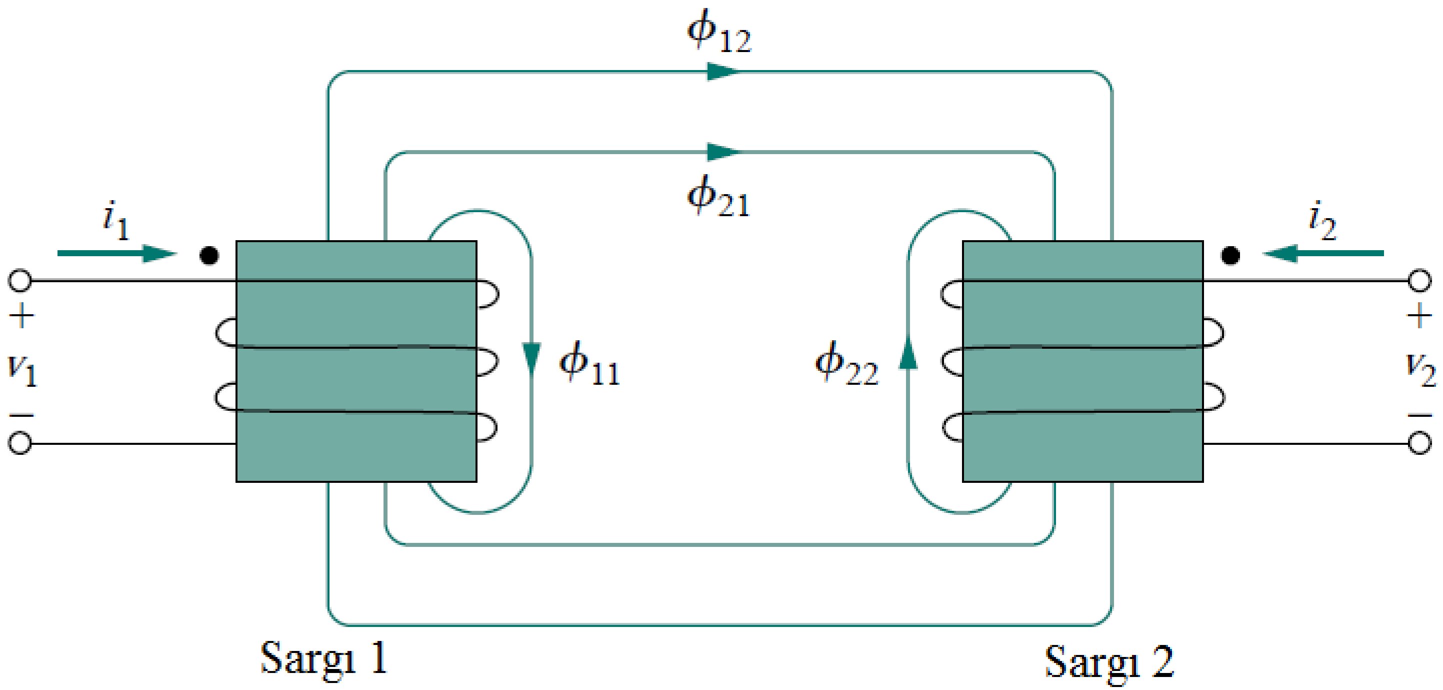
Lineer model gösterimi basitleştirir

Ortak indüktans, bir indüktörün komşu bir indüktörde gerilim oluşturabilme yeteneğidir ve Henry (H) olarak ölçülür.

NOKTA KURALI (GÖSTERİMİ)

FARKLI SARIMLI VE MANYETİK BAGLI SARGILAR

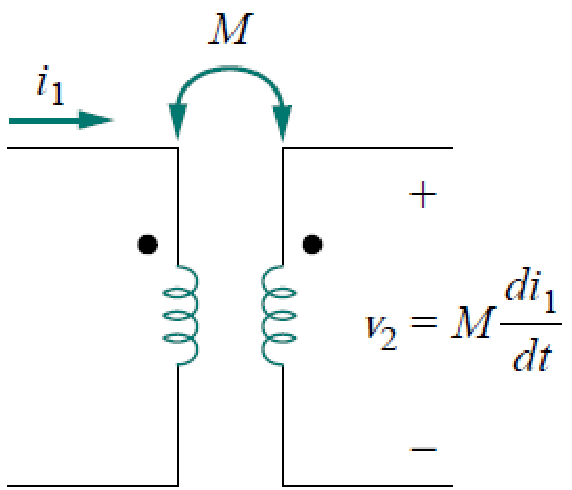
Ortak indüktans M her zaman pozitif bir değer olmasına rağmen, (M di/dt)' den dolayı oluşan gerilim negatif veya pozitif olabilir.

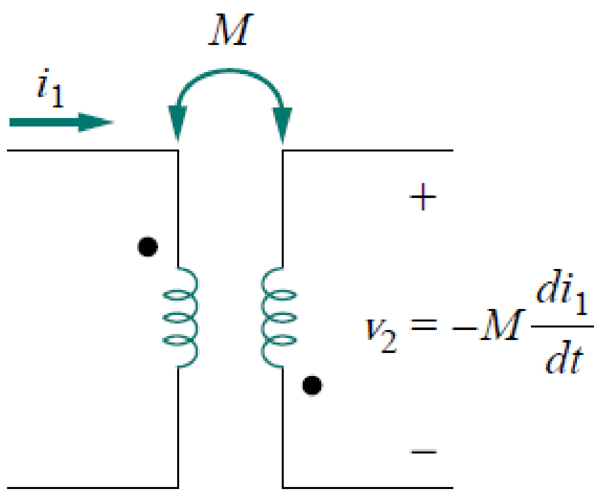


Manyetik akı yönünü belirtmek için manyetik bağlı sargıların her birinin bir ucuna bir nokta yerleştirilir, eğer akım sargının belirtilen noktalı terminaline giriyorsa

NOKTA KURALI (GÖSTERİMİ)

Bir sargının noktalı terminaline bir akım girerse, ikinci sargıdaki ortak indükleme geriliminin referans kutbu, ikinci sargının noktalı terminalinde pozitiftir.

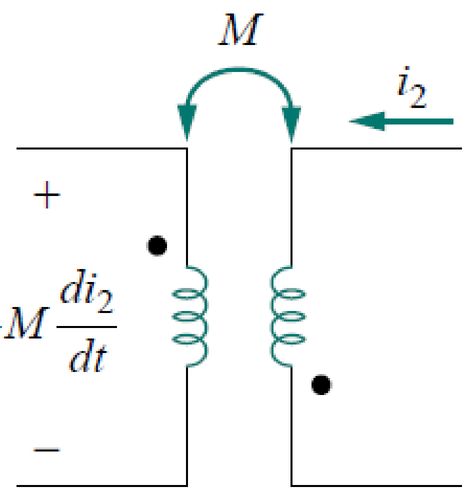




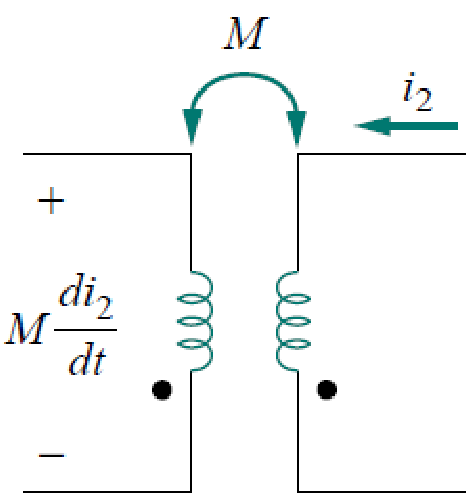
NOKTA KURALI (GÖSTERİMİ)

Bir sargının noktalı terminalinden bir akım ayrılıyorsa, ikinci sargıdaki ortak indükleme geriliminin referans kutbu, ikinci sargının noktalı terminalinde negatiftir.

$$v_1 = -M\frac{di_2}{dt}$$

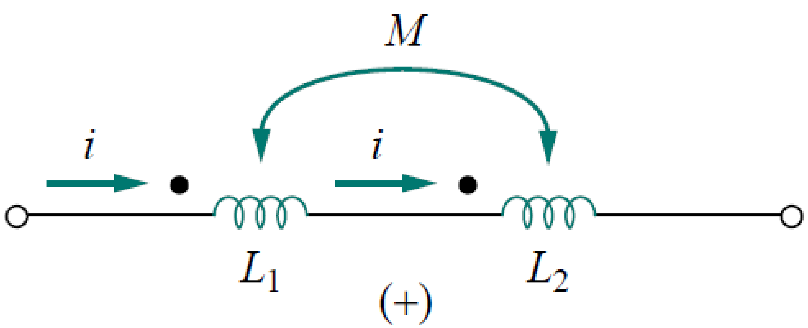


$$v_1 = M\frac{di_2}{dt}$$

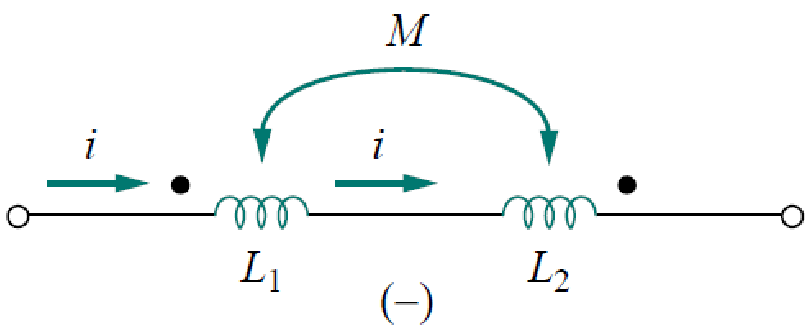


NOKTA KURALI (GÖSTERİMİ)

Seri bağlı sargılar için nokta kuralı
(+), (-) işaretler, ortak indükleme geriliminin kutbunu belirtir



(a)

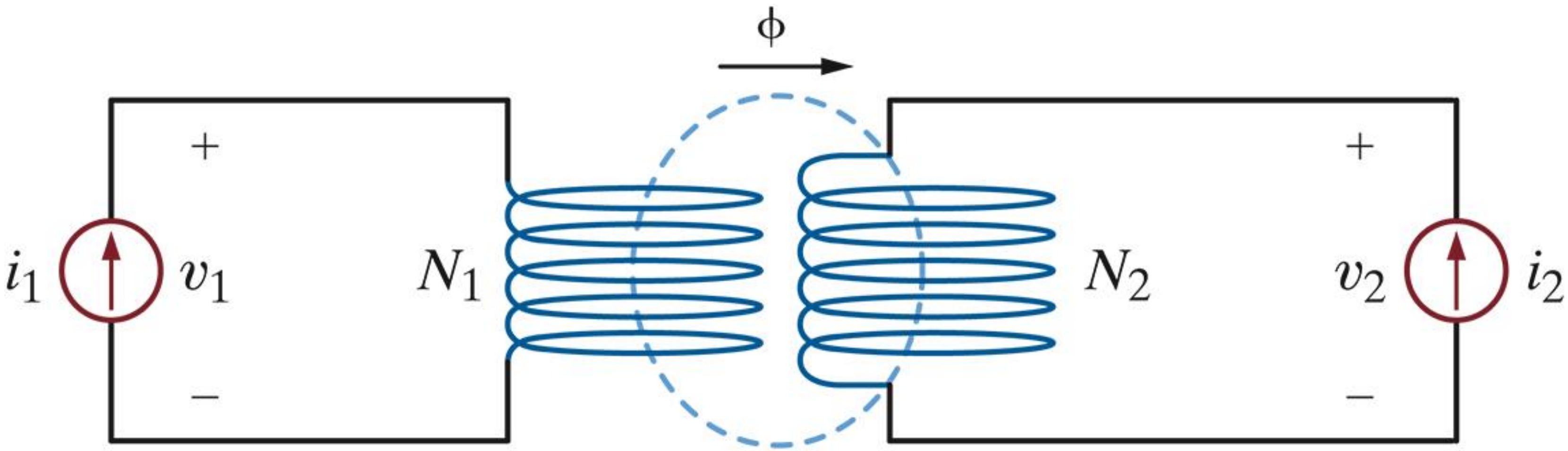


(b)

(a) seri destek bağlantısı, (b) seri karşıt bağlantı

NOKTA KURALI (Özet)

FARKLI SARIMLI VE MANYETİK BAGLI SARGILAR



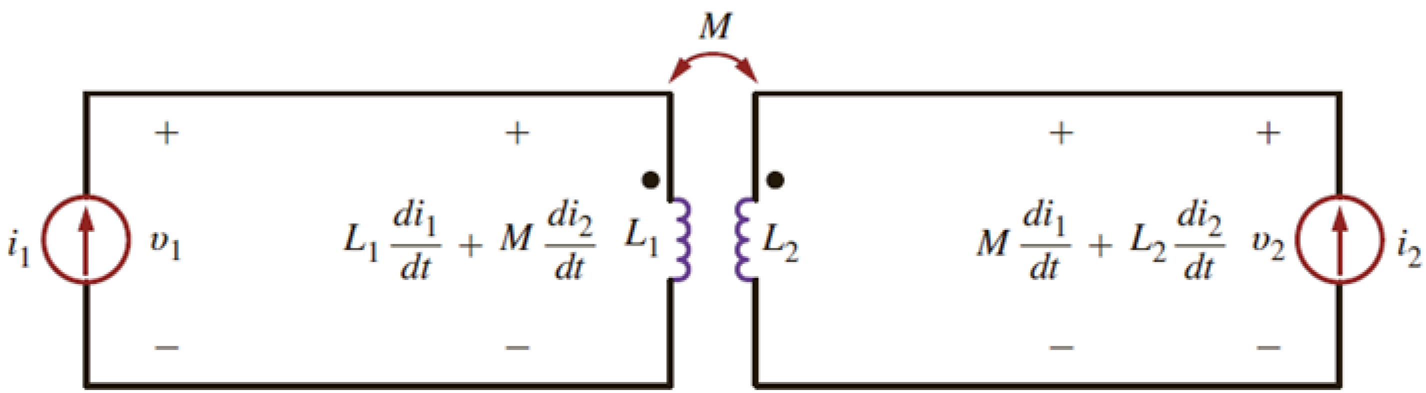
$$\lambda_1 = L_1 i_1 - M i_2 \qquad \lambda_2 = -M i_1 + L_2 i_2$$

$$v_1 = \frac{d\lambda_1}{dt} = L_1 \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_2}{dt}$$

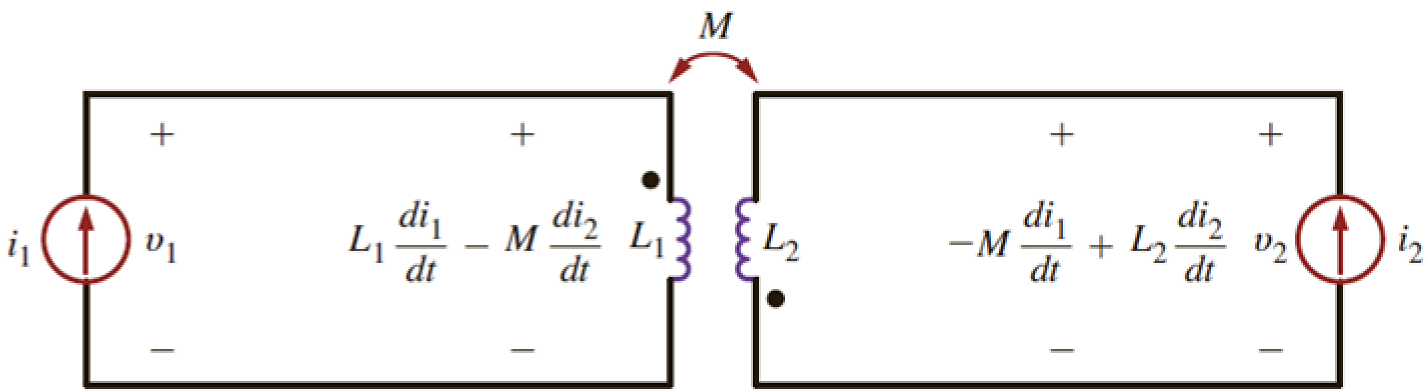
$$v_2 = \frac{d\lambda_2}{dt} = -M \frac{di_1}{dt} + L_2 \frac{di_2}{dt}$$

NOKTA KURALI (Özet)

FARKLI SARIMLI VE MANYETİK BAGLI SARGILAR



(a)

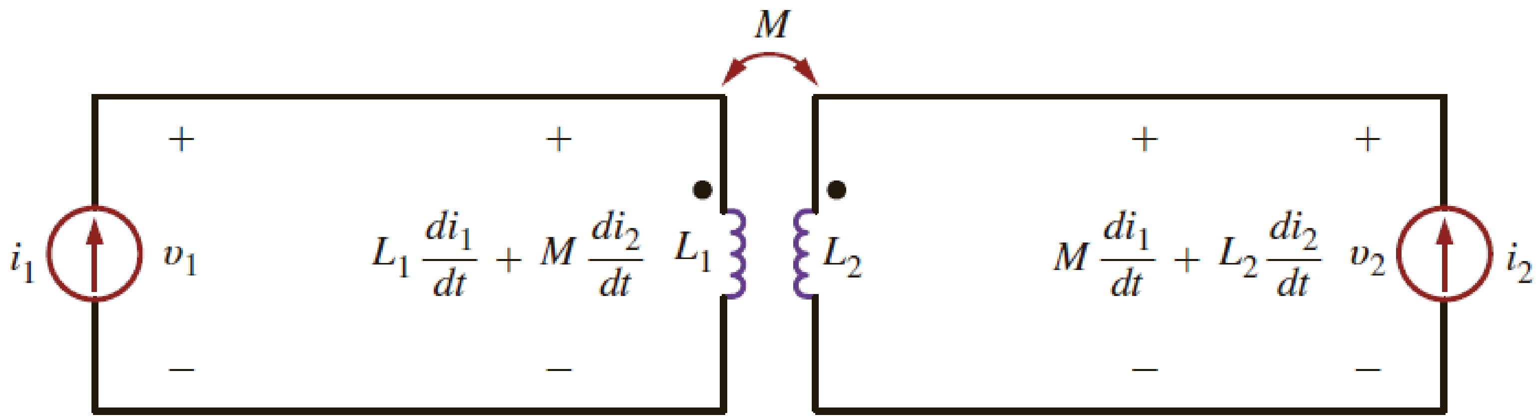


(b)

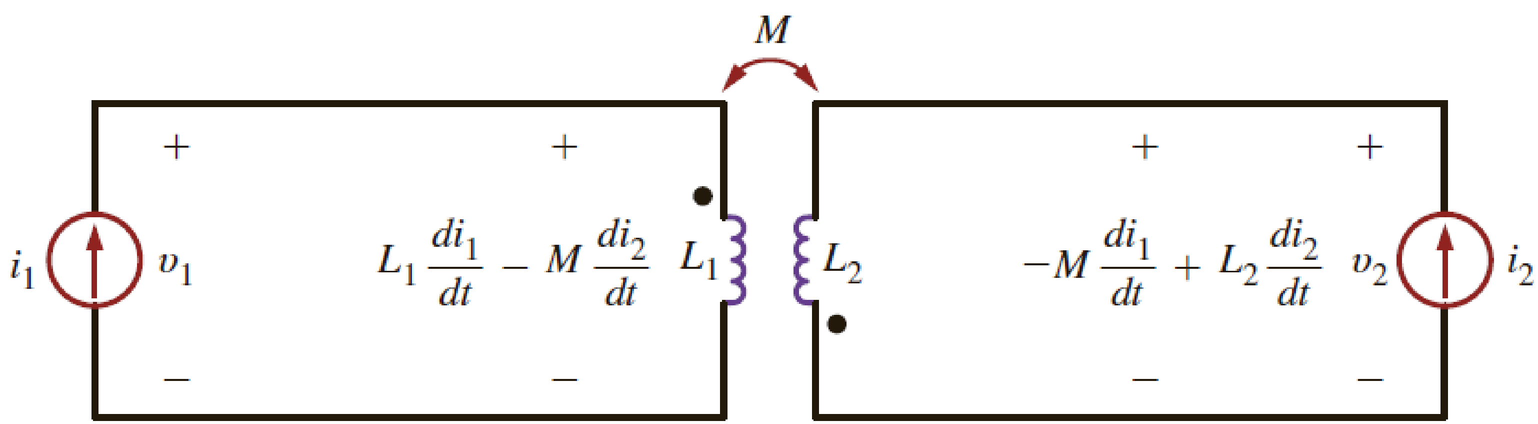
Noktalar her bir manyetik akı tarafından indüklenen gerilimlerin referans kutuplarını işaret eder.

