

ÁP DỤNG ĐỊNH LÝ THEVENIN ĐỂ PHÂN TÍCH MẠCH ĐIỆN TRONG GIẢNG DẠY KỸ THUẬT ĐIỆN

Nguyễn Anh Tuấn

Khoa Điện- Điện tử, Trường Đại học Sư phạm kỹ thuật Vinh

Tóm tắt: Định lý Thevenin là một khái niệm cơ bản trong kỹ thuật điện, giúp đơn giản hóa việc phân tích các mạch phức tạp bằng cách thu gọn chúng thành một nguồn điện áp và điện trở nối tiếp. Bài viết giới thiệu Định lý Thevenin và các ứng dụng thực tế của nó trong một số ví dụ và thảo luận về lợi ích của nó trong việc nâng cao khả năng hiểu lý thuyết mạch của sinh viên. Việc sử dụng Định lý Thevenin không chỉ giúp đơn giản hóa việc phân tích mạch mà còn thúc đẩy tư duy phản biện, biến nó thành một công cụ hữu ích trong kỹ thuật điện.

Từ khóa: Định lý Thevenin, ứng dụng, lý thuyết mạch điện

APPLYING THEVENIN'S THEOREM FOR ELECTRIC CIRCUIT ANALYSIS IN ELECTRICAL ENGINEERING TEACHING

Nguyen Anh Tuan

Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Vinh University of Technical Education

Abstract: Thevenin's Theorem is a fundamental concept in electrical engineering that simplifies the analysis of complex circuits by reducing them to a single voltage source and series resistance. The article introduces Thevenin's Theorem and its practical applications in some examples and discusses its benefits in enhancing students' comprehension of circuit theory. The use of Thevenin's Theorem not only aids in simplifying circuit analysis but also fosters critical thinking, making it a useful tool in electrical engineering.

Keywords: Thevenin's Theorem, application, electric circuit theory

Nhận bài: 20/02/2025

Phản biện: 16/03/2025

Duyệt đăng: 19/03/2025

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vào năm 1883, Léon Charles Thévenin, một kỹ sư làm việc tại Tổng cục Điện tín Pháp (French Telegraph Administration), đã nghiên cứu và phát triển một phương pháp đơn giản để phân tích các mạch phức tạp. Ông nhận ra rằng, một mạch điện có thể được thay thế bằng một mạch tương đương đơn giản hơn, chỉ với một nguồn điện áp lý tưởng và một điện trở. Đây là cơ sở của định luật mà ngày nay chúng ta gọi là Định lý Thevenin.

Nội dung định lý Thevenin: *Bất kỳ mạch điện phức tạp nào có thể được thay thế bằng một mạch tương đương đơn giản, bao gồm một nguồn điện áp lý tưởng (gọi là điện áp Thevenin V_{th}) và một điện trở tương đương (gọi là điện trở Thevenin R_{th}) mắc nối tiếp với nhau*

Định lý này đã giúp giảm đáng kể thời gian và công sức tính toán, tạo ra một bước ngoặt quan trọng trong ngành kỹ thuật điện. Bài viết này trình bày một số ứng dụng của định lý Thevenin trong phân tích mạch điện trong các môn học Lý thuyết mạch, Đo lường điện, Cung cấp điện... trong chương trình đào tạo ngành điện.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Xác định thông số của mạch Thevenin

Một trong những ưu điểm lớn nhất của định lý Thevenin là khả năng đơn giản hóa các mạch

phức tạp. Bằng cách thay thế một phần của mạch điện (mà không cần thiết phải biết cấu trúc của nó, chẳng hạn như một hộp đen) bằng một mạch tương đương đơn giản gồm một nguồn điện áp và một điện trở, kỹ sư có thể dễ dàng tính toán điện áp và dòng điện mà không cần phân tích toàn bộ mạch.

