Electrical Circuits
Mesh analysis & supermesh

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 Mesh Analysis, Loop Analysis and Supermesh **2**

1.1 Mesh current seçimi ve ortak branch . . . 2
1.2 İki mesh: Tam çözüm ve fiziksel kontrol . . . 2
1.3 Resistance matrix . . . 3
1.4 Üç mesh için örnek denklem sistemi . . . 3
1.5 Dış branch'teki current source . . . 3
1.6 Shared current source ve Supermesh . . . 3
1.7 Supermesh: Sayısal örnek . . . 3
1.8 Dependent source ile mesh . . . 4
1.9 Loop mu Mesh mi Nodal mı? . . . 4
1.10 Çözüm şablonu ve son kontrol . . . 4

1 Mesh Analysis, Loop Analysis and Supermesh

Hedef ve kaynaklar

Mesh Analysis (göz analizi) ve Loop Analysis (çevre analizi), KVL'yi uygun current unknown'larıyla sistematik uygular. Kaynaklar: Week 5 [K0183] s.2–6, BZ203 Lec 3 [K0215], sınıf fotoğrafları [K0576–K0585]. 7 Kasım 2025 tarihli öğrenci sohbetinde "bir loop sorusu" aktarımı bulunur [K0432]; bu tarihsel, ikinci el bilgidir. Güncel sınav için garanti olarak kullanılmamıştır.

1.1 Mesh current seçimi ve ortak branch

Planar bir circuit'te her küçük mesh'e bir current ata. Hepsini clockwise (saat yönü) seçmek işaret takibini kolaylaştırır. Fiziksel current'ın bu yönde olmasına gerek yoktur. İçinde başka loop bulunan dış çerçeve ayrıca bağımsız mesh sayılmaz.

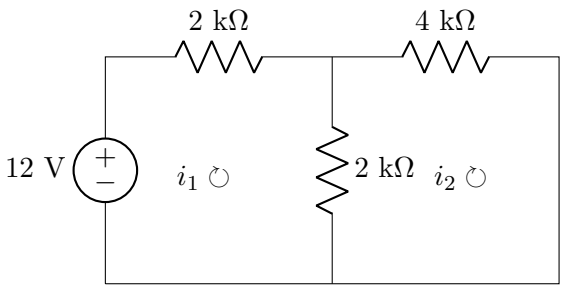
İki yan yana mesh'in ortak dikey resistor'ında soldaki clockwise current aşağı, sağdaki clockwise current yukarı akar. Aşağı yönlü branch current $i_1 - i_2$'dir. Soldaki mesh KVL'sinde drop $R(i_1 - i_2)$; sağdaki mesh için kendi yürüyüşüne göre drop $R(i_2 - i_1)$ olur.

Ortak resistor'da aynı ifadeyi iki KVL'ye kopyalama

Saat yönünde seçilmiş iki mesh için aynı ortak resistance'ın sol denklemde $R(i_1 - i_2)$, sağ denklemde $R(i_2 - i_1)$ olması gerekir. İki denklem farklı yürüyüş yönlerinden bakar. 2025 sohbetindeki paylaşımlarda bu işaret tartışması da bulunuyor; burada doğru referans kuralı çizimden türetilmiştir.

1.2 İki mesh: Tam çözüm ve fiziksel kontrol

Soldaki dış resistor 2 kΩ, sağdaki dış resistor 4 kΩ, ortak resistor 2 kΩ olsun. Sol mesh'te saat yönünde 12 V source rise vardır. Sağ dış branch'te source yoktur. i_1, i_2 saat yönünde mA seçilsin.



Sol KVL: $-12 + 2i_1 + 2(i_1 - i_2) = 0$. Sağ KVL: $4i_2 + 2(i_2 - i_1) = 0$. Düzenleyelim:

$$4i_1 - 2i_2 = 12, \qquad -2i_1 + 6i_2 = 0.$$

İkinci denklem $i_1 = 3i_2$ verir. İlkinde $12i_2 - 2i_2 = 12$, dolayısıyla $i_2 = 1.2$ mA ve $i_1 = 3.6$ mA. Ortak branch current aşağı doğru 2.4 mA; ortak voltage 4.8 V. Sağ resistor da aynı üst-alt node'lara bağlıdır; $4 \cdot 1.2 = 4.8$ V ile uyuşur.

Reduction kontrolü: ortak 2 kΩ ile sağdaki 4 kΩ paralel olup 4/3 kΩ eder; soldaki 2 kΩ ile toplam 10/3 kΩ. Source current $12/(10/3) = 3.6$ mA. Power: source 43.2 mW supplies; resistor'lar $25.92 + 11.52 + 5.76 = 43.2$ mW absorbs.

1.3 Resistance matrix

Yalnızca resistor ve voltage source içeren mesh sisteminde diagonal, mesh çevresindeki resistance'ların toplamıdır; off-diagonal, ortak resistance'ın negatifidir:

$$\begin{bmatrix} 4 & -2 \\ -2 & 6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12 \\ 0 \end{bmatrix}.$$

Bu örnekte kΩ ile mA kullanıldığından sağ taraf V'dir. Bir loop'ta source rise pozitif, drop negatif olacak şekilde source toplamını sağ tarafa yazabilirsin. Bütün mesh'ler aynı yönde seçilmezse off-diagonal işaret kuralı değişebilir; en güvenli yol shared branch current'ını tek tek yazmaktır.