NOKTA KURALI (Özet)

FARKLI SARIMLI VE MANYETİK BAGLI SARGILAR



(a)



(b)

GENELLEŞTİRMELER

n tane devrenin etkileşimde olduğunu farz edelim

$$\lambda_i = \sum_{j=1}^{n} \lambda_{ij}$$

$\lambda_i =$ **devre** i **'deki toplam manyetik aki**

$\lambda_{ij} =$ **devre** j **'nin akimi tarafindan devre** i **'de olusturulan toplam manyetik aki**

Lineer indüktör modelleri icin

$$\lambda_{ij} = L_{ij} i_j$$

$L_{ii} =$ **devre** i **'nin "self (öz) indüktansi"**

$L_{ij} = L_{ji} =$ i **ve** j **devreleri arasindaki ortak indüktans**

Özel durum ***n=2***

$$\lambda_1 = L_{11} i_1 + L_{12} i_2$$

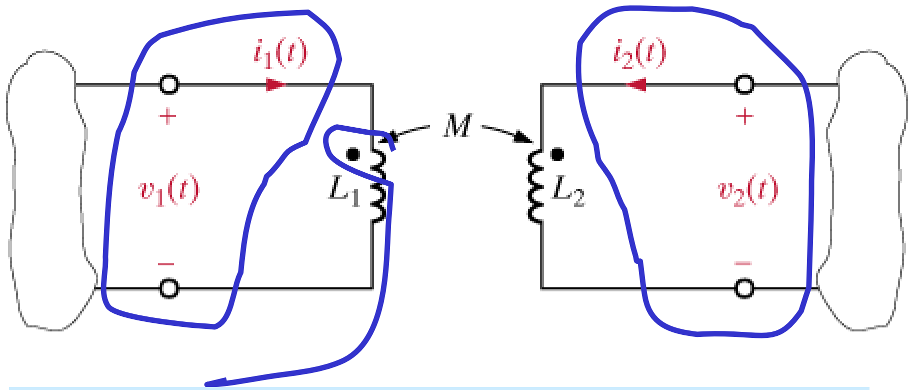
$$\lambda_2 = L_{21} i_1 + L_{22} i_2$$

Lineer Model:

$$L_{12} = L_{21}$$

NOKTA KURALI (TEKRAR)

Akımlar ve gerilimler pasif işaret kuralına göredir.



Manyetik akı 2`nin indüklediği gerilim nokta`da (+) potansiyeldedir.

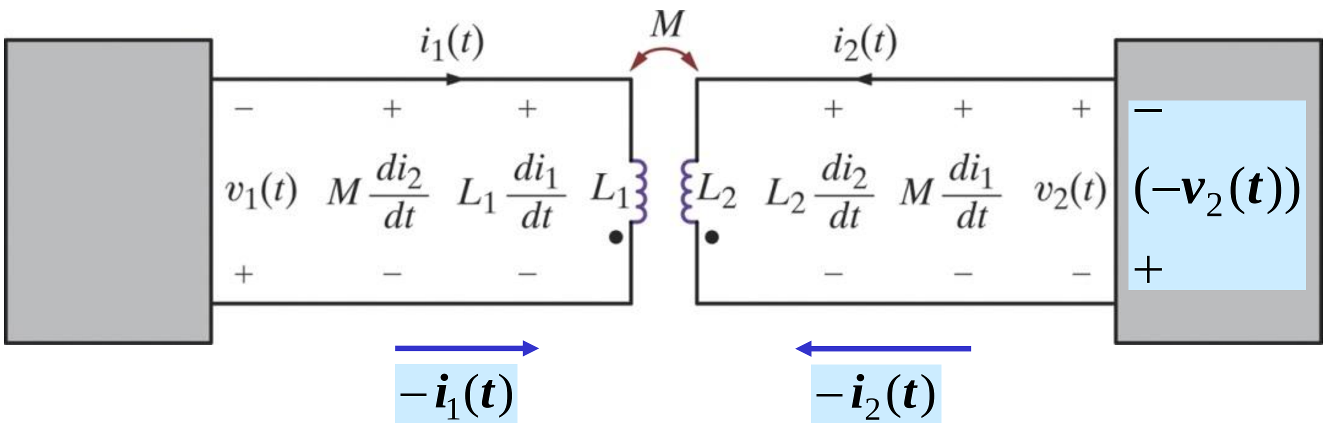
$$v_1(t) = L_1 \frac{di_1}{dt}(t) + M \frac{di_2}{dt}(t)$$

$$v_2(t) = M \frac{di_1}{dt}(t) + L_2 \frac{di_2}{dt}(t)$$

Diğer durumlarda;
bu temel duruma dönüştürmek için kutupları veya akım yönlerini değiştirin

NOKTA KURALI (TEKRAR)

ÖRNEK



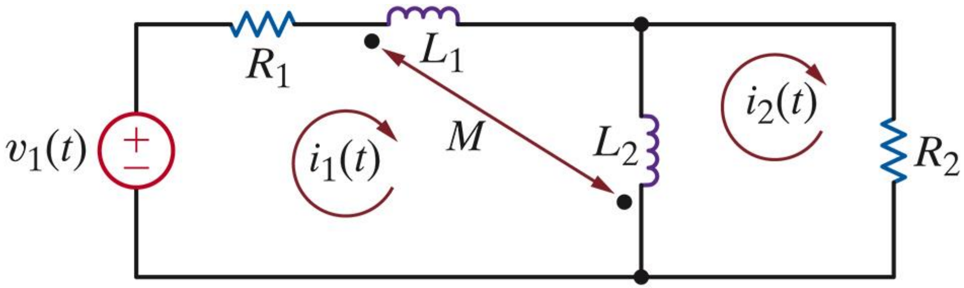
$$v_1(t) = L_1\left(-\frac{di_1}{dt}\right) + M\left(-\frac{di_2}{dt}\right)$$

$$-v_2(t) = M\left(-\frac{di_1}{dt}\right) + L_2\left(-\frac{di_2}{dt}\right)$$

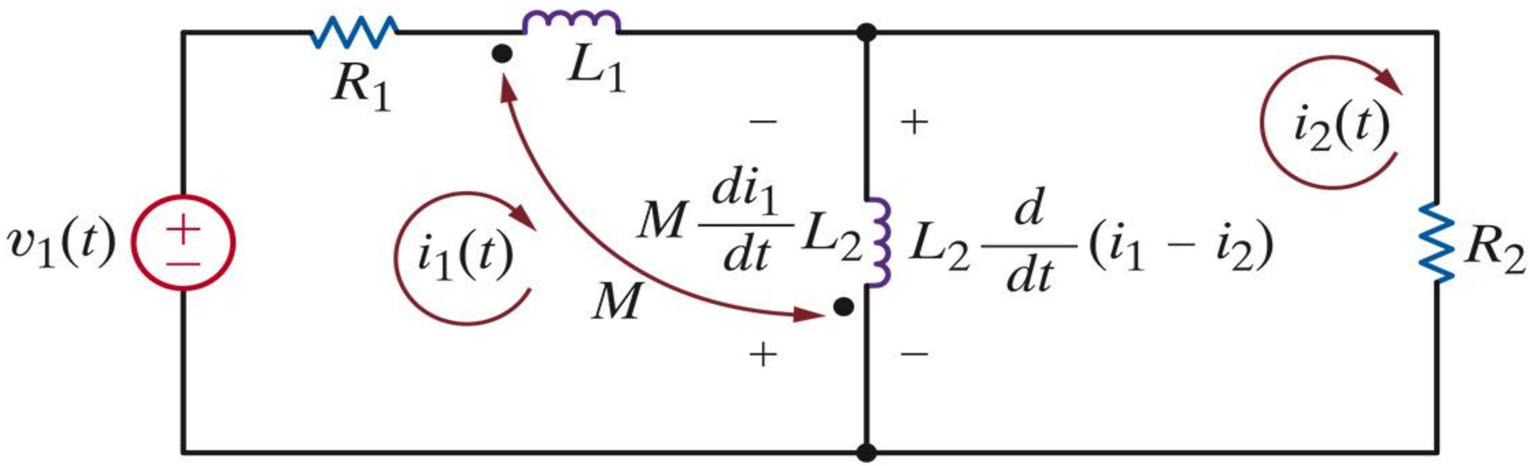
$$v_1 = -L_1\frac{di_1}{dt} - M\frac{di_2}{dt}$$

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

ÖRNEK **Belirlenen çevre akımlarına göre Çevre Denklemlerini yazın**

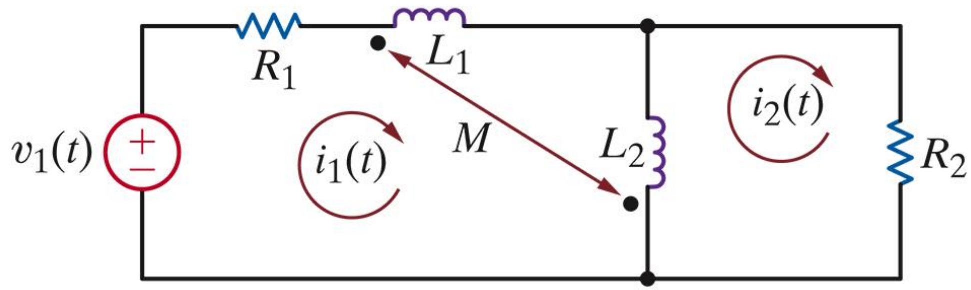


Çevre 1



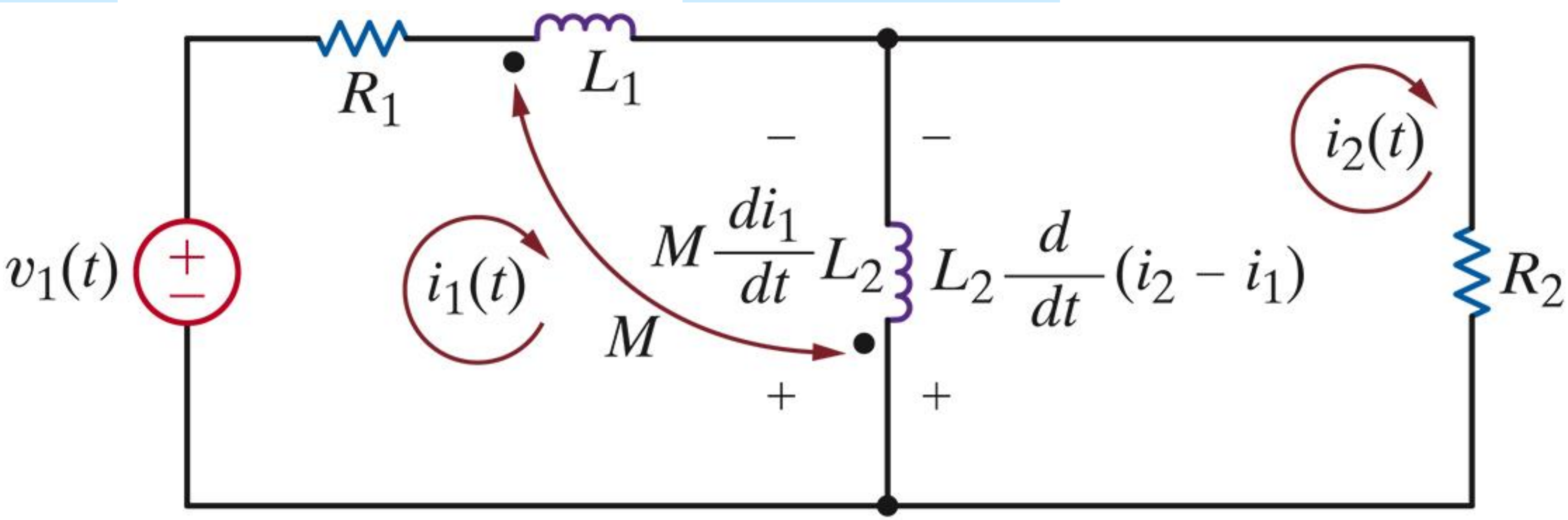
$$v_1(t) = R_1 i_1(t) + L_1\frac{di_1}{dt} + M\frac{d}{dt}(i_2 - i_1) + L_2\frac{d}{dt}(i_1 - i_2) - M\frac{di_1}{dt}$$

ÖRNEK - DEVAM



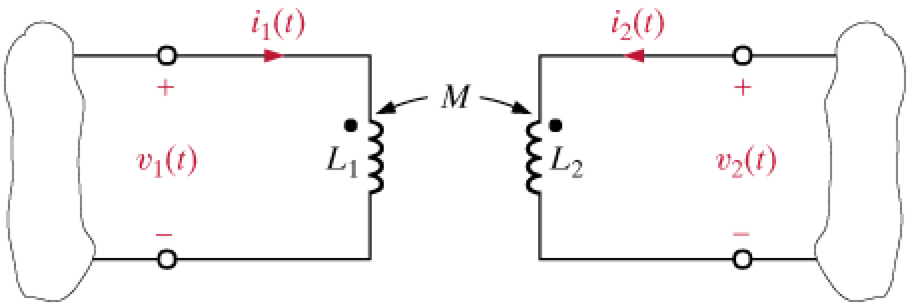
Çevre 2

Gerilim Terimleri



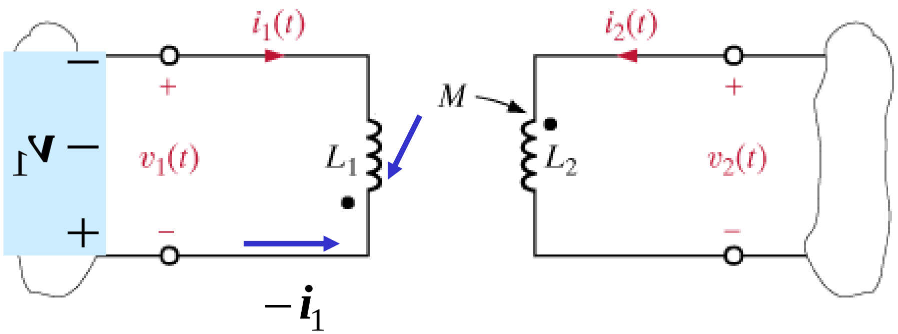
$$R_2 i_2(t) + L_2 \frac{d}{dt}\left(i_2 - i_1\right) + M\frac{di_1}{dt} = 0$$

Nokta kuralı ile igili değişik örnekler



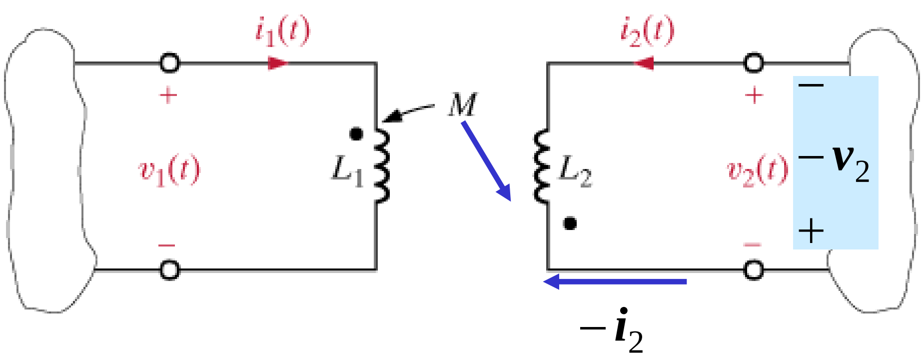
$$v_1(t) = L_1 \frac{di_1}{dt}(t) + M \frac{di_2}{dt}(t)$$

$$v_2(t) = M \frac{di_1}{dt}(t) + L_2 \frac{di_2}{dt}(t)$$



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

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



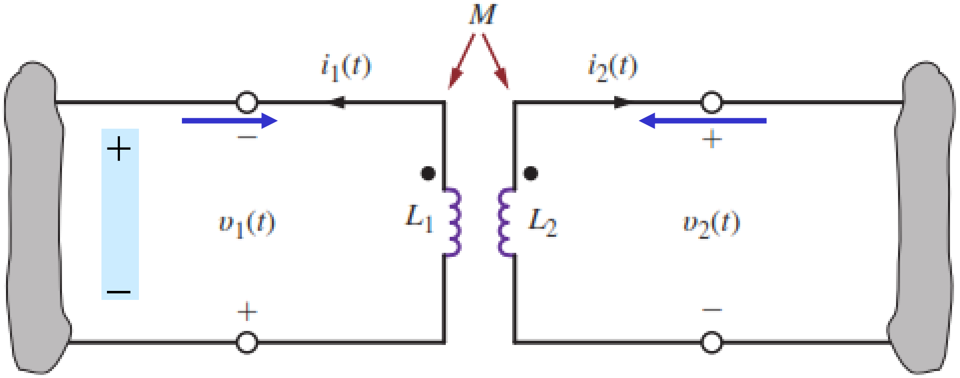
$$v_1 = L_1 \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_2}{dt}$$

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

Negatif ortak indüktansa eşdeğerdir

ÖRNEK

$v_1(t), v_2(t)$ icin denklemler i yazin

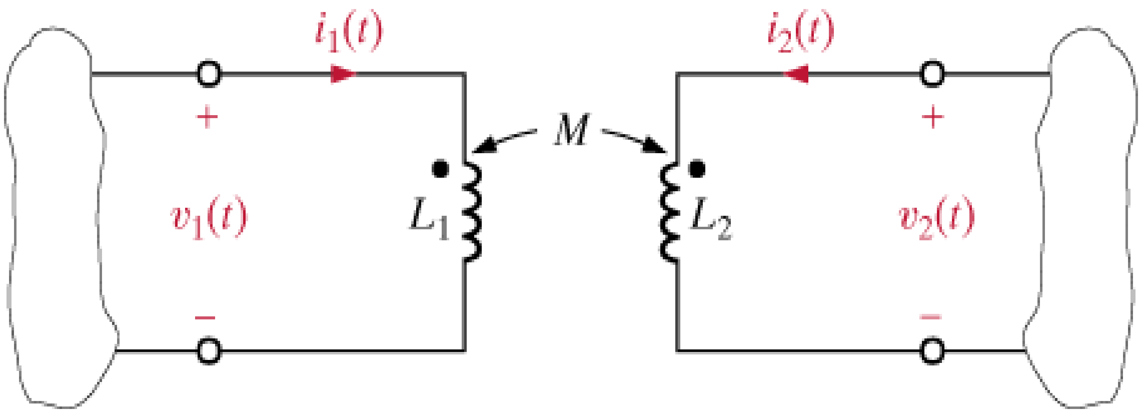


Temel duruma dönüştürün

$$-v_1(t) = -L_1 \frac{di_1}{dt}(t) - M\frac{di_2}{dt}(t) \qquad v_1(t) = L_1\frac{di}{dt}(t) + M\frac{di_2}{dt}(t)$$

$$v_2(t) = -M\frac{di_1}{dt}(t) - L_2\frac{di_2}{dt}(t) \qquad v_2(t) = -M\frac{di_1}{dt}(t) - L_2\frac{di_2}{dt}(t)$$

FAZÖRLER VE ORTAK İNDÜKTANS



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

$$v_2(t) = M \frac{di_1}{dt}(t) + L_2 \frac{di_2}{dt}(t)$$

Karmaşık üstel kaynaklar olduğunu farzedelim

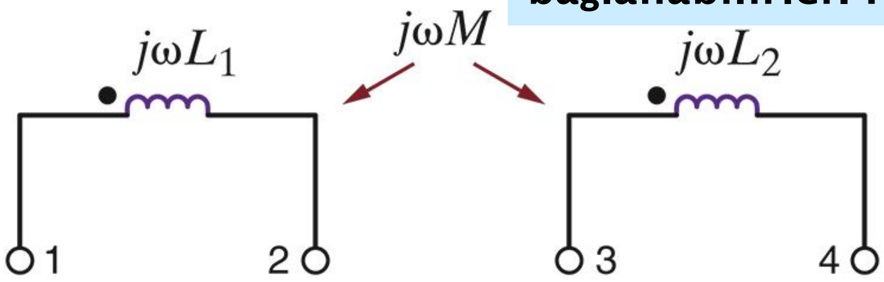
$$\boldsymbol{V}_1 = j\omega L_1 \boldsymbol{I}_1 + j\omega M \boldsymbol{I}_2$$

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

Ortak indüktanslı lineer indüktörler için Fazör Model

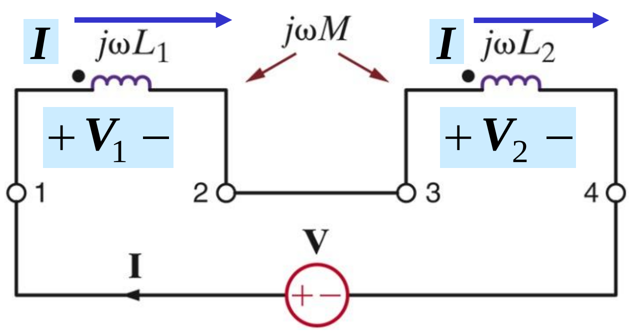
ÖRNEK

Manyetik bağlı indüktörler dört farklı şekilde bağlanabilirler. Her bir durum için modeli belirleyin



