Electrical Circuits
Circuit theorems / kapsam kontrolü

Kaynak temelli Türkçe çalışma notları

7 Kasım 2026

Okuma notu

Kavramlar İngilizce adları ve Türkçe karşılıklarıyla açıklanır. Kaynak kimlikleri dosya inceleme raporunda karşılık bulur. Hazırlık örnekleri ile çıkmış final soruları ayrı etiketlenmiştir. Güncel vize kapsamı resmi duyuruyla doğrulanmamıştır.

İçindekiler

1 Superposition, Source Transformation and Equivalent Circuits 2

1.1 Linearity: Neyi toplayabiliriz? . . . 2
1.2 Source deactivation: Sıfırlamak ne demek? . . . 2
1.3 Superposition Theorem: Adım adım . . . 2
1.4 Superposition: Çözümü iki yolla doğrulamak . . . 2
1.5 Source Transformation: Terminal equivalence . . . 3
1.6 Thevenin's Theorem: Yükü çıkarıp soldaki ağı görmek . . . 3
1.7 Çıkmış finalden temel soru: 50 V, 5 ve 20 ohm [K0290 S19] . . . 4
1.8 Norton's Theorem ve kısa devre current'ı . . . 4
1.9 Test source ile R_{Th}: Dependent source varsa . . . 4
1.10 Maximum Power Transfer: Hangi load? . . . 4
1.11 Aynı soru için yöntem seçimi . . . 5

1 Superposition, Source Transformation and Equivalent Circuits

Kapsam ve kaynaklar

Bu bölüm, dönemlere göre vize sınırı değişebilen konuları da kapsar. Ana kaynaklar BZ203 Lec 4 [K0216], Week 6–8 [K0184–K0186], sorular [K0552–K0557]. 2025 sohbetinde Thevenin/Norton'un vize sonrasına kaldığına ilişkin mesajlar var; bunlar o yılın öğrenci aktarımlarıdır. Güncel vize kapsamına kesin dahil oldukları iddia edilmez. Temel konular bittiğinde kapsam kontrolüyle çalışılacak tamamlayıcı bölümdür.

1.1 Linearity: Neyi toplayabiliriz?

Linearity (doğrusallık), homogeneity (ölçekleme) ve additivity (toplanabilirlik) özelliklerinin birlikte sağlanmasıdır. Dirençli doğrusal ağda bir source iki katına çıkarılıp diğerleri uygun biçimde sıfırlanırsa ona bağlı response da iki katına çıkar. Response burada current veya voltage'dır.

Power, i^2R veya v^2/R içerdiği için doğrusal response değildir. Örneğin iki source'un ayrı ayrı oluşturduğu current'lar 1 A ve 2 A ise toplam current 3 A; resistor power ise $9R$ olur. Ayrı power'ları $R + 4R = 5R$ toplamak doğru değildir.

1.2 Source deactivation: Sıfırlamak ne demek?

Independent voltage source'u sıfırlamak $v = 0$ demektir; ideal short circuit ile değiştirilir. Independent current source'u sıfırlamak $i = 0$ demektir; ideal open circuit ile değiştirilir. Source'a ait ayrı bir iç resistance çizilmişse o resistor devrede kalır.

Dependent Sources kapatılmaz

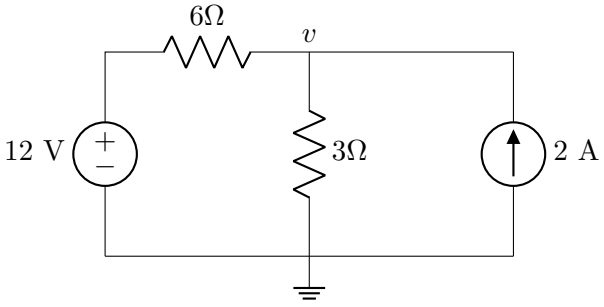
Superposition veya R_{Th} hesabında dependent source devrede kalır. Kontrol current'ı/voltage'ı ilgili alt devrede yeniden çözülür. Onun değeri sıfır çıkabilir, fakat başlangıçta kaynak "bağımlı olduğu için" keyfi kaldırılmaz.

1.3 Superposition Theorem: Adım adım

1) Bulunacak current/voltage için tek bir referans tanımla. 2) Bir independent source'u aktif tut. 3) Diğer independent source'ları sıfırla. 4) O source'un response katkısını hesapla. 5) Her independent source için tekrarla. 6) İşaretli katkıları topla. 7) İsteniyorsa power'ı toplam current/voltage'dan hesapla.