1.4 Üç mesh için örnek denklem sistemi

Lineer bir üç-mesh ağının resistance matrisi şu olsun:

$$\begin{bmatrix} 4 & -1 & 0 \\ -1 & 5 & -2 \\ 0 & -2 & 6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ 0 \\ 4 \end{bmatrix}.$$

Sol ve orta mesh arasında 1, orta ve sağ arasında 2 kΩ ortak resistance vardır; sol ve sağın ortak resistance'ı yoktur. Diagonal toplamları 4,5,6 kΩ'dur. İlk denklem $i_1 = 2.5 + 0.25i_2$, üçüncü $i_3 = 2/3 + i_2/3$. İkinciye yerleştirince $(49/12)i_2 = 23/6$; $i_2 = 46/49 = 0.9388$ mA. Ardından $i_1 = 134/49 = 2.7347$ mA, $i_3 = 48/49 = 0.9796$ mA. Ortadaki ortak branch $i_2 - i_3 = -2/49$ mA bulunabilir; negatif branch sonucu normaldir.

1.5 Dış branch'teki current source

Bir current source yalnızca tek mesh'in dış sınırındaysa mesh current zaten bilinir. Ok mesh yönüyle aynıysa $i_k = I_s$, tersse $i_k = -I_s$. O mesh için ayrıca bilinmeyen source voltage'lı KVL yazmak zorunda değilsin. Diğer mesh denklemlerinde bu bilinen current'ı kullan. Source voltage'ı sorulursa bütün current'lar bulunduktan sonra KVL ile hesapla.

1.6 Shared current source ve Supermesh

Current source iki mesh'in ortak sınırındaysa uç voltage'ı önceden bilinmez. İki mesh'in dış sınırlarını birleştirip source'u içte bırakan büyük loop'a Supermesh (süper göz) denir. Supermesh KVL'si yazılır; ayrıca current source'un dayattığı current difference eklenir.

Örneğin ortak source aşağı yönde J taşıyor ve soldaki i_1 aşağı, sağdaki i_2 yukarı katkı yapıyorsa:

$$i_1 - i_2 = J.$$

Bu constraint'in işareti ezberden değil, shared source'un ok yönünden gelir. Supermesh denkleminde o source üzerinde RJ gibi bir drop yazılmaz; ideal current source bir resistor değildir.

1.7 Supermesh: Sayısal örnek

İki mesh'in ortak current source'u aşağı 1 mA. Sol dış resistance 2 kΩ, sağ dış resistance 4 kΩ; dış çevrede toplam 10 V rise var. Supermesh KVL ve constraint:

$$2i_1 + 4i_2 = 10, \qquad i_1 - i_2 = 1.$$

$i_1 = i_2 + 1$ yazınca $6i_2 + 2 = 10$; $i_2 = 4/3$ mA, $i_1 = 7/3$ mA. Shared current gerçekten 1 mA. Source polarity veya source arrow ters çevrilirse constraint veya sağ taraf değişir; aynı çözüm kullanılamaz.

1.8 Dependent source ile mesh

Dependent voltage source KVL'de normal voltage source gibi yer alır, ancak kontrol bağıntısı eklenir. Bir shared resistor üzerindeki kontrol voltage'ı $v_x = R(i_1 - i_2)$ ise dependent source $\mu R(i_1 - i_2)$ olur. Independent ve dependent kaynakları ayırt etmek özellikle Superposition/Thevenin'de zorunludur.

Dependent current source ortak branch'te ise supermesh constraint'i $i_1 - i_2 = \beta i_x$ veya $i_1 - i_2 = g v_x$ şeklindedir. i_x ile v_x'i mesh unknown'larıyla ifade etmeden sistemi çözmeye çalışma.

1.9 Loop mu Mesh mi Nodal mı?

Current source çok ve node sayısı azsa Nodal; voltage source çok ve mesh sayısı azsa Mesh pratik olur. Ground'a bağlı voltage source Nodal'de bir voltage unknown'ını kaldırır. Shared current source Mesh'te supermesh gerektirir. Floating voltage source Nodal'de supernode gerektirir. Soru açıkça bir yöntemi istiyorsa başka yöntem yalnızca kontrol için kullanılır.

Yöntem seçerken equation sayısını tahmin et: bağımsız node sayısı ve mesh sayısını karşılaştır. Sonra unknown'ı doğrudan sorulan büyüklüğe yakın seç. Bir resistor üzerindeki output voltage'ı istiyorsa ilgili branch current farkını en sona açıkça yaz.

1.10 Çözüm şablonu ve son kontrol

Her mesh'e ok çiz. Shared resistor'ların üstüne current farkını yaz. KVL'yi önce sadeleştirmeden kur; sonra katsayıları topla. Current source constraint'lerini ayrı satırda göster. Sistemi çözdükten sonra branch current'larını çıkar. Power balance ve en az bir farklı node KCL'siyle kontrol et.

Kendini sına

İki mesh için $6i_1 - 2i_2 = 10$ ve $-2i_1 + 4i_2 = 0$ (kΩ, mA) verilmiş. Shared resistance 2 kΩ. i_1, i_2 ve shared voltage'ı bulunuz.

Çözüm

İkinci denklem $i_1 = 2i_2$. İlkinden $10i_2 = 10$; $i_2 = 1$ mA, $i_1 = 2$ mA. Soldaki mesh yönündeki shared current $i_1 - i_2 = 1$ mA, shared drop 2 V.