DURUM I

Akımlar noktalara yönelmiş



$$\boldsymbol{V} = \boldsymbol{V}_1 + \boldsymbol{V}_2$$

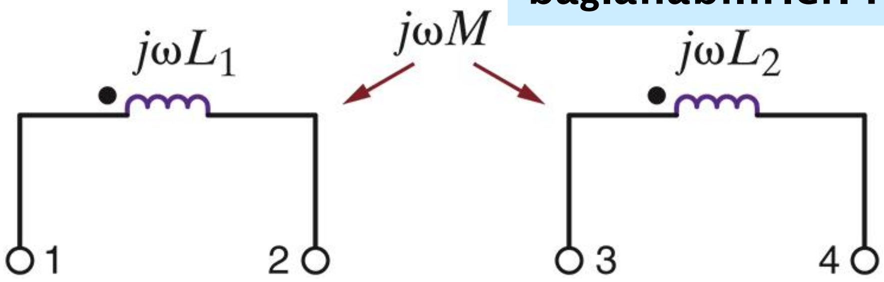
$$\boldsymbol{V}_1 = \boldsymbol{j\omega L_1 I} + \boldsymbol{j\omega M I}$$

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

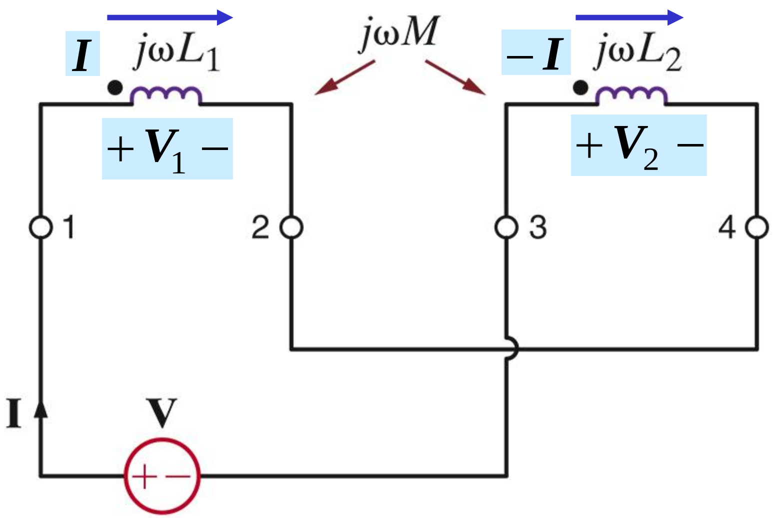
$$\mathbf{V} = j\omega(L_1 + L_2 + 2M)\mathbf{I} = j\omega L_{eq}\mathbf{I}$$

ÖRNEK - Devamı

Manyetik bağlı indüktörler dört farklı şekilde bağlanabilirler. Her bir durum için modeli belirleyin



DURUM 2 **Akımlar noktalara yönelmiş**



$$V = V_1 - V_2$$

$$V_1 = j\omega L_1 I - j\omega M I$$

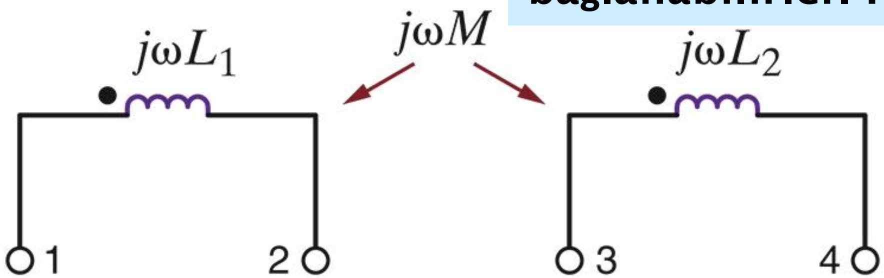
$$V_2 = j\omega M I - j\omega L_2 I$$

$$V = \underbrace{j\omega(L_1 - 2M + L_2)}_{L_{es}} I$$

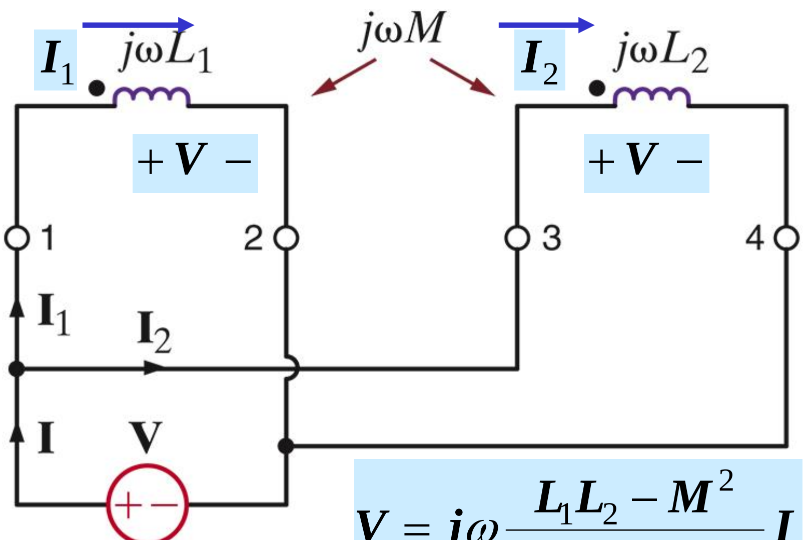
$L_{es} \geq 0$ M degerine fiziksel bir sinir koyar

ÖRNEK - Devamı

Manyetik bağlı indüktörler dört farklı şekilde bağlanabilirler. Her bir durum için modeli belirleyin



DURUM 3 **Akımlar noktalara yönelmiş**



$$V = j\omega \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M} I$$

$$I = I_1 + I_2 \quad \Rightarrow I_2 = I - I_1$$

$$V = j\omega L_1 I_1 + j\omega M I_2$$

$$V = j\omega M I_1 + j\omega L_2 I_2$$

$$V = j\omega L_1 I_1 + j\omega M (I - I_1)$$

$$V = j\omega M I_1 + j\omega L_2 (I - I_1)$$

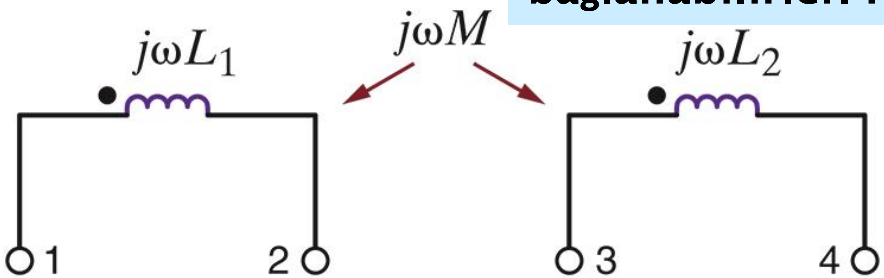
$$V = j\omega (L_1 - M) I_1 + j\omega M I \quad \times/(L_2 - M)$$

$$V = -j\omega (L_2 - M) I_1 + j\omega L_2 I \quad \times/(L_1 - M)$$

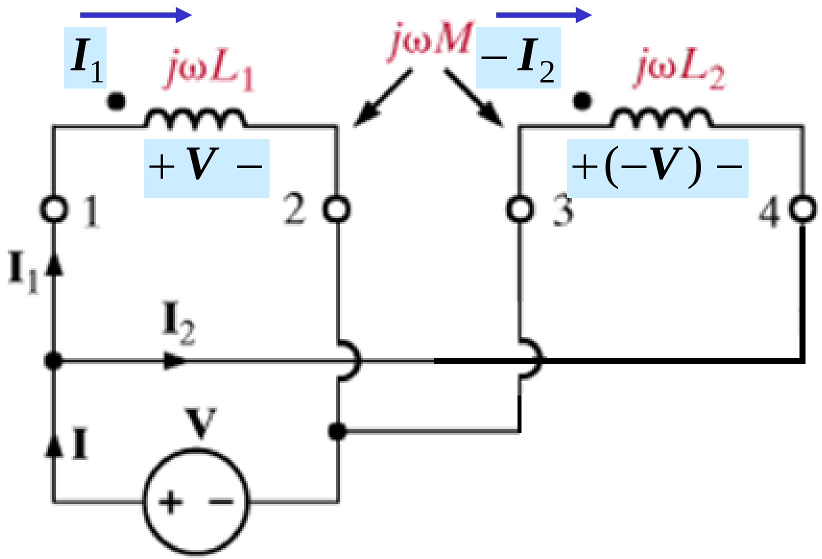
$$(L_1 + L_2 - 2M) V = j\omega \big(M(L_2 - M) + L_2 (L_1 - M) \big) I$$

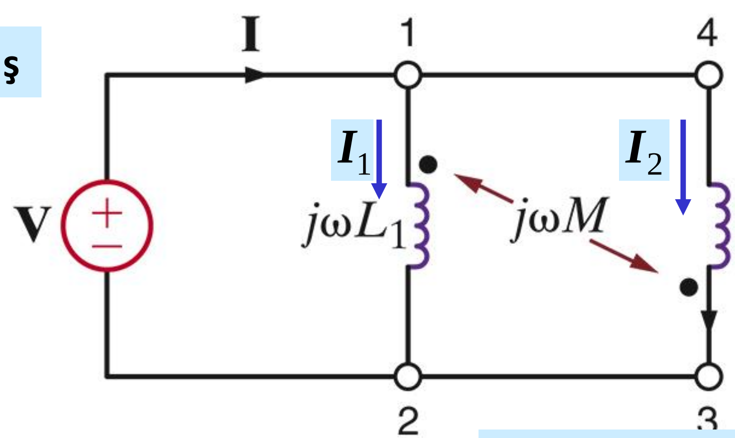
ÖRNEK - Devamı

Manyetik bağlı indüktörler dört farklı şekilde bağlanabilirler. Her bir durum için modeli belirleyin



DURUM 4 **Akımlar noktalara yönelmiş**





$$\boldsymbol{I} = \boldsymbol{I}_1 + \boldsymbol{I}_2$$

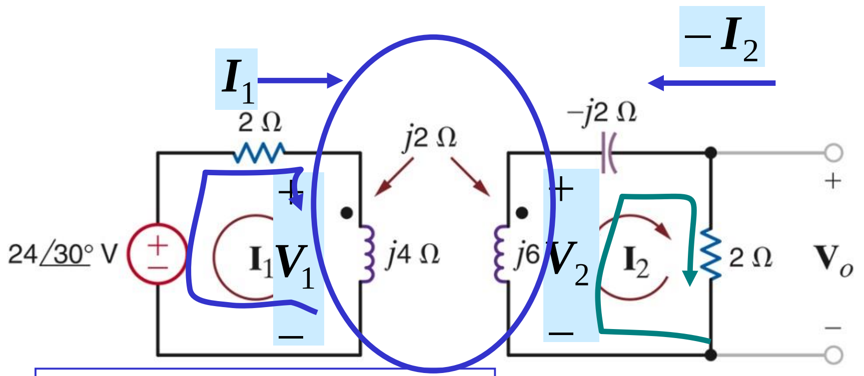
$$\boldsymbol{V} = \boldsymbol{j\omega L_1 I_1} - \boldsymbol{j\omega M I_2}$$

$$-\boldsymbol{V} = \boldsymbol{j\omega M I_1} - \boldsymbol{j\omega L_2 I_2}$$

$$\mathbf{V} = j\omega\left(\frac{L_1L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2M}\right)\mathbf{I}$$

ÖRNEK

V_0 GERİLİMİNİ BULUN



1. Manyetik bağlı indüktörlerin akımlarını ve gerilimlerini tanımlayın.

$$\text{KGK}: \; 24\angle 30° = 2I_1 + V_1$$

V_S

$$\text{KGK}: \; -V_2 - j2I_2 + 2I_2 = 0$$

2. Manyetik bağlı indüktans gerilimleri cinsinden çevre denklemlerini yazın

ORTAK INDUKTANS DEVRESI

$$V_1 = j4I_1 + j2(-I_2)$$

$$V_2 = j2I_1 + j6(-I_2)$$

$$V_0 = 2I_2$$

3. Manyetik bağlı indüktörler için denklemleri yazın.

$$V_S = (2 + j4)I_1 - j2I_2 \qquad \times / \, j2$$

$$0 = -j2I_1 + (2 - j2 + j6)I_2 \qquad \times / \, 2 + j4$$

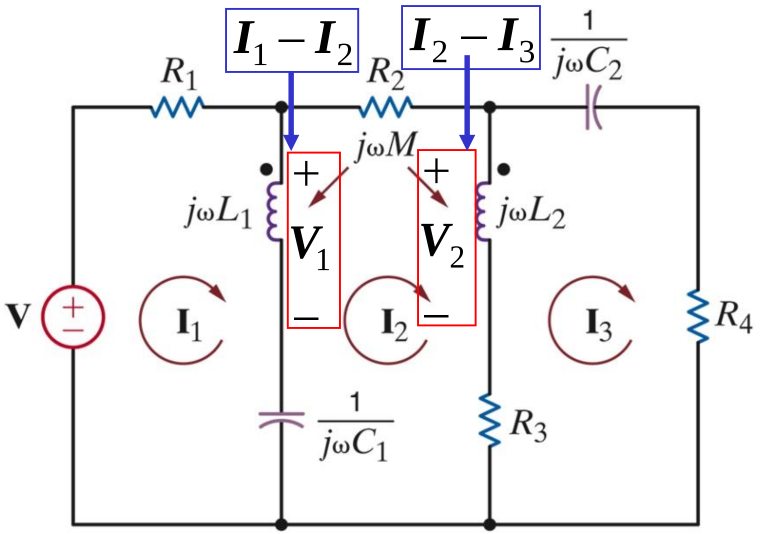
4. Çevre denklemlerinde yerine koyup cebirsel denklemi çözün.

$$j2V_S = \left(4 + (2 + j4)^2\right)I_2$$

$$I_2 = \frac{j2V_S}{-8 + j16} \times \frac{-j}{-j} = \frac{2V_S}{16 + 8j}$$

$$V_0 = 2I_2 = \frac{V_S}{4 + 2j} = \frac{24\angle 30°}{4.47\angle 26.57°} = 5.37\angle 3.42°$$

ÖRNEK | Çevre denklemlerini yazın



1. Manyetik bağlı indüktörler için değişkenleri tanımlayın.

2. Manyetik bağlı indüktör gerilimleri cinsinden çevre denklemlerini yazın.

$$V = R_1 I_1 + V_1 + \frac{I_1 - I_2}{j\omega C_1}$$

$$-V_1 + R_2 I_2 + V_2 + R_3(I_2 - I_3) + \frac{I_2 - I_1}{j\omega C_1} = 0$$

$$-V_2 + \frac{I_3}{j\omega C_2} + R_4 I_3 + R_3(I_3 - I_2) = 0$$

3. Manyetik bağlı indüktörler için denklemleri yazın

$$V_1 = j\omega L_1(I_1 - I_2) + j\omega M(I_2 - I_3)$$

$$V_2 = j\omega M(I_1 - I_2) + j\omega L_2(I_2 - I_3)$$

4. Denklemlerde yerine koyup terimleri yeniden düzenleyin

$$V = \left(R_1 + j\omega L_1 + \frac{1}{j\omega C_1}\right) I_1 - \left(j\omega L_1 - j\omega M + \frac{1}{j\omega C_1}\right) I_2 - j\omega M I_3$$

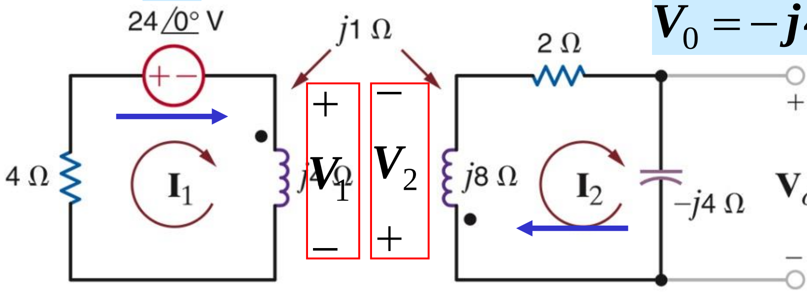
$$0 = -\left(j\omega L_1 - j\omega M + \frac{1}{j\omega C_1}\right) I_1 + \left(j\omega L_2 - j\omega M + R_2 - j\omega M + j\omega L_2 + R_3 + \frac{1}{j\omega C_1}\right) I_2 - \left(-j\omega M + j\omega L_2 + R_3\right) I_3$$

$$0 = -j\omega M I_1 - \left(j\omega L_2 - j\omega M + R_3\right) I_2 + \left(j\omega L_2 + \frac{1}{j\omega C_2} + R_4 + R_3\right) I_3$$

ÖRNEK

I_1, I_2, V_0 değerlerini bulun

V_S



$V_0 = -j4I_2$

1. Manyetik bağlı indüktörler için değişkenleri tanımlayın.

2. Çevre denklemleri

$$V_S + V_1 + 4I_1 = 0$$

$$V_2 + (2 - j4)I_2 = 0$$

3. Manyetik bağlı indüktörlerin denklemleri

$$V_1 = j4I_1 + jI_2$$
$$V_2 = jI_1 + j8I_2$$

4. Yerine koyup yeniden düzenleyin

$$(4 + j4)I_1 + jI_2 = -V_S \quad \times / - j$$
$$jI_1 + (2 + j4)I_2 = 0 \quad \times /(4 + j4)$$

$$(1 + 8(1 + j)(1 + 2j))I_2 = jV_S$$

$$I_2 = \frac{jV_S}{-7 + 24j} \times \frac{-j}{-j} = \frac{24\angle 0^\circ}{24 + 7j} = \frac{24\angle 0^\circ}{25\angle 16.26^\circ}$$

$$I_2 = 0.96\angle -16.26^\circ (A)$$

$$jI_1 + (2 + j4)I_2 = 0 / \times j \Rightarrow I_1 = j(2 + j4)I_2$$

$$I_1 = 1\angle 90^\circ \times 4.47\angle 63.43^\circ \times 0.96\angle -16.26^\circ$$

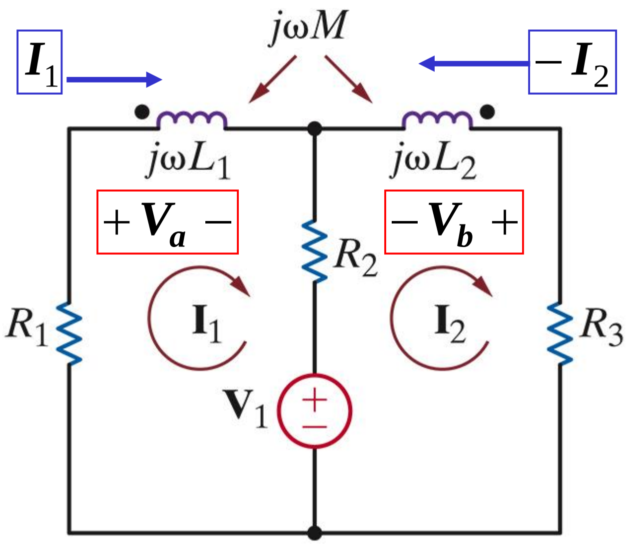
$$I_1 = 4.29\angle 137.17^\circ (A)$$

$$V_0 = -j4I_2 = 1\angle -90^\circ \times 4 \times 0.96\angle -16.26^\circ$$

$$V_0 = 3.84\angle -106.26^\circ (V)$$

ÖRNEK

KGK DENKLEMLERİNİ YAZIN



1. Manyetik bağlı indüktörler için değişkenleri tanımlayın

2. Manyetik bağlı indüktör gerilimleri cinsinden çevre denklemlerini yazın

$$V_a + R_2(I_1 - I_2) + V_1 + R_1 I_1 = 0$$

$$-V_b + R_3 I_2 - V_1 + R_2(I_2 - I_1) = 0$$

3. Manyetik bağlı indüktörlerin denklemleri

$$V_a = j\omega L_1 I_1 + j\omega M(-I_2)$$

$$V_b = j\omega M I_1 + j\omega L_2(-I_2)$$

4. Denklemlerde yerine koyup yeniden düzenleyin

$$(R_1 + R_2 + j\omega L_1)I_1 - (R_2 + j\omega M)I_2 = -V_1$$

$$-(R_2 + j\omega M)I_1 + (R_2 + R_3 + j\omega L_2)I_2 = V_1$$

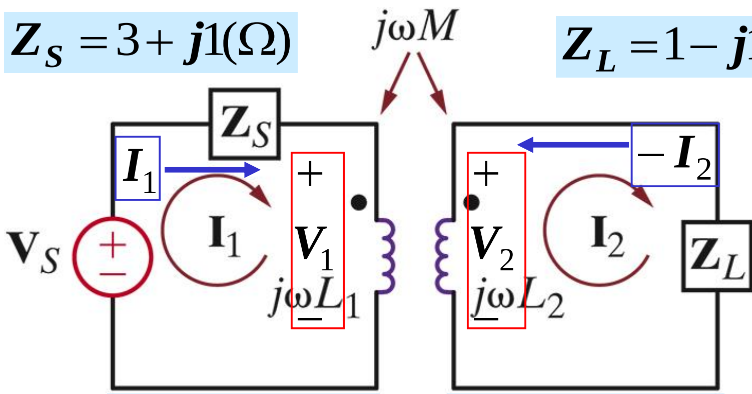
ÖRNEK

KAYNAK TARAFINDAN GÖRÜLEN EMPEDANSI BELİRLEYİN

$$Z_i = \frac{V_S}{I_1}$$

$Z_S = 3 + j1(\Omega)$

$Z_L = 1 - j1(\Omega)$



$j\omega L_1 = j2(\Omega)$

$j\omega L_2 = j2(\Omega)$

$j\omega M = j1(\Omega)$

1. **Manyetik bağlı indüktörler için değişkenler**

2. **Manyetik bağlı indüktör gerilimleri cinsinden çevre denklemleri**

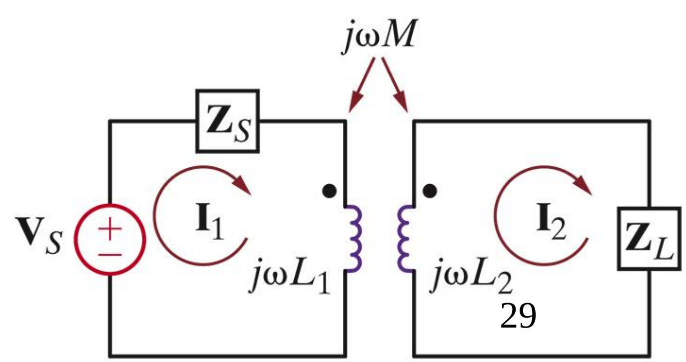
$$Z_S I_1 + V_1 = V_S$$

$$-V_2 + Z_L I_2 = 0$$

3. **Manyetik bağlı indüktör denklemleri**

$$V_1 = j\omega L_1 I_1 + j\omega M(-I_2)$$

$$V_2 = j\omega M I_1 + j\omega L_2(-I_2)$$



KAYNAK TARAFINDAN GÖRÜLEN EMPEDANSI BELİRLEYİN

4. indüktör gerilimlerini çevre denklemlerinde yerine koyup cebirsel denklemi $\mathbf{I}_1$ için çözün

$$(\boldsymbol{Z}_S + j\omega L_1)\boldsymbol{I}_1 - (j\omega M)\boldsymbol{I}_2 = \boldsymbol{V}_S \quad \times/(\boldsymbol{Z}_L + j\omega L_2)$$
$$-(j\omega M)\boldsymbol{I}_1 + (\boldsymbol{Z}_L + j\omega L_2)\boldsymbol{I}_2 = 0 \quad \times/\, j\omega M$$

$$\left((Z_S + j\omega L_1)(Z_L + j\omega L_2) - (j\omega M)^2\right)\mathbf{I}_1 = (Z_L + j\omega L_2)\mathbf{V}_S$$