Bir alt devrede current yönü ilk seçimine ters çıkarsa negatif katkı yazılır. Alt devreler arasında ölçüm polarity'sini veya current okunu değiştirmek işaretlerin toplanmasını anlamsız yapar.

1.4 Superposition: Çözümü iki yolla doğrulamak

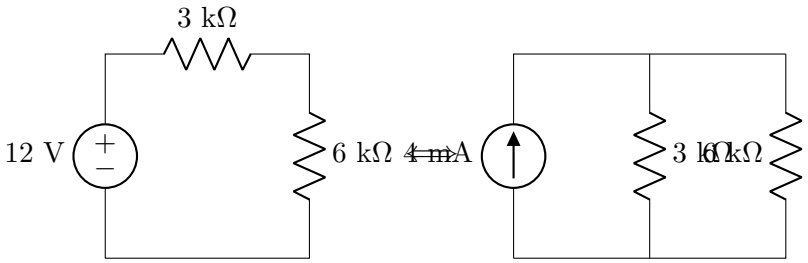


Bir node v ground'a 6 Ω ve 3 Ω ile bağlıdır. 6 Ω yolunun öteki ucu +12 V'a bağlı; 3 Ω doğrudan ground'a bağlıdır. Ground'dan node'a 2 A current source eklenmiştir.

Yalnız voltage source aktif: current source open; $v' = 12 \cdot 3/(6+3) = 4$ V. Yalnız current source aktif: voltage source short; $6 \parallel 3 = 2\Omega$, $v'' = 2 \cdot 2 = 4$ V. Toplam $v = 8$ V. 3 Ω üzerindeki current 8/3 A.

Tek KCL kontrolü: $(v-12)/6 + v/3 = 2$; $v - 12 + 2v = 12$, $v = 8$ V. Load power $v^2/3 = 64/3$ W. Alt devre power'ları $16/3 + 16/3 = 32/3$ W toplamı bu değere eşit değildir; power superposition uygulanmaz.

1.5 Source Transformation: Terminal equivalence



V_s voltage source'una series R bağlıysa, aynı iki terminalden bakıldığında $I_s = V_s/R$ current source'una parallel aynı R ile eşdeğerdir. Ters dönüşüm $V_s = I_s R$:

$$V_s \text{ series } R \quad \Longleftrightarrow \quad I_s = V_s/R \text{ parallel } R.$$

Current source oku equivalent voltage source'un + terminaline doğru olmalıdır. Eşdeğerlik, dış terminal voltage–current ilişkisini korur. İçteki source'un power'ı ve series resistance current'ı, dönüşümden sonra birebir aynı olmak zorunda değildir.

Örnek: 12 V series 3 kΩ yerine 4 mA parallel 3 kΩ. 6 kΩ load bağlıyken voltage biçimi $V_L = 12 \cdot 6/(3+6) = 8$ V; current biçimi $I_L = 4 \cdot 3/(3+6) = 4/3$ mA ve $V_L = 8$ V. Terminal sonucu aynıdır.

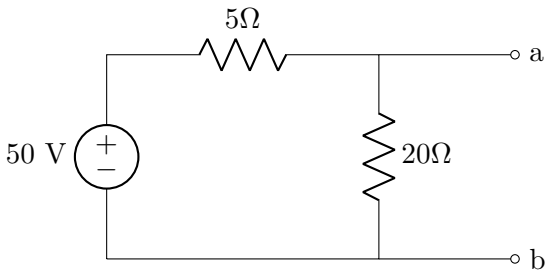
1.6 Thevenin's Theorem: Yükü çıkarıp soldaki ağı görmek

Linear iki-terminal bir network, bir V_{Th} source ve series R_{Th} ile temsil edilebilir. V_{Th}, load çıkarılmışken open-circuit terminal voltage V_{oc}'dir. Load'un current'ı sıfır olsa bile iç ağdaki bütün current'lar sıfır olmayabilir.

Yöntem: load'u ayır; a–b terminal polarity'sini seç; aktif kaynaklarla V_{oc} bul; bağımsız kaynakları kapatıp a–b'den görülen equivalent resistance'ı bul; dependent source varsa test source yöntemi kullan; load'u tekrar bağla:

$$I_L = \frac{V_{Th}}{R_{Th} + R_L}, \qquad V_L = \frac{V_{Th} R_L}{R_{Th} + R_L}.$$

1.7 Çıkmış finalden temel soru: 50 V, 5 ve 20 ohm [K0290 S19]



50 V source, series 5 Ω ve ground'a 20 Ω ile divider oluşturuyor; a–b terminalleri 20 Ω ile aynı iki node'dadır. Harici load henüz bağlı değildir. $V_{Th} = 50 \cdot 20/(5 + 20) = 40$ V.