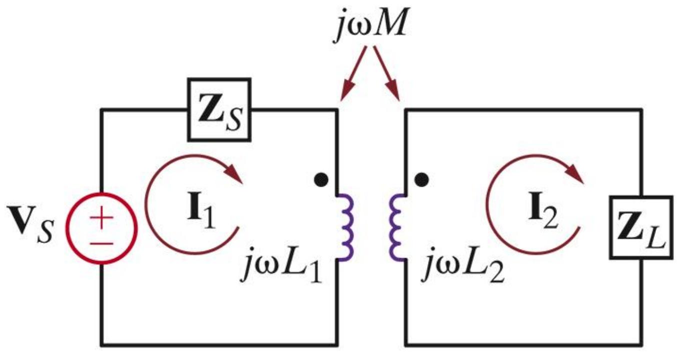
$$\mathbf{Z}_i = \frac{\mathbf{V}_S}{\mathbf{I}_1} = (Z_S + j\omega L_1) - \frac{(j\omega M)^2}{Z_L + j\omega L_2}$$

$$\boldsymbol{Z}_i = 3 + j3 - \frac{(j1)^2}{1 + j1} = 3 + j3 + \frac{1}{1+j} \times \frac{1-j}{1-j}$$

$$\boldsymbol{Z}_i = 3 + j3 + \frac{1-j}{2} = 3.5 + j2.5(\Omega)$$

$$\boldsymbol{Z}_i = 4.30\angle 35.54°(\Omega)$$

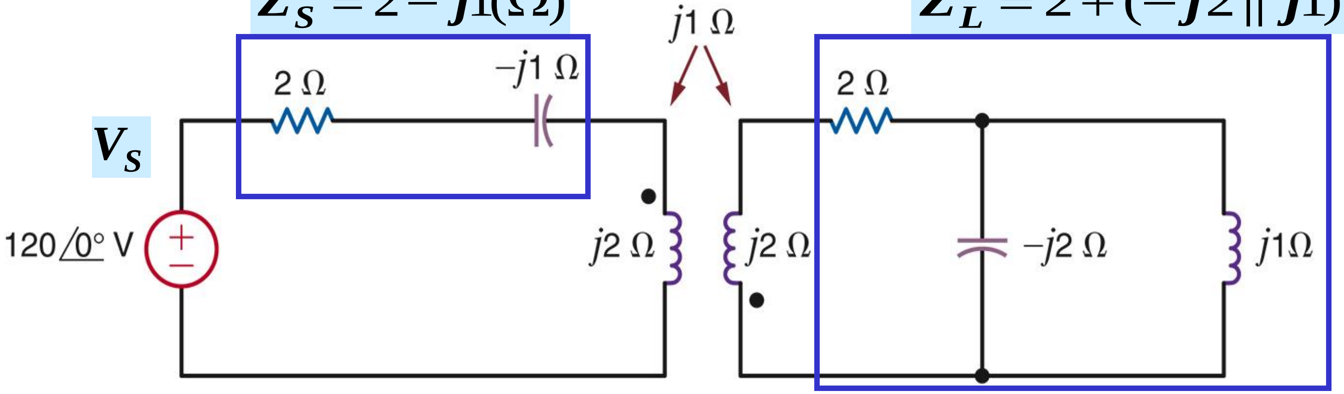
UYARI: Bu bir fazör DEĞİLDİR



ÖRNEK — KAYNAK TARAFINDAN GÖRÜLEN EMPEDANSI BELİRLEYİN

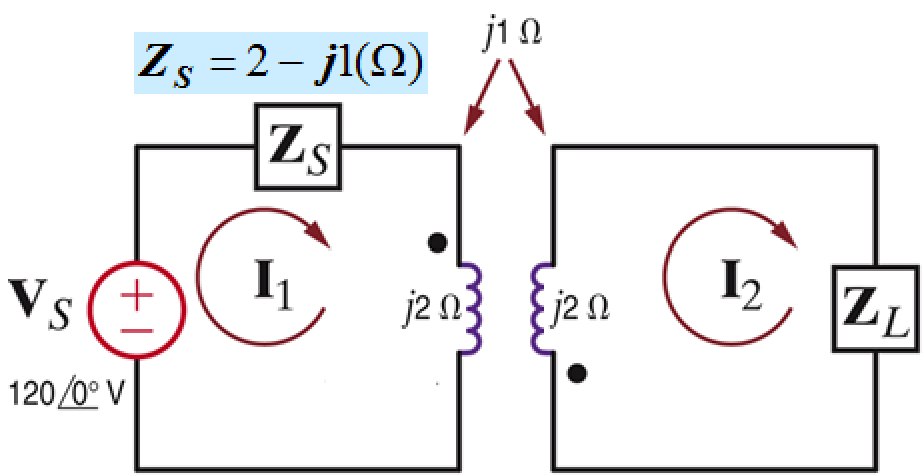
$$Z_S = 2 - j1(\Omega)$$

$$Z_L = 2 + (-j2 \parallel j1)$$



$$Z_L = 2 + \frac{2}{-j} = 2 + 2j(\Omega)$$

$$Z_S = 2 - j1(\Omega)$$

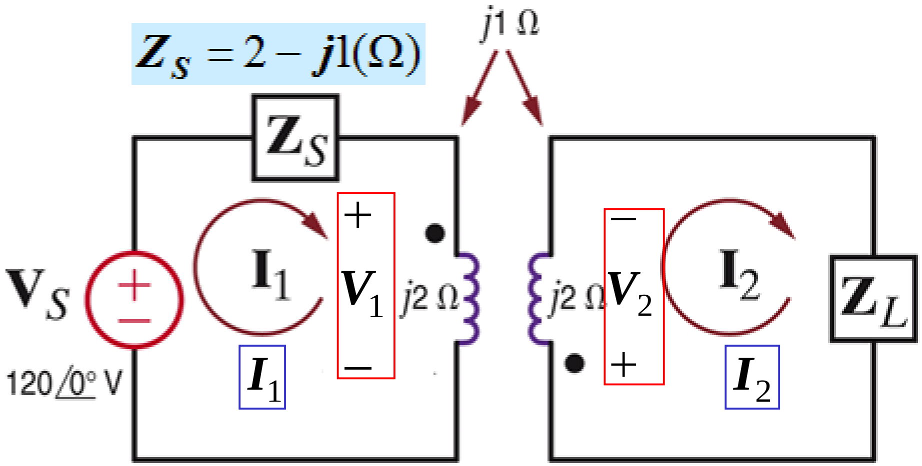


$$Z_L = 2 + 2j(\Omega)$$

ÖRNEK - Devam

KAYNAK TARAFINDAN GÖRÜLEN EMPEDANSI BELİRLEYİN

$Z_S = 2 - j1(\Omega)$



$Z_L = 2 + 2j(\Omega)$

1. Manyetik bağlı indüktörler için değişkenler

2. Çevre denklemleri

$$V_1 + Z_S I_1 = V_S$$
$$V_2 + Z_L I_2 = 0$$

3. Manyetik bağlı indüktörler için denklemler

$$V_1 = j\omega L_1 I_1 + j\omega M I_2$$
$$V_2 = j\omega M I_1 + j\omega L_2 I_2$$

KAYNAK TARAFINDAN GÖRÜLEN EMPEDANSI BELİRLEYİN

4. İndüktör gerilimlerini çevre denklemlerinde yerine koyup cebirsel denklemi çözün

$$\boldsymbol{Z_i} = \frac{\boldsymbol{V_S}}{\boldsymbol{I}_1} = (\boldsymbol{Z_S} + \boldsymbol{j}\omega \boldsymbol{L}_1) - \frac{(\boldsymbol{j}\omega \boldsymbol{M})^2}{\boldsymbol{Z_L} + \boldsymbol{j}\omega \boldsymbol{L}_2}$$

$$\boldsymbol{Z_i} = \left[(2 - \boldsymbol{j}1) + \boldsymbol{j}2\right] - \frac{(\boldsymbol{j}1)^2}{(2 + 2\boldsymbol{j}) + 2\boldsymbol{j}}$$

$$= (2 + \boldsymbol{j}) + \frac{1}{2(1 + 2\boldsymbol{j})} \times \frac{(1 - 2\boldsymbol{j})}{(1 - 2\boldsymbol{j})}$$

$$\boldsymbol{Z_i} = 2 + \boldsymbol{j} + \frac{1 - 2\boldsymbol{j}}{2(1 + 2^2)} = 2.1 + 0.8\boldsymbol{j}(\Omega)$$

$$\boldsymbol{Z_i} = 2.25\angle 20.85°(\Omega)$$

MANYETİK BAĞLI İNDÜKTÖRLERDE PROBLEM ÇÖZME STRATEJİSİ

1. adım:

Çevre akımlarını tanımlayınız.

- **Manyetik bağlı indüktör içeren devrelerde çevre denklemlerini yazmak düğüm denklemlerini yazmaktan daha kolaydır.**

2. adım:

KGK uygulayarak çevre denklemlerini yazınız.

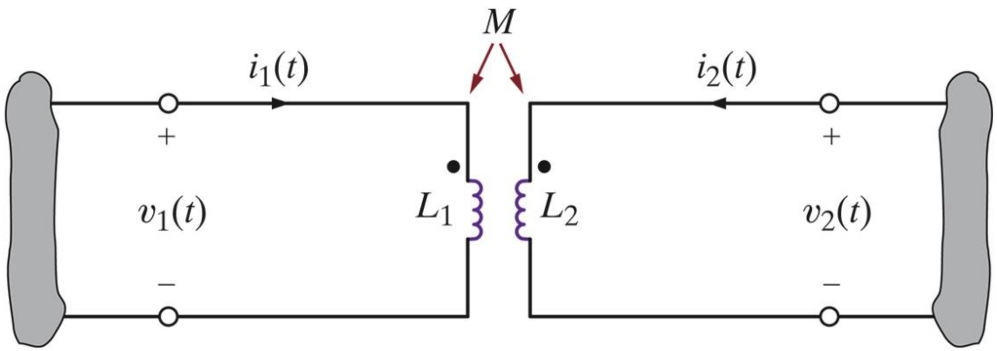
- **Eğer bir akım bir sargının noktalı ucuna girerse diğer sargının noktalı ucunda pozitif olan bir gerilim indükler.**
- **Eğer akım bir sargının noktasız ucuna girerse diğer sargının noktasız ucunda pozitif bir gerilim indükler.**

3. adım:

Denklemleri çözerek çevre akımlarını bulunuz.

ENERJİ ANALİZİ

Manyetik bağlı devrelerde depolanan toplam enerjiyi belirlemek istiyoruz



- **Deneye başlamadan önce, devre içindeki tüm gerilim ve akımları sıfıra ayarlayalım.**
- **Devre sükunet halindeyken, ve sağ taraftaki terminaller açık devre iken, $i_1(t)$ akımını sıfırdan belirli bir I_1değerine kadar yükseltelim.**
- **Sağdaki terminaller açık olduğundan, i_2 (t) = 0 olur ve bu nedenle bu terminallere giren güç sıfırdır.**

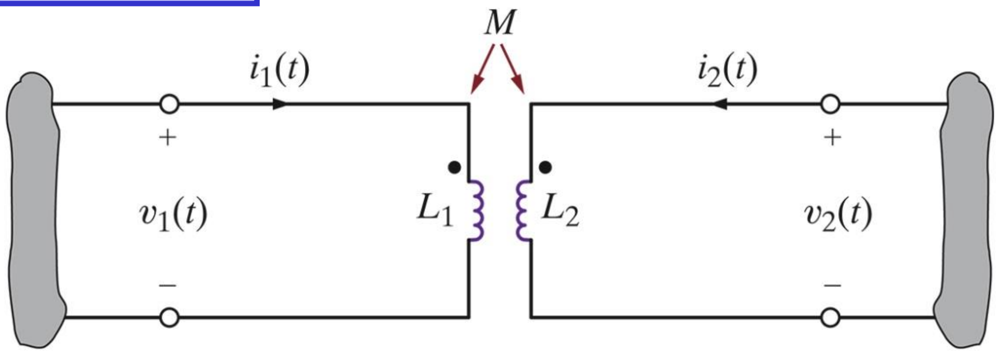
Sol taraf terminallerine giren anlık güç;

$$p(t) = v_1(t)i_1(t) = \left[L_1 \frac{di_1(t)}{dt} \right] i_1(t)$$

$i_1(t) = I_1$ olduğunda, t_1 de manyetik bağlı devrede depolanan enerji ;

$$\int_0^{t_1} v_1(t)i_1(t)\,dt = \int_0^{I_1} L_1 i_1(t)\,di_1(t) = \frac{1}{2}L_1 I_1^2$$

ENERJİ ANALİZİ - Devam

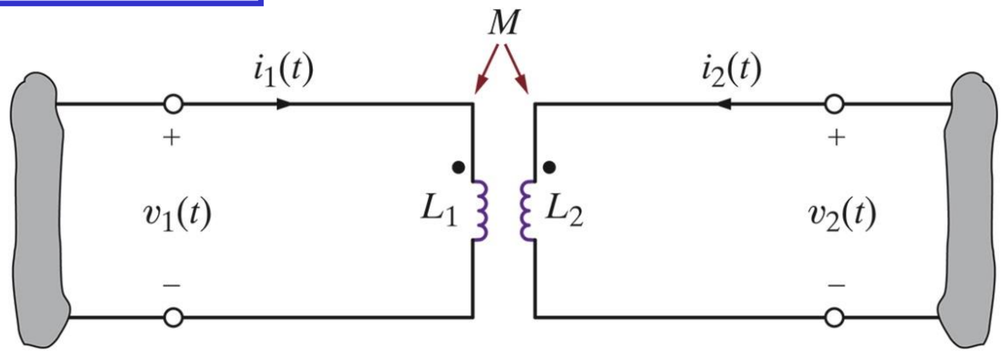


Deneye devam edelim:
$i_1(t)$ 'yi I_1'de sabit tutarken, t_1 den t_2'ye kadar $i_2(t)$ akımını sıfırdan belirli bir I_2'ye kadar arttıralım.

Sağdaki terminallerden iletilen enerji şu şekildedir ;

$$\int_{t_1}^{t_2} v_2(t) i_2(t)\, dt = \int_0^{I_2} L_2 i_2(t)\, di_2(t) = \frac{1}{2} L_2 I_2^2$$

ENERJi ANALİZİ - Devam



Bununla birlikte, t_1 ile t_2 aralığı boyunca, $v_1(t)$ gerilimi ;

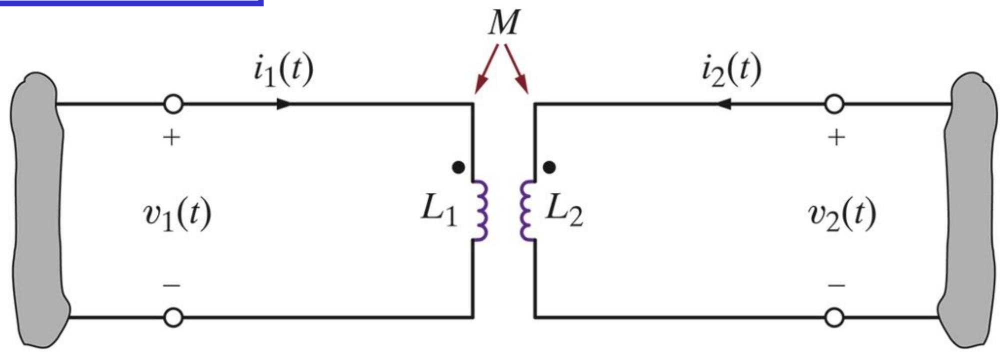
$$v_1(t) = L_1 \frac{di_1(t)}{dt} + M \frac{di_2(t)}{dt}$$

$i_1(t)$ sabit bir I_1 olduğundan, sol taraftaki terminaller vasıtasıyla aktarılan enerji ;

$$\int_{t_1}^{t_2} v_1(t) i_1(t)\, dt = \int_{t_1}^{t_2} M \frac{di_2(t)}{dt} I_1\, dt = M I_1 \int_0^{I_2} di_2(t)$$

$$= M I_1 I_2$$

ENERJi ANALiZi - Devam



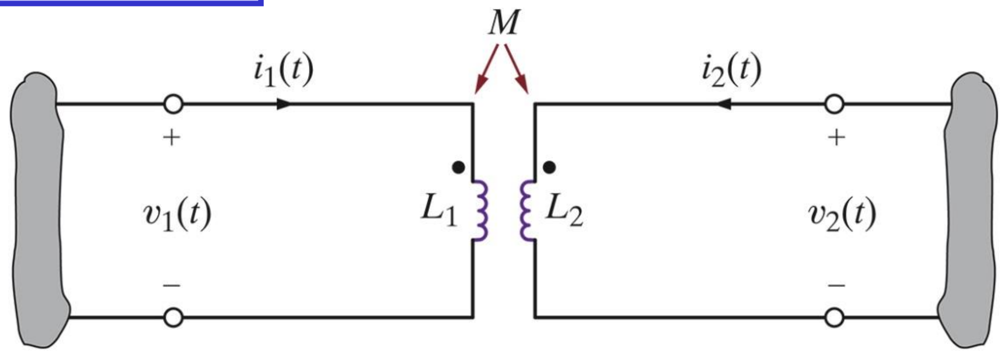
Bu nedenle, t > t2 için devrede depolanan toplam enerji ;

$$w = \frac{1}{2}L_1I_1^2 + \frac{1}{2}L_2I_2^2 + MI_1I_2$$

Deneyi ya L_1 ya da L_2 üzerindeki noktanın yerini değiştirerek tekrar edebiliriz ve bu durumda ortak indüktans terimindeki işaret negatif olur ;

$$w = \frac{1}{2}L_1I_1^2 + \frac{1}{2}L_2I_2^2 - MI_1I_2$$

ENERJİ ANALİZİ - Devam



Yaptığımız deneyde, I_1 ve I_2 değerleri herhangi bir zamanda herhangi bir değer olabilirdi.
Bu nedenle manyetik bağlı indüktörlerde herhangi bir anda depolanan enerji aşağıdaki şekilde ifade edilir :

$$w(t) = \frac{1}{2}L_1[i_1(t)]^2 + \frac{1}{2}L_2[i_2(t)]^2 \pm Mi_1(t)i_2(t)$$

ENERJi ANALiZi - Devam

- Manyetik bağlı indüktörler pasif bir devreyi temsil ederler ve bu yüzden, bu devrede depolanan enerji, indüktans ve akımların herhangi bir değeri için negatif olmamalıdır

- Manyetik devrede depolanan anlık enerji için denklem şu şekilde yazılabilir:

$$w(t) = \frac{1}{2}L_1 i_1^2 + \frac{1}{2}L_2 i_2^2 \pm M i_1 i_2$$

$\frac{1}{2}\frac{M^2}{L_2}i_1^2(t)$ terimini ekleyip çıkardığımızda ve denklemi yeniden düzenlediğimizde;

$$w(t) = \frac{1}{2}\left(L_1 - \frac{M^2}{L_2}\right)i_1^2 + \frac{1}{2}L_2\left(i_2 + \frac{M}{L_2}i_1\right)^2$$

Depolanan anlık enerji negatif olmayacaktır, Eğer;

$$w(t) \geq \Leftrightarrow L_1 - \frac{M^2}{L_2} \geq 0 \quad \Leftrightarrow \quad M \leq \sqrt{L_1 L_2}$$

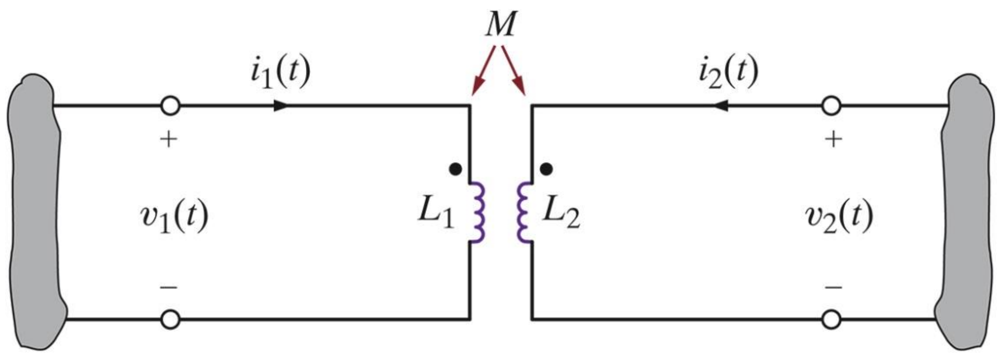
Bu denklemin ortak indüktans değerinde bir üst sınır belirlediğini unutmayın. iki indüktör L_1 ve L_2 arasındaki kuplaj katsayısı aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$$

$$0 \leq k \leq 1 \qquad 0 \leq M \leq \sqrt{L_1 L_2}$$

ENERJİ ANALİZİ (Farklı bir yaklaşım)

Manyetik bağlı devrelerde depolanan toplam enerjiyi belirlemek istiyoruz



Manyetik Bagli Induktorlerin Denklemleri

$$\boldsymbol{v_1(t) = L_1 \frac{di_1}{dt}(t) \pm M \frac{di_2}{dt}(t)} \qquad \times / \boldsymbol{i_1(t)}$$

$$\boldsymbol{v_2(t) = \pm M \frac{di_1}{dt}(t) + L_2 \frac{di_2}{dt}(t)} \qquad \times / \boldsymbol{i_2(t)}$$

Devreye Saglanan Toplam Güc

$$p_T(t) = v_1(t)i_1(t) + v_2(t)i_2(t)$$

$$p_T(t) = L_1 \boxed{i_1(t)\frac{di_1}{dt}(t)} \pm M i_1(t)\frac{di_2}{dt}(t)$$

$$\pm M i_2(t)\frac{di_1}{dt}(t) + L_2 \boxed{i_2(t)\frac{di_2}{dt}(t)}$$

$$\frac{1}{2}\frac{\boldsymbol{di_1^2}}{\boldsymbol{dt}}(\boldsymbol{t}) \qquad \boldsymbol{M\frac{di_1 i_2}{dt}(t)} \qquad \frac{1}{2}\frac{\boldsymbol{di_2^2}}{\boldsymbol{dt}}(\boldsymbol{t})$$

ENERJİ ANALİZİ (Farklı bir yaklaşım) - Devam

$$p_T(t) = \frac{1}{2} L_1 \frac{d}{dt} i_1^2(t) \pm M \frac{d}{dt} i_1(t) i_2(t) + \frac{1}{2} L_2 \frac{d}{dt} i_2^2(t)$$

$$p_T(t) = \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2} L_1 i_1^2(t) \pm M i_1(t) i_2(t) + \frac{1}{2} L_2 i_2^2(t) \right) \quad \int_{-\infty}^{t}$$

$$w(t) = \frac{1}{2} L_1 i_1^2(t) \pm M i_1(t) i_2(t) + \frac{1}{2} L_2 i_2^2(t)$$

$$+ \frac{1}{2}\frac{M^2}{L_2} i_1^2(t) - \frac{1}{2}\frac{M^2}{L_2} i_1^2(t)$$

$$w(t) = \frac{1}{2}\left(L_1 - \frac{M^2}{L_2} \right) i_1^2(t) + \frac{1}{2} L_2 \left(i_2(t) \pm \frac{M}{L_2} i_1(t) \right)^2$$

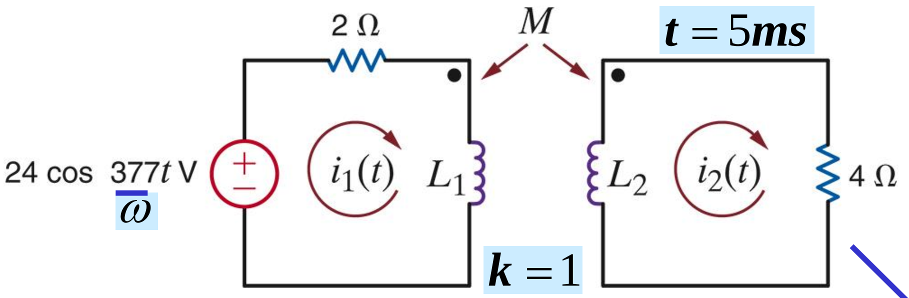
$$w(t) \geq \Leftrightarrow L_1 - \frac{M^2}{L_2} \geq 0 \quad \Leftrightarrow \quad M \leq \sqrt{L_1 L_2}$$

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}}$$

Bağlaşım(kuplaj) katsayısı

ÖRNEK

t=5ms için manyetik bağlı indüktörlerde depolanan enerjiyi hesaplayın



Kalıcı durum çalışması varsayın

Frekans düzlemi tekniklerini kullanabiliriz

$$L_1 = 2.653mH, \; L_2 = 10.61mH$$

$$w(t) = \frac{1}{2}L_1 i_1^2(t) - M i_1(t) i_2(t) + \frac{1}{2}L_2 i_2^2(t)$$

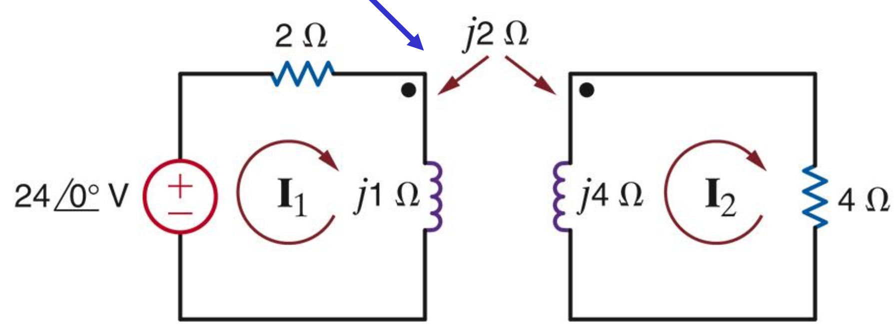
$M, i_1(t), i_2(t)$ hesaplanmalidir

$$L_1, L_2, k \Rightarrow M = k\sqrt{L_1 L_2} \qquad M = 5.31mH$$

$$j\omega L_1 = j \times 377 \times 2.653 \times 10^{-3} = j1\Omega$$

$$j\omega L_2 = j \times 377 \times 10.61 \times 10^{-3} = j4\Omega$$

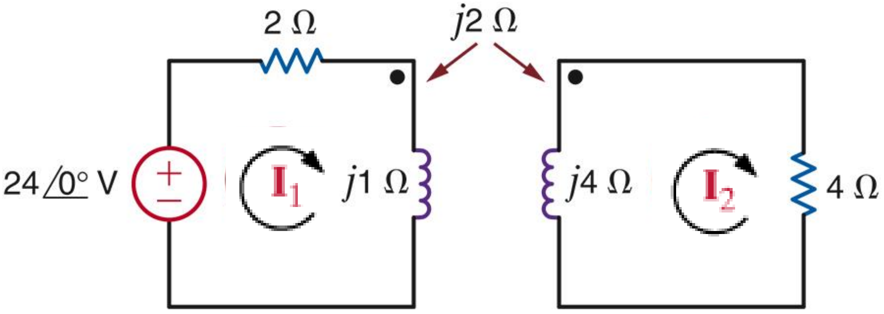
$$j\omega M = j \times 377 \times 5.31 \times 10^{-3} = j2\Omega$$



Frekans düzlemindeki devre

ÖRNEK - Devam

Manyetik bağlı indüktörlerde depolanan enerjiyi hesaplayın



Frekans düzlemindeki devre

1. Manyetik bağlı indüktörler için değişkenleri belirleyin

2. Çevre ve indüktör denklemlerini yazarak tek adımda birleştirin

$$2\boldsymbol{I}_1 + (j1\boldsymbol{I}_1 - j2\boldsymbol{I}_2) = 24\angle 0°$$
$$4\boldsymbol{I}_2 - (j2\boldsymbol{I}_1 - j4\boldsymbol{I}_2) = 0$$

I_1 ve I_2'yi elde etmek icin cözün

$$\boldsymbol{I}_1 = 9.41\angle -11.31°(A), \quad \boldsymbol{I}_2 = 3.33\angle 33.69°(A)$$

$$\therefore \boldsymbol{i}_1(\boldsymbol{t}) = 9.41\cos(377\boldsymbol{t} - 11.31°)(\boldsymbol{A})$$
$$\boldsymbol{i}_2(\boldsymbol{t}) = 3.33\cos(377\boldsymbol{t} + 33.69°)(\boldsymbol{A})$$

UYARI : 377*t* terimi radyandir!

$$\boldsymbol{t} = 0.005\boldsymbol{s} \Rightarrow 377\boldsymbol{t} = 1.885(\boldsymbol{rad}) = 108°$$

$$\boldsymbol{i}_1(0.005) = -1.10(\boldsymbol{A}), \ \boldsymbol{i}_2(0.005) = -2.61(\boldsymbol{A})$$

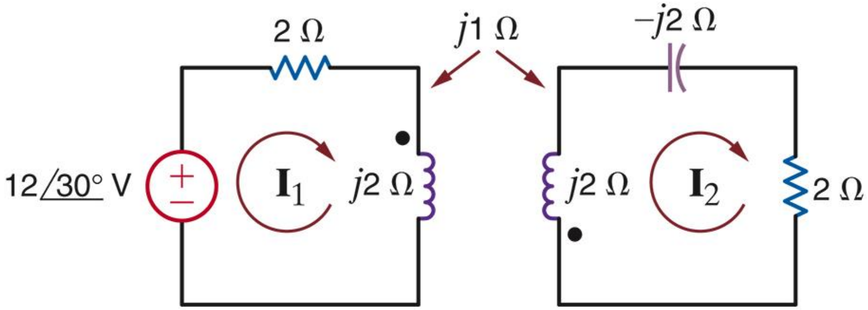
$$w(t) = \frac{1}{2}L_1 i_1^2(t) - M i_1(t) i_2(t) + \frac{1}{2}L_2 i_2^2(t)$$

$$w(0.005) = 0.5 \times 2.653 \times 10^{-3}(-1.10)^2 - 5.31 \times 10^{-3}(-1.10) \times (-2.61) + 0.5 \times 10.61 \times 10^{-3} \times (-2.61)^2 (J)$$

$$\boldsymbol{w}(0.005) = 22.5\boldsymbol{mJ}$$

ÖRNEK $t = 10ms' de$ DEPOLANAN ENERJIYI BELIRLEYIN

$f = 60\,Hz$



$$w(t) = \frac{1}{2}L_1 i_1^2(t) + M i_1(t) i_2(t) + \frac{1}{2}L_2 i_2^2(t)$$

1. Manyetik bağlı indüktörler için değişkenleri belirleyin

2. Çevre ve indüktör denklemlerini yazarak tek adımda birleştirip çözün

$$2\boldsymbol{I}_1 + (\boldsymbol{j}2\boldsymbol{I}_1 + \boldsymbol{j}1\boldsymbol{I}_2) = 12\angle 30°$$

$$(\boldsymbol{j}1\boldsymbol{I}_1 + \boldsymbol{j}2\boldsymbol{I}_2) + (2 - \boldsymbol{j}2)\boldsymbol{I}_2 = 0$$

$$(2 + \boldsymbol{j}2)\boldsymbol{I}_1 + \boldsymbol{j}\boldsymbol{I}_2 = 12\angle 30°$$

$$\boldsymbol{j}\boldsymbol{I}_1 + 2\boldsymbol{I}_2 = 0 \qquad \Rightarrow \boldsymbol{I}_2 = -0.5\boldsymbol{j}\boldsymbol{I}_1$$

$$(2 + \boldsymbol{j}2 + 0.5)\boldsymbol{I}_1 = 12\angle 30°$$

$$\boldsymbol{I}_1 = \frac{12\angle 30°}{2.5 + \boldsymbol{j}2} = \frac{12\angle 30°}{3.20\angle 38.66°} = 3.75\angle -8.66°(\boldsymbol{A})$$

$$\boldsymbol{I}_2 = -0.5\boldsymbol{j}\boldsymbol{I}_1 = 0.5\angle -90° \times 3.75\angle -8.66°$$
$$= 1.875\angle -98.66°$$

Zaman düzlemine tekrar dönelim

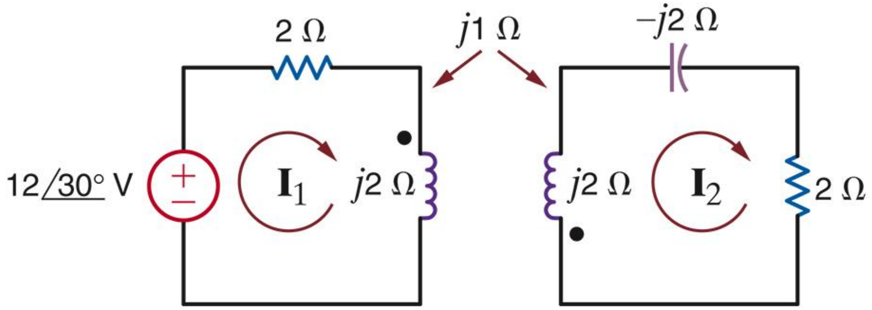
ÖRNEK - Devam

$t = 10ms' de$ DEPOLANAN ENERJIYI BELIRLEYIN

$f = 60\,Hz$

$I_1 = 3.75\angle -8.66°(A)$

$I_2 = 1.875\angle -98.66°$



Zaman düzlemine tekrar dönelim

$f = 60\,Hz \Rightarrow \omega = 377\,(s^{-1})$

$\omega L_1 = 2 \Rightarrow L_1 = 0.0053(H) = L_2$

$M = 0.00265(H)$

$i_1(t) = 3.75\cos(377t - 8.66°)(A)$

$i_2(t) = 1.875\cos(377t - 98.66°)(A)$

$377(rad/s) \times 0.010(s) = 3.77(rad) = 216°$

$i_1(0.010) = -3.33(A)$

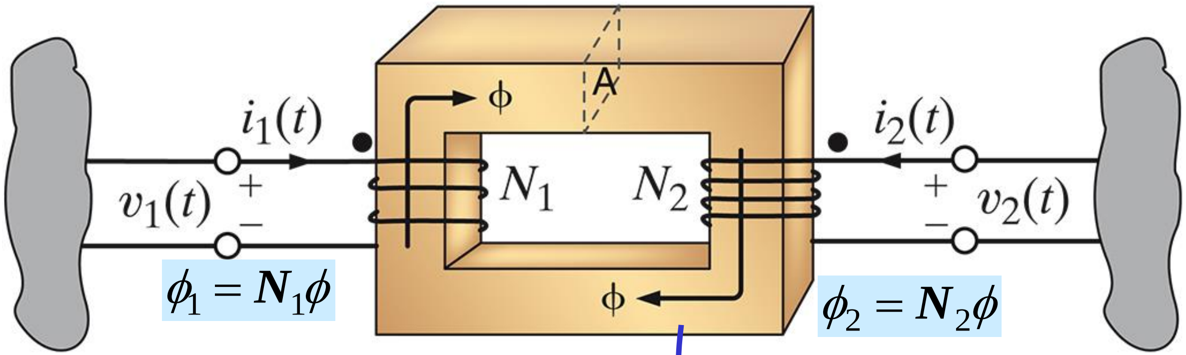
$i_2(0.010) = -0.86(A)$

$$w(t) = \frac{1}{2}L_1 i_1^2(t) + M i_1(t) i_2(t) + \frac{1}{2}L_2 i_2^2(t)$$

$$w(0.010) = 0.5 * 0.0053 * (-3.33)^2 + 0.00265 * (-3.33)(-0.86) + 0.5 * 0.0053 * (0.86)^2 (J)$$

$$w(0.010) = 0.03892J = 39mJ$$

İDEAL TRANSFORMATÖR



$\phi_1 = N_1\phi$

$\phi_2 = N_2\phi$

Manyetik akı kaçağını önler

$$\left.\begin{aligned} v_1(t) &= N_1\frac{d\phi}{dt}(t) \\ v_2(t) &= N_2\frac{d\phi}{dt}(t) \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{v_1}{v_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

ideal transformatörün birinci denklemi

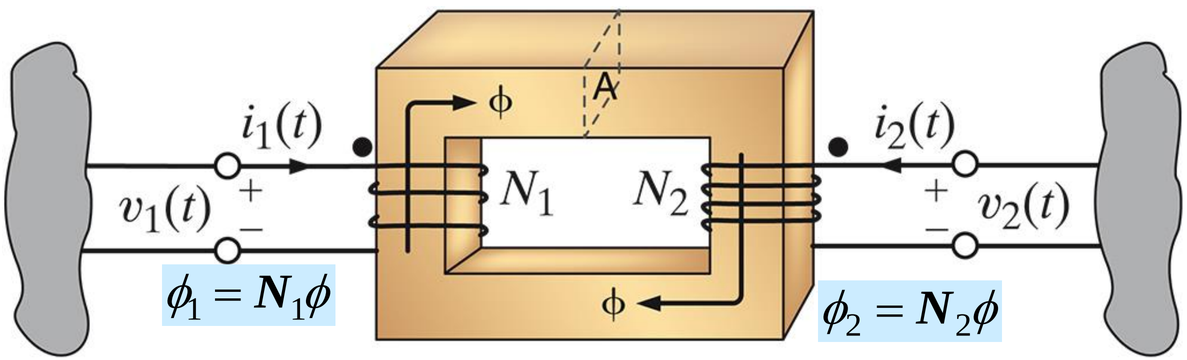
$$v_1(t)i_1(t) + v_2(t)i_2(t) = 0$$

ideal transformatör kayıpsızdır

$$\frac{i_1}{i_2} = -\frac{N_2}{N_1}$$

ideal transformatörün ikinci denklemi

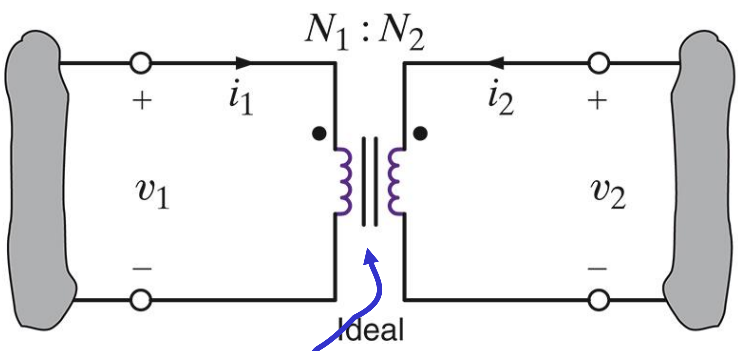
İDEAL TRANSFORMATÖR



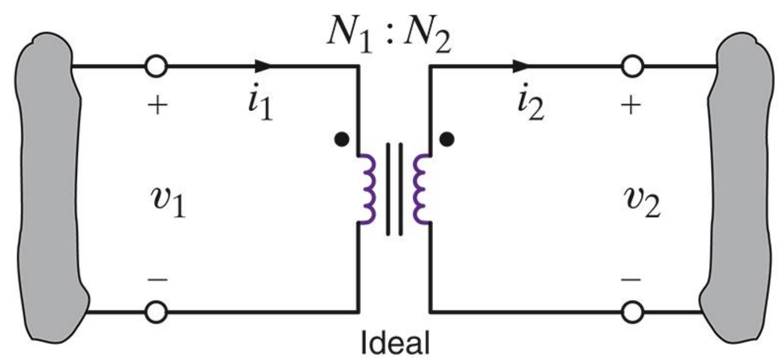
$$\phi_1 = \boldsymbol{N}_1\phi \qquad \phi_2 = \boldsymbol{N}_2\phi$$

Manyetik çekirdeği temsil etmektedir

Trafonun Devre Temsili



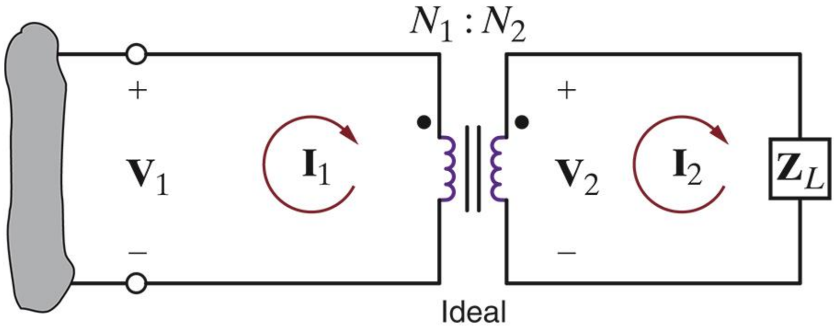
$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{N_1}{N_2}; \qquad \frac{i_1}{i_2} = -\frac{N_2}{N_1}$$



$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{N_1}{N_2}; \qquad \frac{i_1}{i_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

Denklemler cebirsel olduklarından, fazör için değişmezler.
Sadece işaretlerde dikkatli olun.