Source short yapıldığında 5 Ω ile 20 Ω aynı a–b terminalleri arasında paralel görünür: $R_{Th} = 5 \parallel 20 = 4\Omega$. Yanlış 25 Ω cevabı, source kapatıldıktan sonraki yeni bağlantıyı yeniden çizmemekten gelir. Özgün soru final etiketlidir; vize sorusu sayılmamıştır.

1.8 Norton's Theorem ve kısa devre current'ı

Norton equivalent, I_N current source ve parallel R_N'dir. $R_N = R_{Th}$, $I_N = I_{sc} = V_{Th}/R_{Th}$. I_{sc}, a–b short yapıldığında dış short üzerinden a'dan b'ye seçilen current'tır.

Önceki örnekte $I_N = 40/4 = 10$ A. Doğrudan kontrol: a–b short yapılınca 20 Ω bypass olur ve 50 V sadece 5 Ω üzerinden 10 A üretir. Bu 10 A short'tan geçer. Network'ün normal open-circuit iç current'ı 2 A iken short current'ının 10 A olması çelişki değildir; terminal koşulu değişmiştir.

1.9 Test source ile R_{Th}: Dependent source varsa

Independent source'ları kapat, dependent source'ları koru. a–b'ye $V_t = 1$ V test source uygula; network'e a ucundan giren I_t current'ını çöz. $R_{Th} = V_t/I_t$. İstersen $I_t = 1$ A enjekte edip çıkan V_t'yi bul. Test source yönü ile oran işareti tutarlı olmalıdır.

Öğretici örnek: port'a paralel 2 kΩ resistor ve port'tan ground'a $0.5v$ mA dependent source var; v port voltage'ı. 1 V test voltage altında resistor 0.5 mA, dependent source 0.5 mA çeker; toplam 1 mA. $R_{Th} = 1$ V/1 mA = 1 kΩ. Sadece görünen resistor'ı alıp 2 kΩ demek yanlıştır.

Dependent source ağı enerji sağlayabildiğinden test source hesabında negatif equivalent resistance da mümkün olabilir. Bu notlardaki maksimum power formülü ise pozitif R_{Th} varsayımıyla verilmiştir.

1.10 Maximum Power Transfer: Hangi load?

Pozitif R_{Th}'li DC resistive Thevenin ağı için:

$$P_L = I_L^2 R_L = \frac{V_{Th}^2 R_L}{(R_{Th} + R_L)^2}.$$

Load çok küçükse current büyük ama load voltage küçük; load çok büyükse voltage büyük ama current küçük. Türev sıfırlandığında:

$$R_L = R_{Th}, \qquad P_{max} = \frac{V_{Th}^2}{4R_{Th}}.$$

50 V örneğinin equivalent'ı 40 V, 4Ω idi. En uygun load 4 Ω, current 5 A, load voltage 20 V ve $P_{max} = 100$ W. Aynı equivalent iç resistance da 100 W tüketir; bu çalışma noktası maksimum verim anlamına gelmez. Thevenin biçiminde güç aktarım verimi %50'dir.

1.11 Aynı soru için yöntem seçimi

Birden fazla load değeri isteniyorsa Thevenin/Norton başlangıç maliyetini karşılar. Birkaç independent source'un katkıları soruluyorsa Superposition kullan. Series voltage source ile parallel current source biçimleri birbirine dönüştürülebiliyorsa Source Transformation devreyi azaltabilir. Bütün ağ için node voltage gerekiyorsa Nodal çoğu zaman daha doğrudan olur.

Kendini sına

$V_{Th} = 18$ V, $R_{Th} = 3$ kΩ. 1) Norton current? 2) $R_L = 6$ kΩ için I_L, V_L? 3) Maximum power için R_L ve P_{max}?

Çözüm

1) 6 mA. 2) $18/(3+6) = 2$ mA, $V_L = 12$ V. 3) $R_L = 3$ kΩ ve $P_{max} = 324/(4 \cdot 3000) = 27$ mW. Superposition uygulanıyorsa önce current/voltage toplanır, en son power hesaplanır.