EMPEDANS YANSIMASI



$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \text{ (Noktalarda + isaretler bulunmakta)}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \text{ (} I_2 \text{ akimi transforma törden ayriliyor)}$$

$$V_2 = Z_L I_2 \text{ (Ohm Kanunu)}$$

$$V_1 \frac{N_2}{N_1} = Z_L I_1 \frac{N_1}{N_2}$$

$$V_1 = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 Z_L I_1$$

$$\frac{V_1}{I_1} = Z_1 = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 Z_L$$

$Z_1 =$ Trafonun primer (birincil) tarafina yansitilmi s Z_L empedansidir

Gelecekteki referanslar icin

$$S_1 = V_1 I_1^* = \left(V_2 \frac{N_1}{N_2} \right) \left(I_2 \frac{N_2}{N_1} \right)^* = V_2 I_2^* = S_2$$

$$n = \frac{N_2}{N_1} = \text{sarim orani}$$

İdeal Trafo için Fazör Denklemleri

$$V_1 = \frac{V_2}{n}$$

$$I_1 = n I_2$$

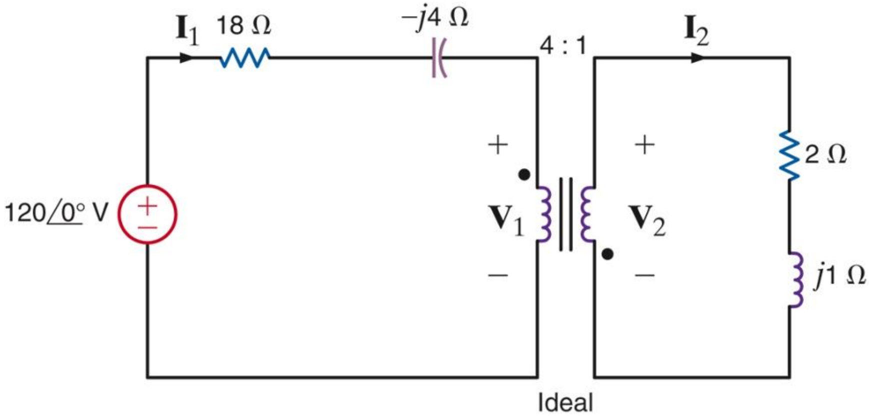
$$Z_1 = \frac{Z_L}{n^2}$$

$$S_1 = S_2$$

ÖRNEK

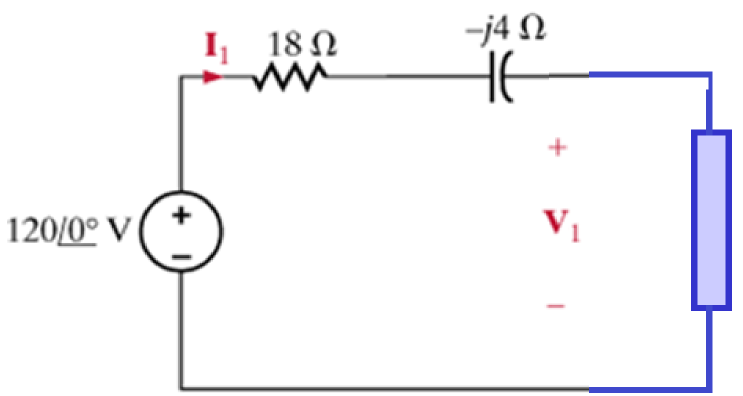
Belirtilen akımları ve gerilimleri bulun

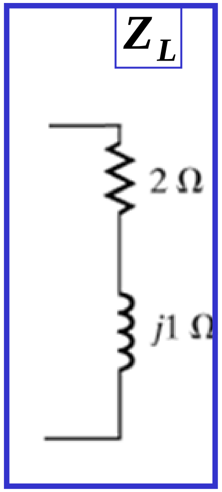
$$n = 1/4 = 0.25$$



Strateji: İkincil tarafın empedansını birincil tarafa yansıtın

$$Z_1 = \frac{Z_L}{n^2}$$

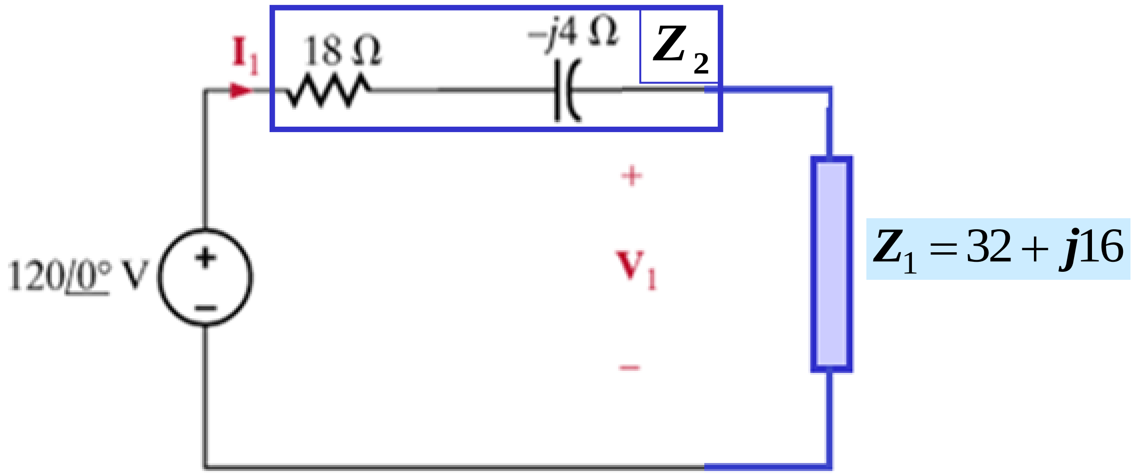




$$Z_1 = 32 + j16$$

ÖRNEK - Devam

Belirtilen akımları ve gerilimleri bulun



$$\mathbf{I}_1 = \frac{120\angle 0^\circ}{50 + j12} = \frac{120\angle 0^\circ}{51.42\angle 13.5^\circ} = 2.33\angle -13.5^\circ$$

$$\mathbf{V}_1 = \mathbf{Z}_1\mathbf{I}_1 = \frac{\mathbf{Z}_1}{\mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_2}120\angle 0^\circ$$

$$\mathbf{V}_1 = \mathbf{Z}_1\mathbf{I}_1 = (32 + j16)\times 2.33\angle -13.5^\circ$$

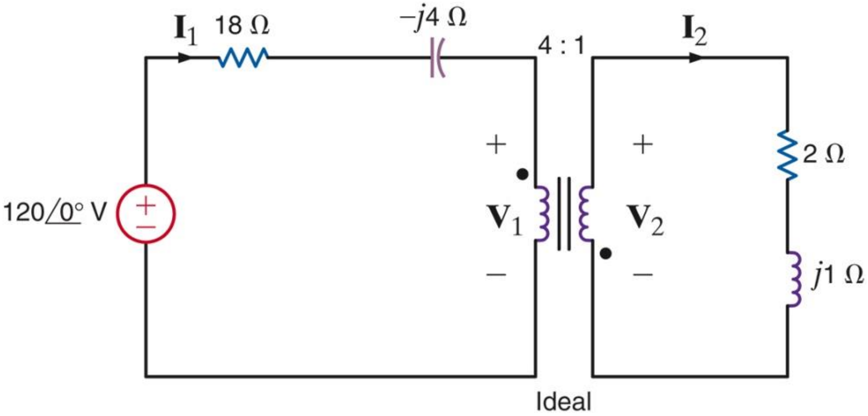
$$\mathbf{V}_1 = \frac{\mathbf{Z}_1}{\mathbf{Z}_1 + \mathbf{Z}_2}120\angle 0^\circ = \frac{32 + j16}{51.42\angle 13.5^\circ}\times 120$$

(ohm kanunu veya gerilim bölüşümü) Aynı karmaşıklıktadır

$$\mathbf{V}_1 = 35.78\angle 26.57^\circ \times 2.33\angle -13.5^\circ = 83.36\angle 13.07^\circ$$

ÖRNEK - Devam

Belirtilen akımları ve gerilimleri bulun



$$n = 1/4 = 0.25$$

$$I_1 = 2.33\angle -13.5°$$

$$V_1 = 83.36\angle 13.07°$$

Kutuplara ve akım yönlerine DİKKAT edin!

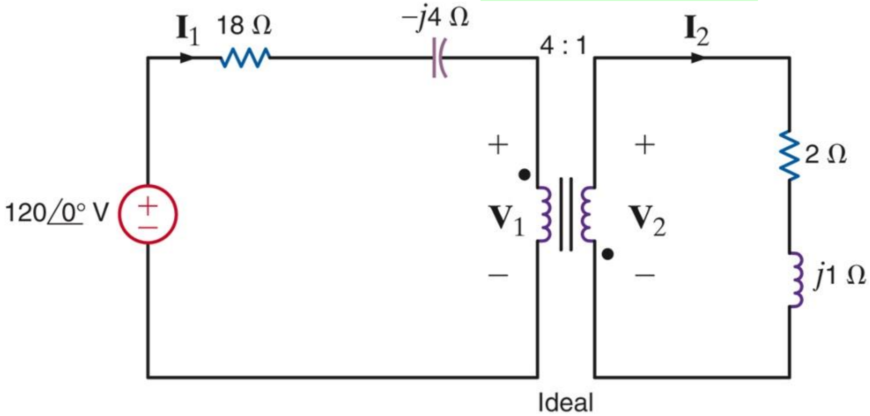
$$\mathbf{I}_2 = -\frac{\mathbf{I}_1}{\mathbf{n}} = -4\mathbf{I}_1 \text{ (akim noktaya dogru)}$$

$$\mathbf{V}_2 = -\mathbf{n}\mathbf{V}_1 = -0.25\mathbf{V}_1 \text{ (+ noktanin karsi tarafinda)}$$

ÖRNEK-özet

Belirtilen akımları ve gerilimleri bulun

$$n = 1/4 = 0.25$$



$$I_1 = \frac{120\angle 0°}{50 + j12} = \frac{120\angle 0°}{51.42\angle 13.5°} = 2.33\angle -13.5°$$

$$V_1 = Z_1 I_1 = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} 120\angle 0°$$

$$\mathbf{V_1 = Z_1 I_1 = (32 + j16) \times 2.33\angle -13.5°}$$

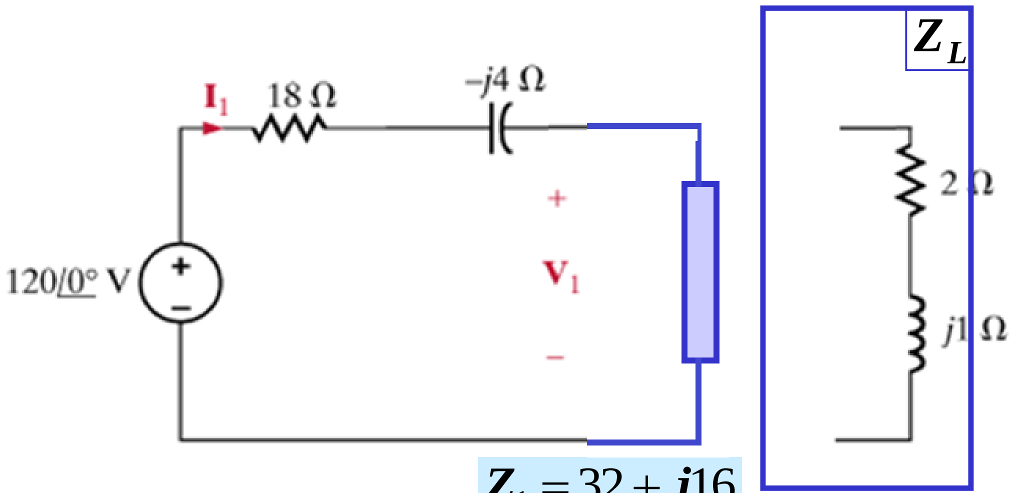
$$\mathbf{V_1 = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} 120\angle 0° = \frac{32 + j16}{51.42\angle 13.5°} \times 120}$$

Aynı karmaşıklıkta

Strateji: İkincil tarafın empedansını birincil tarafa yansıtın

$$Z_1 = \frac{Z_L}{n^2}$$

$$V_1 = 35.78\angle 26.57° \times 2.33\angle -13.5° = 83.36\angle 13.07°$$



$$Z_1 = 32 + j16$$

Kutuplara ve akım yönlerine DİKKAT edin!

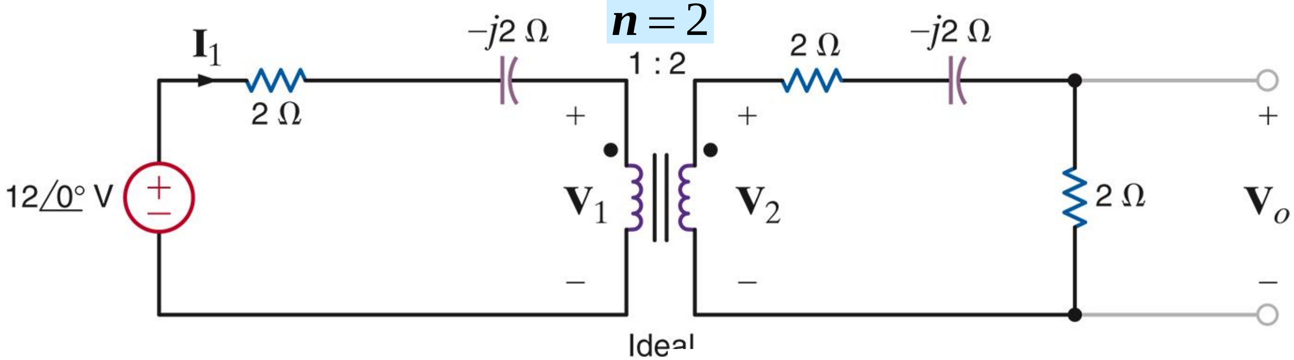
$$\mathbf{I_2} = -\frac{\mathbf{I_1}}{\mathbf{n}} = -4\mathbf{I_1} \text{ (akim noktaya dogru)}$$

$$\mathbf{V_2} = -\mathbf{n}\mathbf{V_1} = -0.25\mathbf{V_1} \text{ (+ noktanin karsisinda)}$$

ÖRNEK

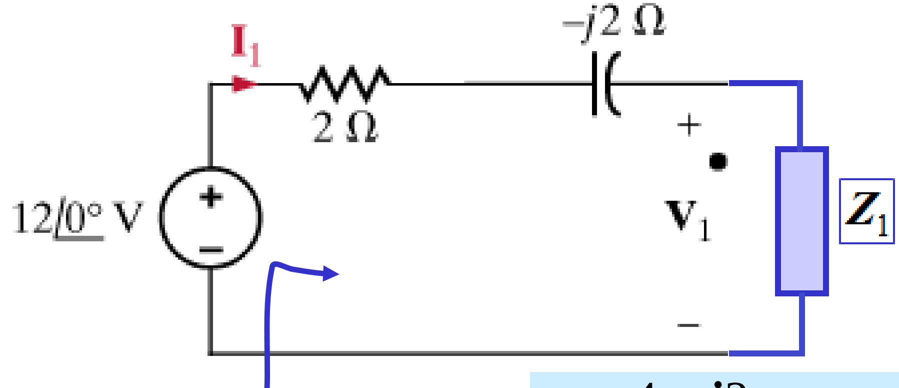
I_1 akımını bulun

$n = 2$



Strateji: ikincil tarafın empedansını birincil tarafa yansıtın

$$Z_1 = \frac{Z_L}{n^2}$$



$$Z_i = 3 - j2.5\Omega$$

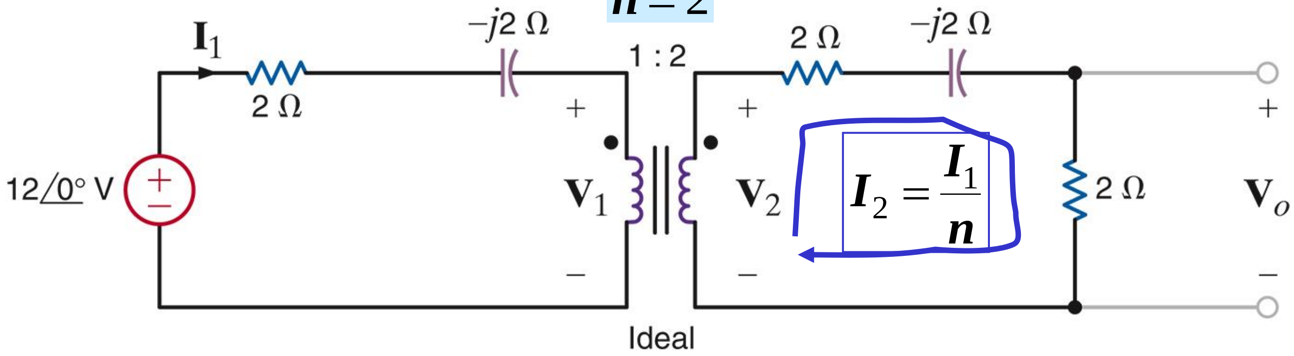
$$Z_1 = \frac{4 - j2}{4} = 1 - j0.5\Omega$$

$$I_1 = \frac{12\angle 0°}{3 - j2.5} = \frac{12\angle 0°}{3.91\angle -39.81°} = 3.07\angle 39.81°(A)$$

ÖRNEK - Devam

V_0 gerilimini bulun

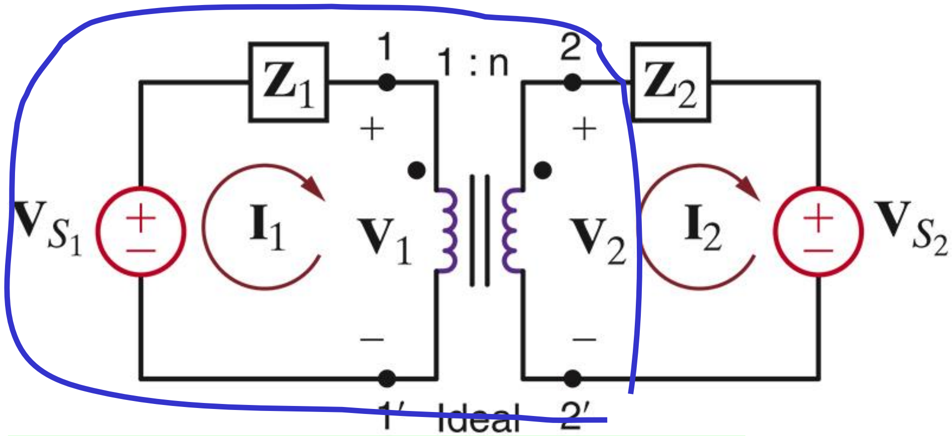
$$n = 2$$



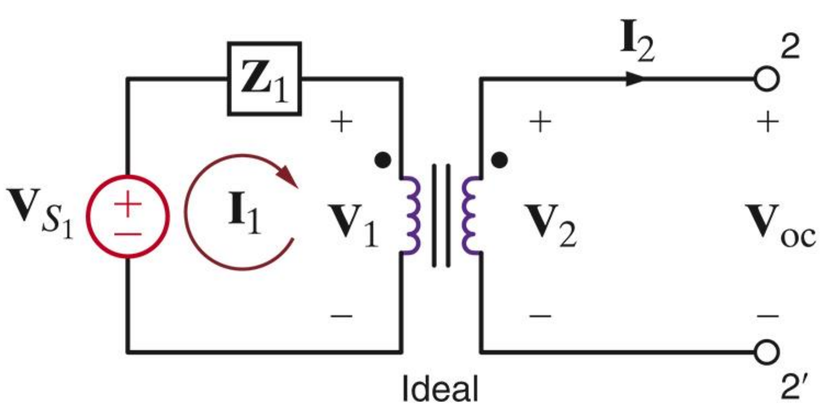
Strateji: İkincil (Sekonder) taraftaki akımı bulun, sonra Ohm kanununu kullanın

$$I_2 = \frac{I_1}{2} \Rightarrow V_0 = 2\Omega \times \frac{I_1}{2} = 3.07\angle 39.81°(V)$$

İDEAL TRAFOLU DEVRELERİ BASİTLEŞTİRMEK İÇİN THEVENIN TEOREMİNİN KULLANIMI



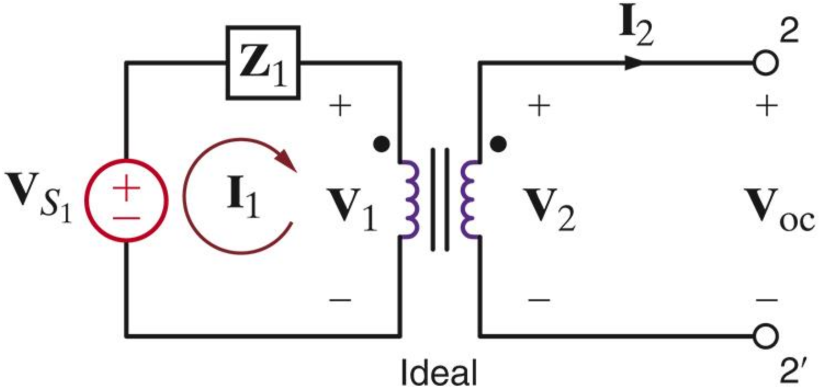
Bu devreyi kendisinin Thevenin Eşdeğeri ile değiştirin

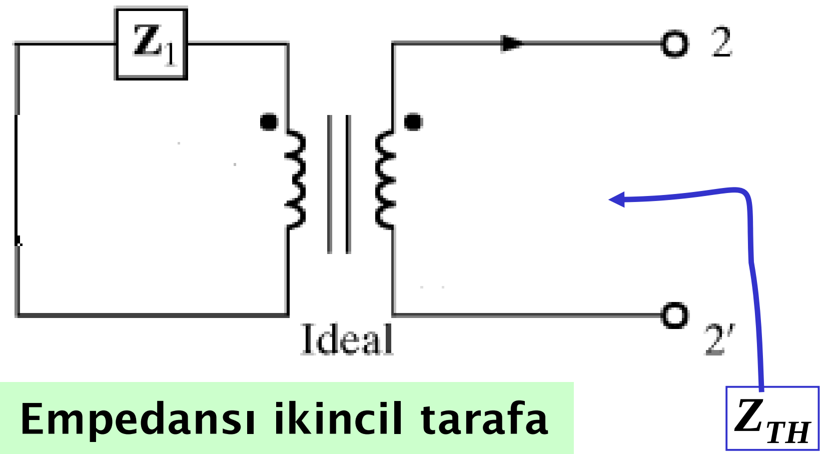


$$\left.\begin{aligned} I_2 &= 0 \\ I_1 &= nI_2 \end{aligned}\right\} \Rightarrow I_1 = 0 \Rightarrow V_1 = V_{S1}$$

$$\left.\begin{aligned} V_1 &= V_{S1} \\ V_2 &= nV_1 \end{aligned}\right\} \Rightarrow V_{OC} = nV_{S1}$$

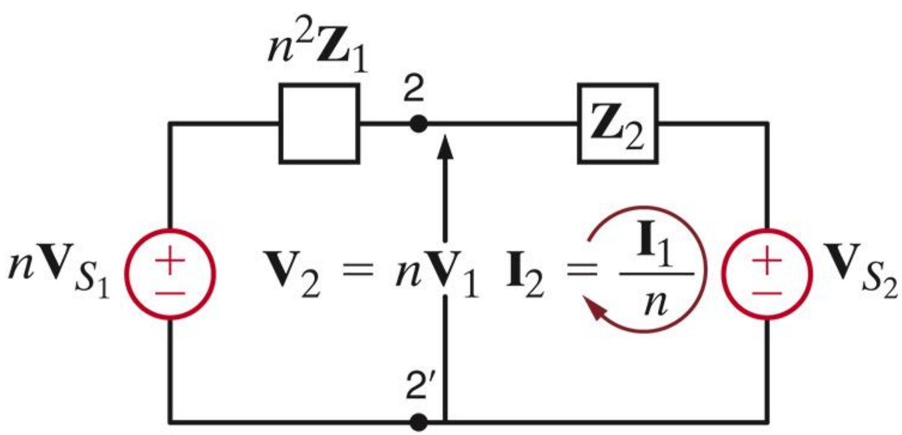
Thevenin empedansını belirlemek için...





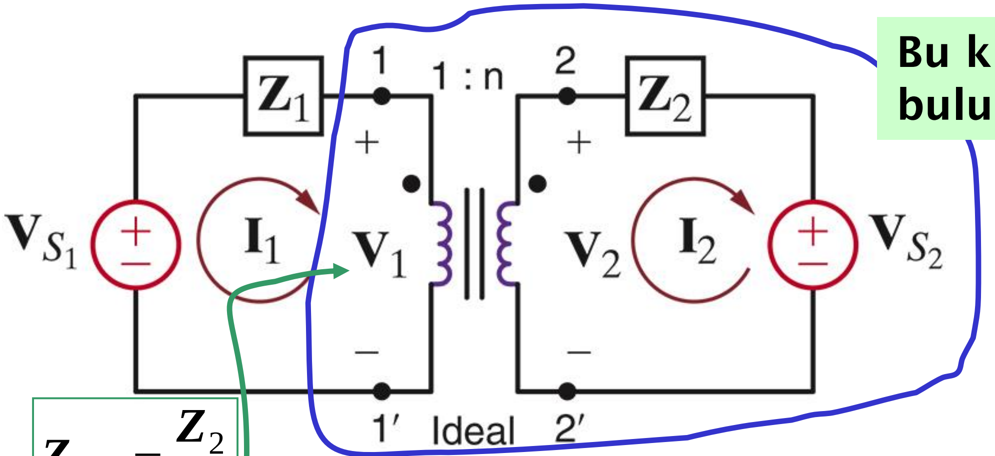
Empedansı ikincil tarafa yansıtın

$$Z_{TH} = n^2 Z_1$$



Trafolu Eşdeğer Devre

THEVENIN TEOREMİNİN KULLANIMI: BİRİNCİL TARAFA YANSITMA

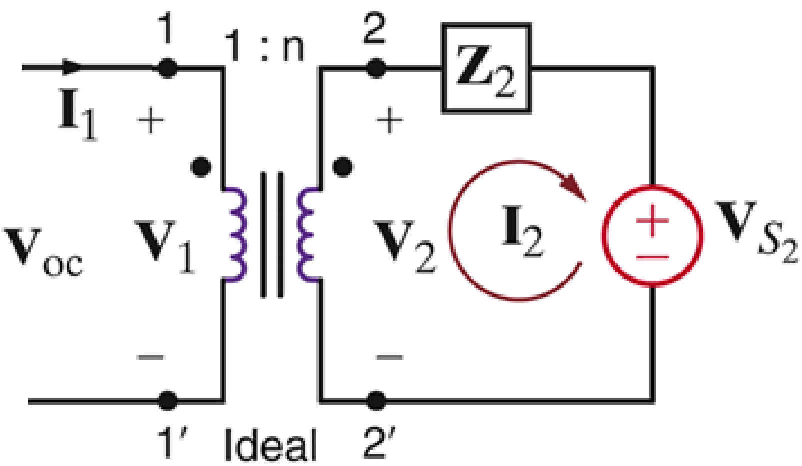


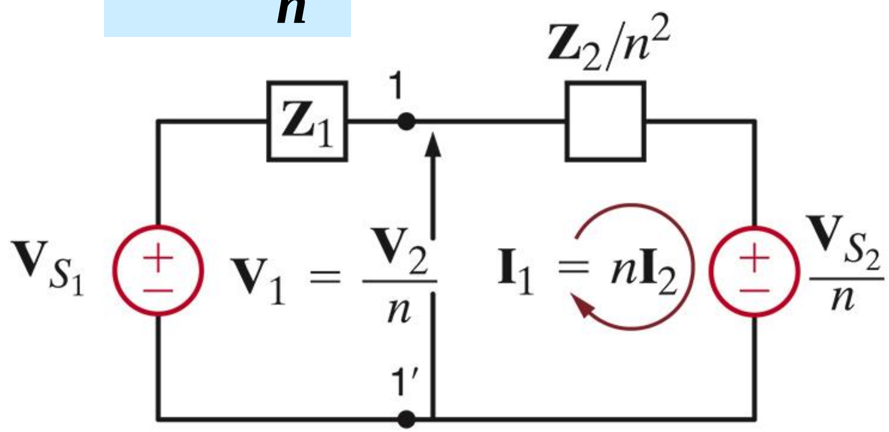
Bu kısmın Thevenin eşdeğerini bulun.

$$Z_{TH} = \frac{Z_2}{n^2}$$

Thevenin empedansı birincil tarafa yansıtılmış ikincil taraf empedansı olacaktır.

$$Z_{TH} = \frac{Z_2}{n^2}$$



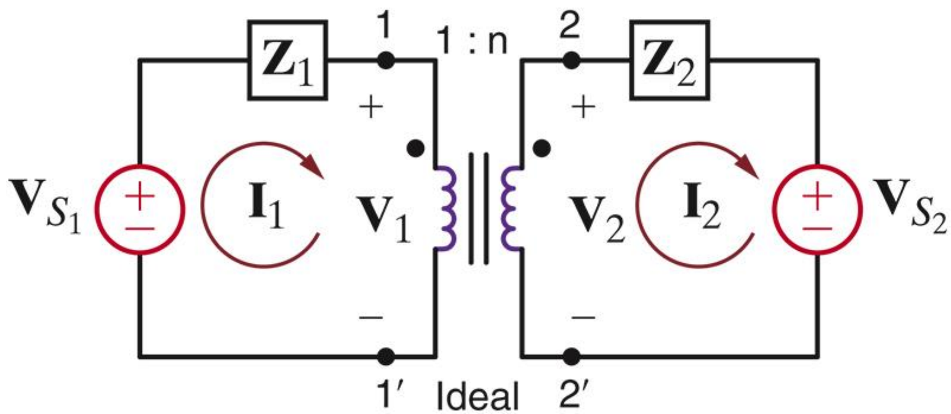


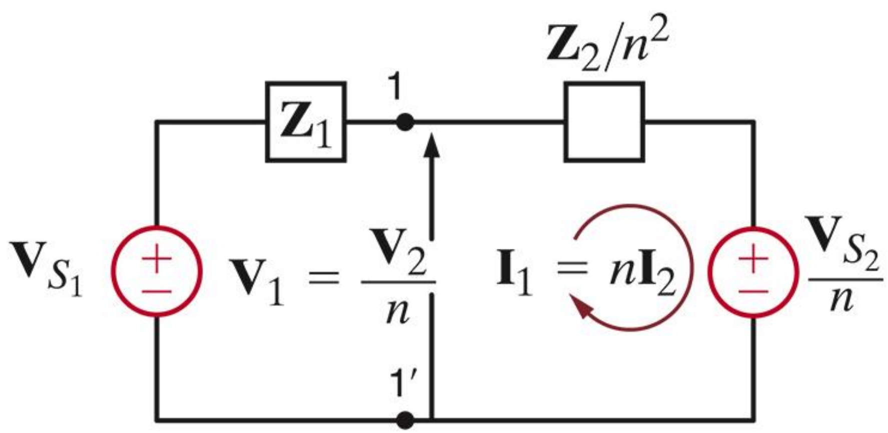
Acik devrede $I_1 = 0$ ve $I_2 = 0$

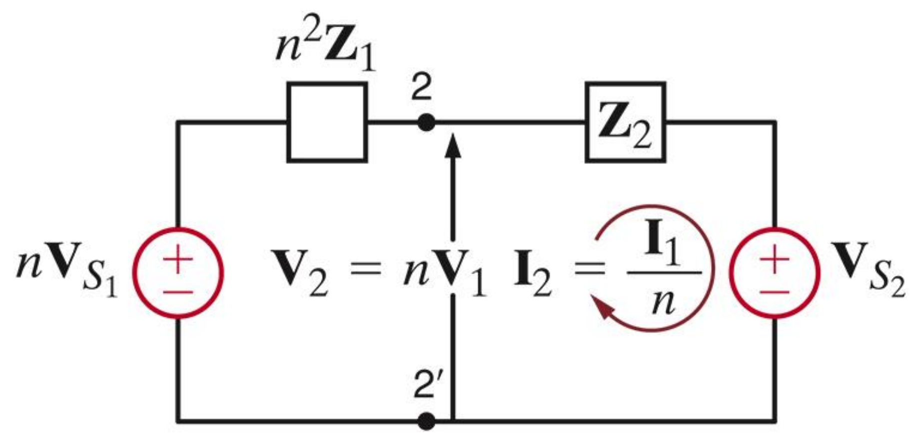
$$V_{OC} = \frac{V_{S2}}{n}$$

Birincil tarafa yansıtılmış Eşdeğer devre

TRAFOLU DEVRELERDE THEVENIN TEOREMİNİN KULLANIMI





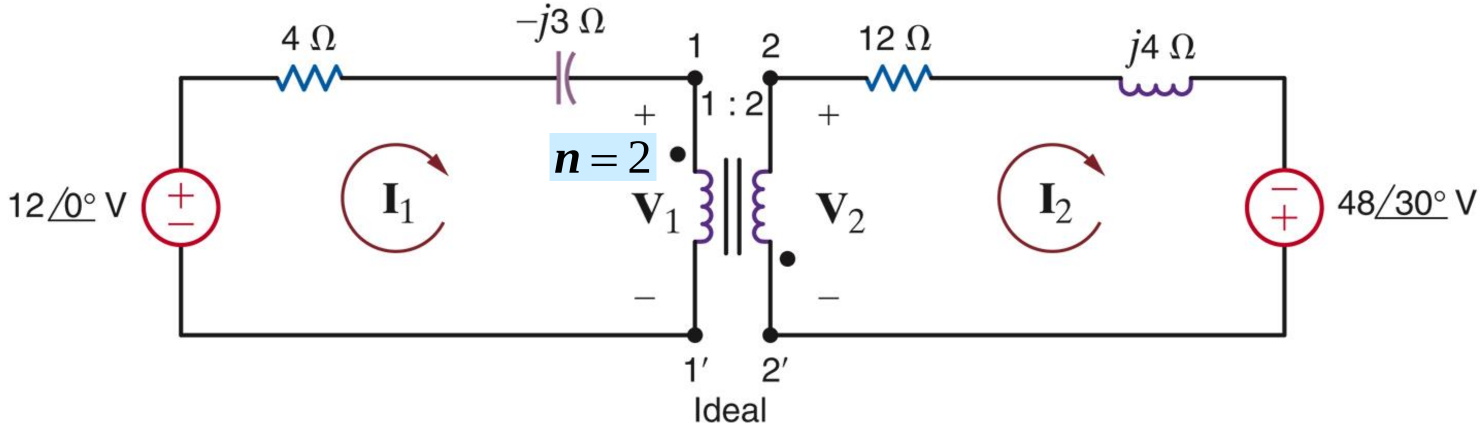


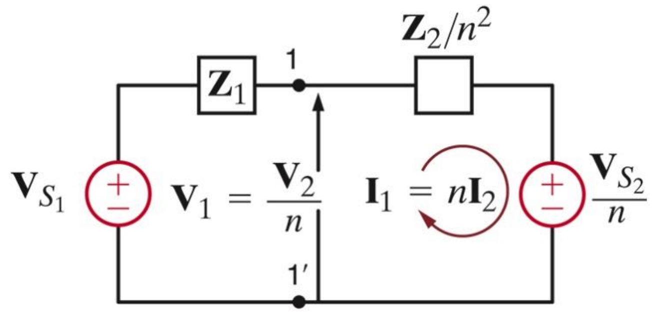
Birincil tarafa yansıtılmış Eşdeğer devre

ikincil tarafa yansıtılmış Eşdeğer devre

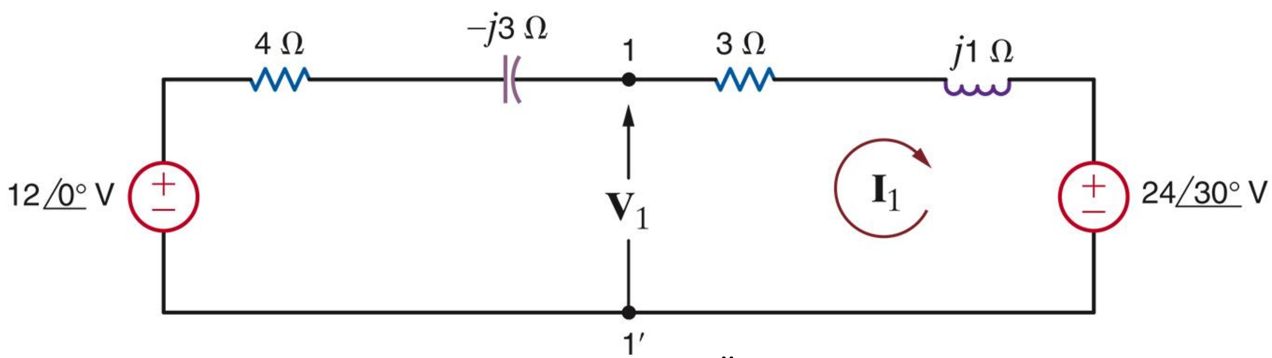
ÖRNEK

Birincil tarafa ve ikincil tarafa yansıtılmış Eşdeğer Devreleri çizin



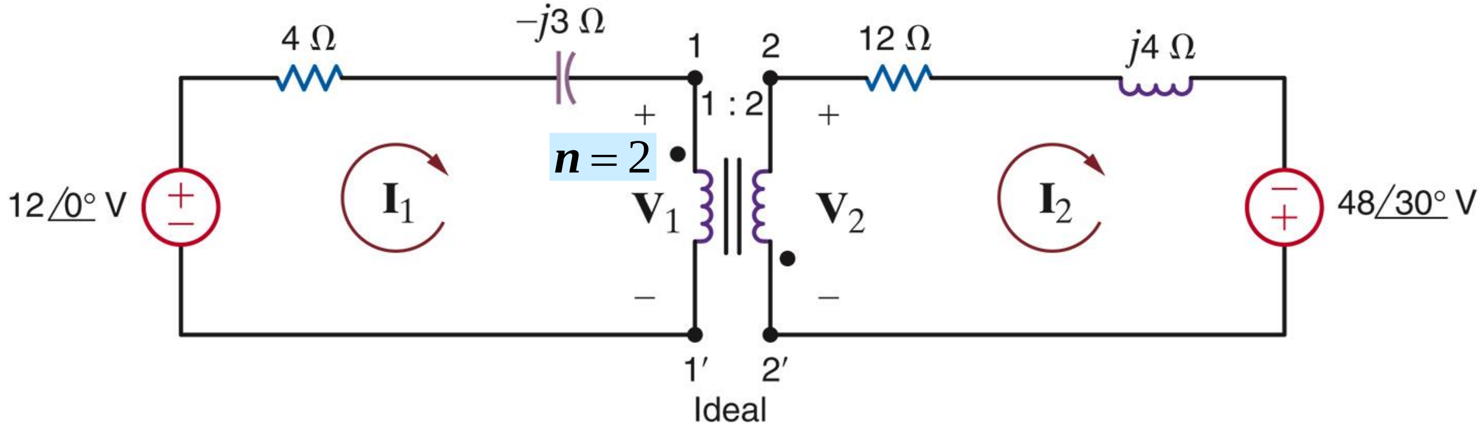


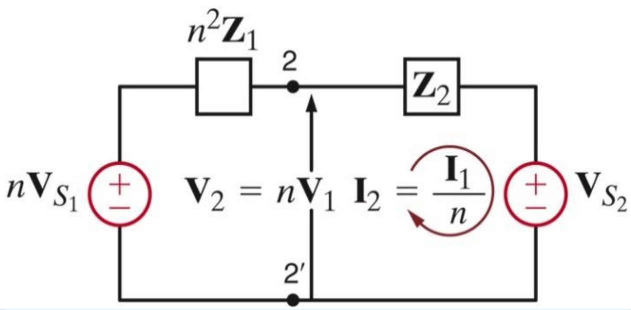
Birincil tarafa yansıtılmış Eşdeğer Devre



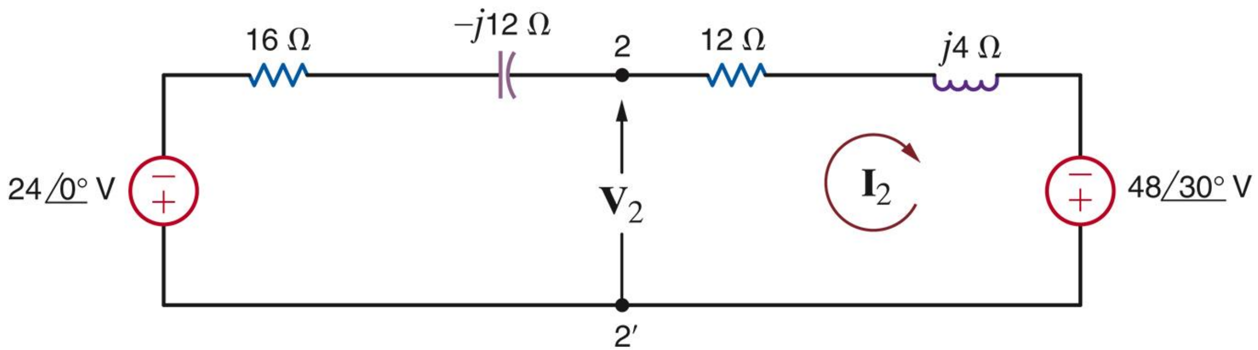
ÖRNEK-Devam

Birincil tarafa ve ikincil tarafa yansıtılmış Eşdeğer Devreleri çizin





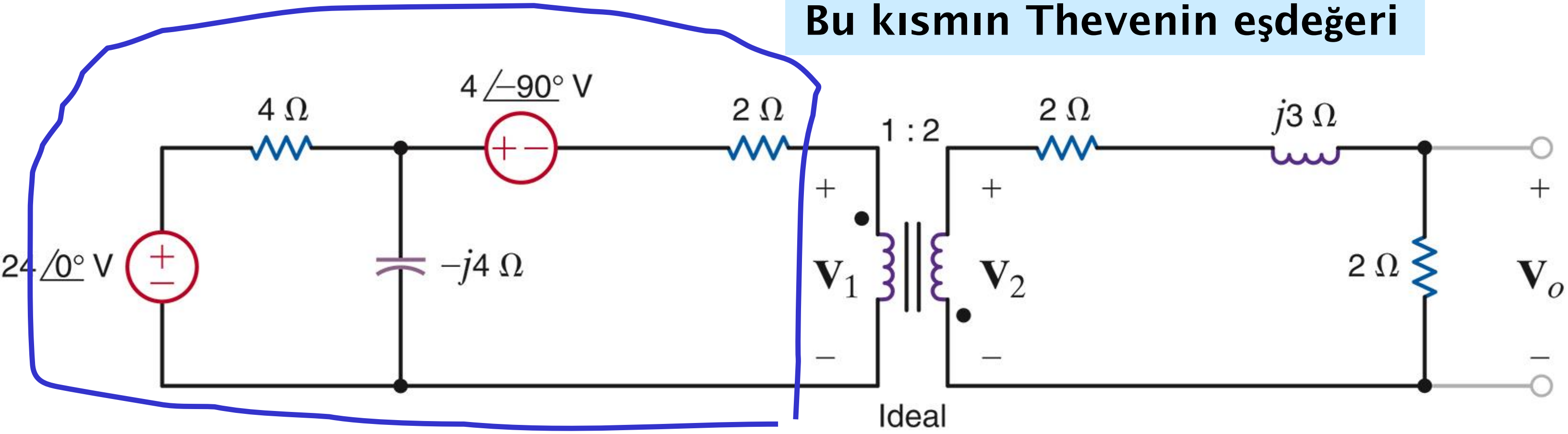
ikincil tarafa yansıtılmış Eşdeğer Devre



ÖRNEK

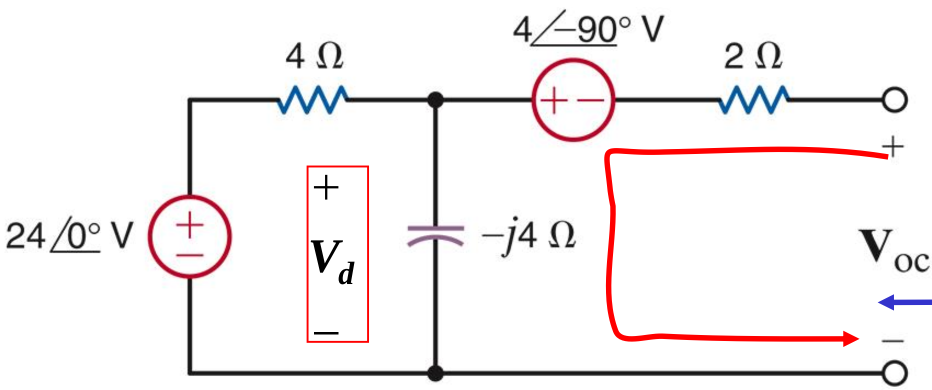
V_o Gerilimini bulun

Bu kısmın Thevenin eşdeğeri



V_o'i bulmak icin ikincil tarafa yansitmak daha iyidir

Fakat daha önce birincil tarafı Thevenin Teoremini kullanarak sadeleştirelim



$$\boxed{V_{OC} = V_d - 4\angle -90°}$$

$$V_d = \frac{-j4}{4-j4} 24\angle 0° = \frac{24\angle -90°}{1-j}$$

$$V_{OC} = 14.42\angle -33.69°(V)$$

$$Z_{TH} = 2 + \frac{-j16}{4-j4} = \frac{8-j8-j16}{4-j4}$$

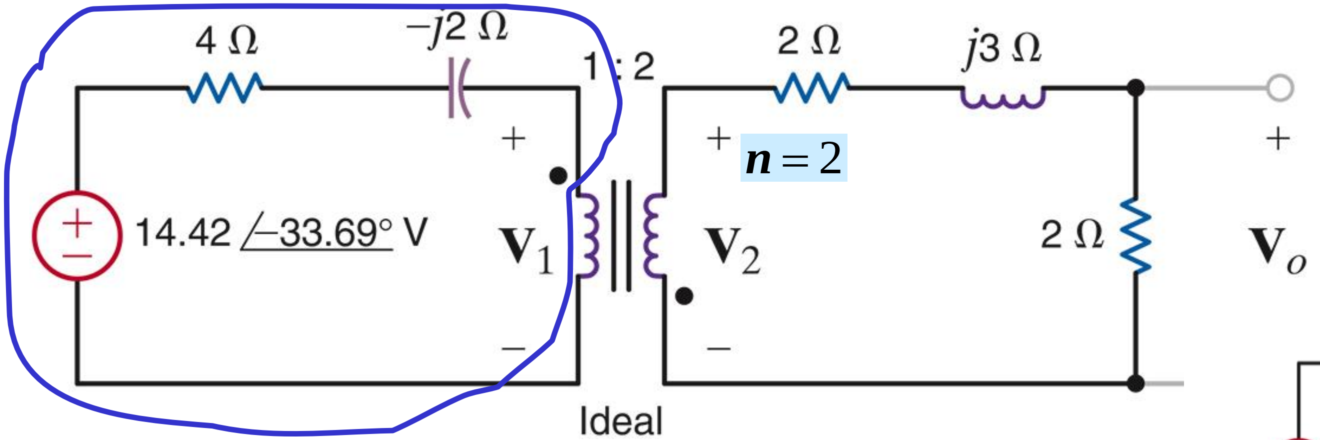
$$Z_{TH} = \frac{2-j6}{1-j} \times \frac{1+j}{1+j} = \frac{8-j4}{2}$$

$$Z_{TH} = 2 + (4 \| -j4)$$

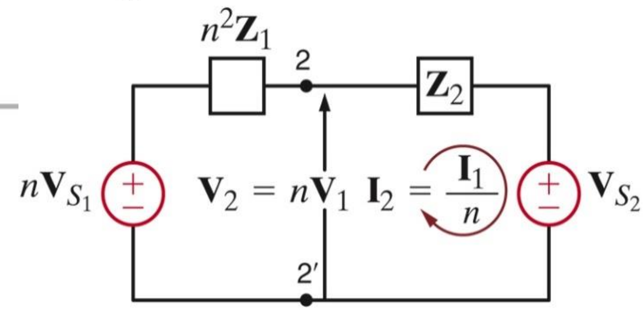
$$Z_{TH} = 4 - j2(\Omega)$$

Bu eşdeğer devre şimdi ikincil tarafa aktarılacaktır

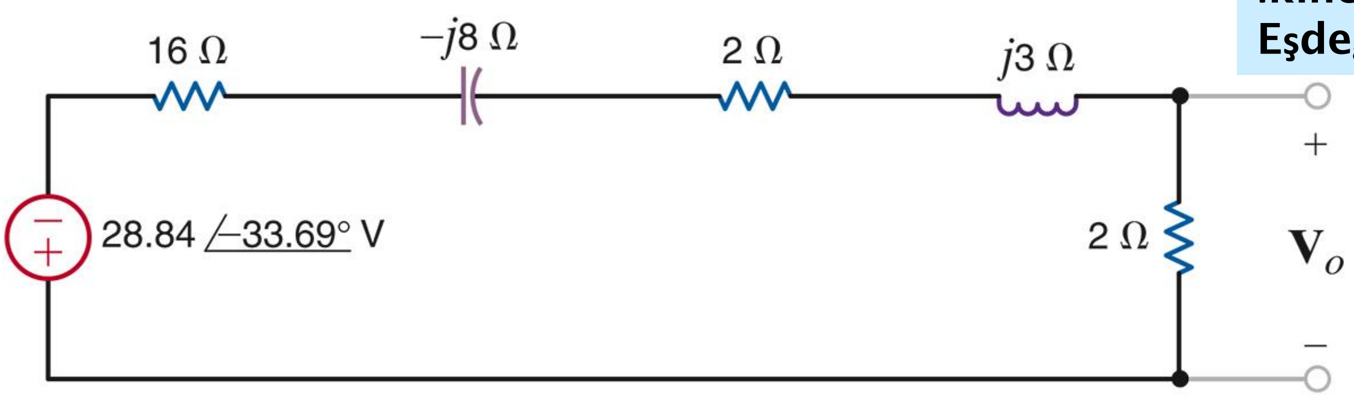
Örnek - Devam…



Birincil tarafın Thevenin eşdeğeri



İkincil tarafa yansıtılmış Eşdeğer devre



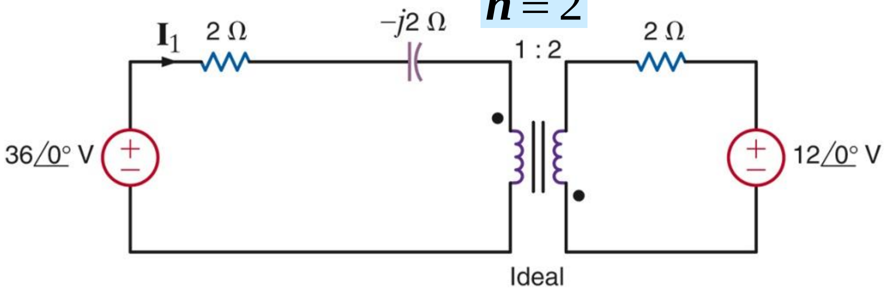
Birincil tarafı ikincil tarafa aktarılmış devre

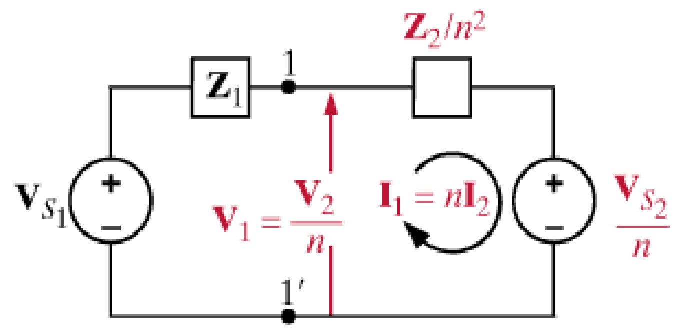
$$\boldsymbol{V_o} = \frac{-2}{20 - j5} 28.84\angle -33.69^\circ = -\frac{2 \times 28.84\angle -33.69^\circ}{20.62\angle -14.04^\circ} = 2.79\angle 160.35^\circ$$

ÖRNEK

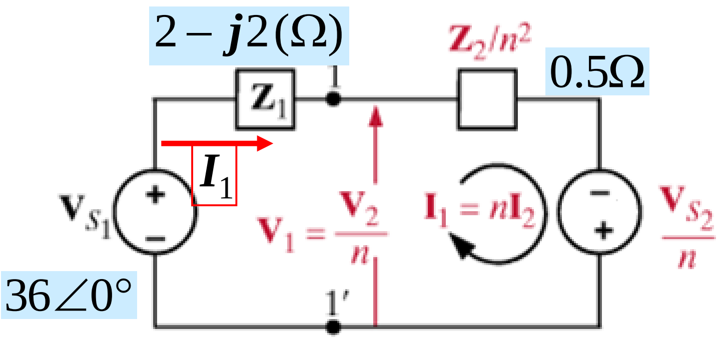
I_1'i bulun

$n = 2$





Birincil tarafa yansıtılmış Eşdeğer Devre



$$\frac{V_{S_2}}{n} = \frac{12\angle 0°}{2}$$

Noktaların konumuna dikkat edin

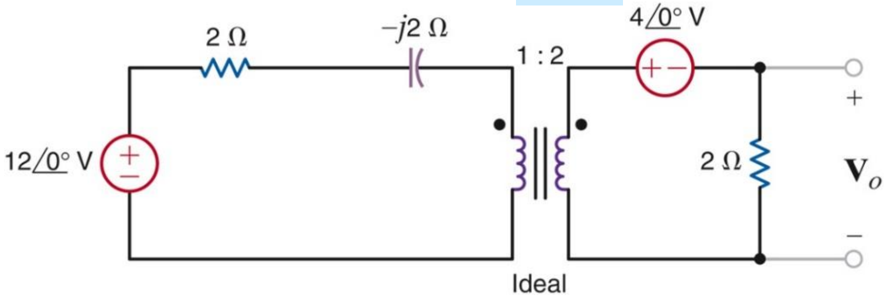
$$I_1 = \frac{36\angle 0° + 6\angle 0°}{2.5 - j2}$$

$$I_1 = 13.12\angle 38.66°$$

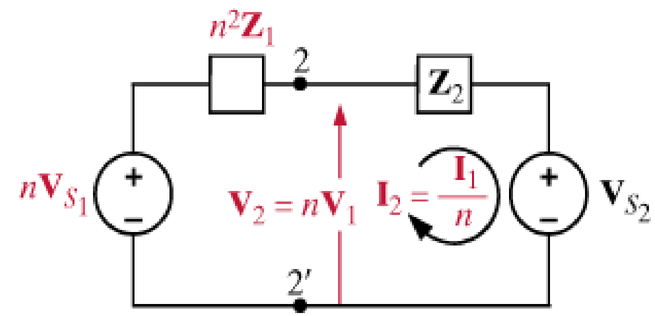
ÖRNEK

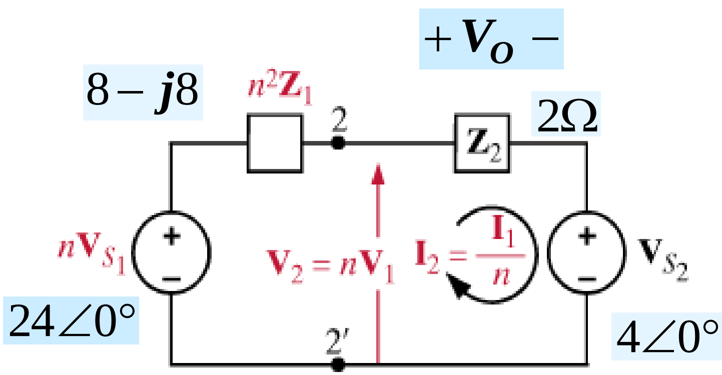
V_o gerilimini bulun

$n=2$



ikincil tarafa aktarın

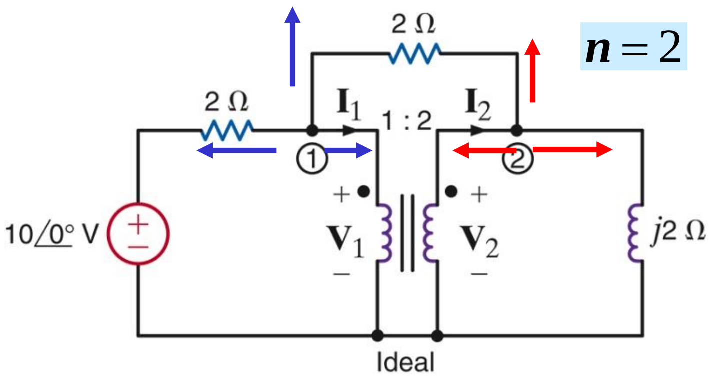




$$V_O = \frac{2}{(8-j8)+2}\,20\angle 0^\circ$$

$$\boldsymbol{V_O = \frac{40\angle 0^\circ}{12.81\angle -38.66^\circ} = 3.12\angle 38.66^\circ}$$

ÖRNEK $\mathbf{I_1, I_2, V_1, V_2}$ degerlerini bulun



$\boldsymbol{n} = 2$

Aktarım yapılamaz. Trafo denklemlerini ve devre analizi gereçlerini kullanın.

İdeal trafo için fazör denklemleri

$$\boldsymbol{V}_1 = \frac{\boldsymbol{V}_2}{\boldsymbol{n}}$$

$$\boldsymbol{I}_1 = \boldsymbol{n}\boldsymbol{I}_2$$

$$\textbf{@ Dügüm 1:}\ \frac{\boldsymbol{V}_1 - 10\angle 0°}{2} + \frac{\boldsymbol{V}_1 - \boldsymbol{V}_2}{2} + \boldsymbol{I}_1 = 0$$

$$\textbf{@Dügüm 2:}\ \frac{\boldsymbol{V}_2 - \boldsymbol{V}_1}{2} + \frac{\boldsymbol{V}_2}{j2} - \boldsymbol{I}_2 = 0$$

4 denklem 4 bilinmeyen!

$$2\boldsymbol{V}_1 - \boldsymbol{V}_2 + 2\boldsymbol{I}_1 = 10\angle 0° \quad \Rightarrow \boldsymbol{I}_1 = 5\angle 0°$$

$$-\boldsymbol{V}_1 + (1 - \boldsymbol{j})\boldsymbol{V}_2 - 2\boldsymbol{I}_2 = 0$$

$$\boldsymbol{V}_2 = 2\boldsymbol{V}_1$$

$$\boldsymbol{I}_1 = 2\boldsymbol{I}_2 \longrightarrow \boldsymbol{I}_2 = 2.5\angle 0°$$

$$-\boldsymbol{V}_1 + (1 - \boldsymbol{j})(2\boldsymbol{V}_1) = 5\angle 0°$$

$$\boldsymbol{V}_1 = \frac{5\angle 0°}{1 - \boldsymbol{j}2} = \frac{5\angle 0°}{2.24\angle -63.43°}$$

$$\boldsymbol{V}_1 = \sqrt{5}\angle 63.43°$$

$$\boldsymbol{V}_2 = 2\sqrt{5}\angle 63.43°$$

İDEAL TRANSFORMATÖRLÜ DEVRELERDE PROBLEM ÇÖZME STRATEJİSİ

1. adım:

Seçilen akım ve gerilim yönleri ile trafonun noktaları arasındaki ilişkiyi belirleyiniz.

- Her iki tarafta da gerilim noktalı uçta ya da noktasız uçta pozitif kabul edilmiş ise, o zaman $(v_1/v_2)=(N_1/N_2)$ olur.
- Eğer bir tarafta noktalı ucun diğer tarafta noktasız ucun gerilimi pozitif kabul edilmiş ise, o zaman $(v_1/v_2)=(-N_1/N_2)$ olur.
- Eğer bir akım noktalı uca giriyor olarak diğeri noktalı uçtan çıkıyor olarak tanımlanmış ise, o zaman $(N_1i_1)=(N_2i_2)$ olur. Aksi durumda $(N_1i_1)=(-N_2i_2)$ olur.

2. adım:

Eğer trafonun iki sargısı arasında elektriksel bir bağlantı yoksa,

- Trafonun bir tarafındaki elemanları diğer tarafa yansıtarak ideal trafoyu aradan çıkarınız.
- Empedansları yansıtırken sadece genliklerinin değiştirileceğini unutmayınız.
- Yansıtma sonucunda elde edilen devreyi devre analizi teknikleri ile çözünüz.
- Bulunan akım ve gerilimleri tekrar geri yansıtarak arananları bulunuz.

3. adım:

Eğer trafonun iki sargısı arasında elektriksel bir bağlantı varsa;

- Düğüm veya çevre analizi yöntemlerini kullanarak devre denklemlerini yazınız.
- Trafonun gerilimleri ve akımları arasındaki ilişkiyi kullanarak denklemleri çözünüz.

4. adım:

Alternatif bir yaklaşım olarak;

- Devreyi basitleştirmek için Thevenin veya Norton teoremlerini kullanarak ideal trafoyu aradan çıkarınız ve basitleştirilmiş devreyi çözünüz.