Để xác định thông số của mạch Thevenin, làm thực nghiệm như sau:

Bước 1: Tháo tải, để hở mạch 2 điểm (như vậy $I=0$), đo điện áp bằng Vôn kế được U_h (điện áp hở mạch). Lúc này, từ định luật Kirchhoff ta có:

$$V_{th} = I.R_{th} + V_h$$

$$\text{Do } I = 0 \text{ nên: } V_{th} = V_h \quad (1)$$

Bước 2: Nối tắt tải qua Ampe kế (lý tưởng có tổng trở bằng 0) để đo dòng điện ngắn mạch, được giá trị: I_n . Lúc này:

$$V_{th} = I_n.R_{th} \text{ nên } R_{th} = \frac{V_{th}}{I_n} \quad (2)$$

Bước 3: Mạch tương đương Thevenin: Sau khi xác định được V_{th} và R_{th} , mạch phức tạp ban đầu có thể được thay thế bằng mạch tương đương với nguồn áp V_{th} mắc nối tiếp với R_{th} , sau đó nối với tải (hình 1).

2.2. Áp dụng định lý Thevenin trong phân tích mạch điện

Ví dụ 1: Một điện trở 20 kΩ đặt vào sơ đồ điện phức tạp mà không biết cấu trúc mạch, biết khi tiến hành thực nghiệm đo được điện áp hở mạch là $V_h = 200\text{ V}$, dòng điện ngắn mạch $I_n = 40\text{ mA}$. Xác định dòng điện, điện áp và công suất trên điện trở.

Từ cách tiếp cận theo sơ đồ mạch Thevenin, không cần quan tâm đến cấu trúc mạch nguồn. Thông số sơ đồ tương đương xác định theo (1) và (2):

$$V_{th} = V_h = 200\text{ V}$$

$$R_{th} = \frac{V_{th}}{I_n} = \frac{200}{0,04} = 5000\Omega = 5\text{ k}\Omega$$

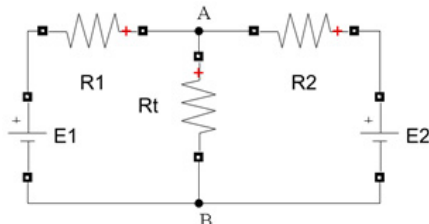
Dòng điện qua điện trở:

$$I = \frac{V_{th}}{R_{th} + R} = \frac{200}{5000 + 20000} = 0,008\text{ A} = 8\text{ mA}$$

Điện áp trên điện trở:

$$V = I.R = 0,008.20000 = 160\text{ V}$$

Ví dụ 2: Cho mạch điện một chiều trên hình 1, với thông số: $E_1 = 24\text{ V}$, $E_2 = 12\text{ V}$, $R_1 = 60\Omega$, $R_2 = 120\Omega$, $R_t = 40\Omega$. Xác định dòng điện và điện áp trên tải.

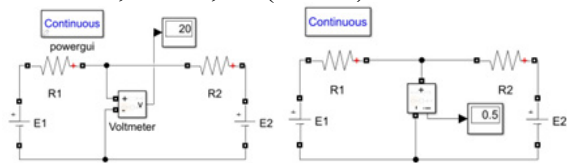


Hình 1. Mạch điện ví dụ 1.

Cách 1: Xác định thông số mạch Thevenin theo cách thực nghiệm.

Do không có điều kiện thực nghiệm nên tiến hành mô phỏng trên phần mềm Matlab/Simulink, xây dựng sơ đồ mô phỏng cho 2 trường hợp hở mạch và ngắn mạch thể hiện trên hình 3. Kết quả cho thấy:

$V_h = 20\text{ V}$, $I_n = 0,5\text{ A}$ (hình 2).



Hình 2. Mô phỏng hở mạch và ngắn mạch trên phần mềm Matlab/Simulink.

Vậy $V_{th} = 20\text{ V}$,

$$R_{th} = \frac{V_{th}}{I_n} = \frac{20}{0,5} = 40\Omega$$

Dòng điện qua tải:

$$I_t = \frac{V_{th}}{R_{th} + R_t} = \frac{20}{40 + 40} = 0,25\text{ A}$$

Điện áp trên tải:

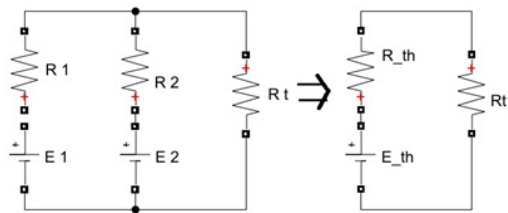
$$V_t = I_t.R_t = 0,25.40 = 10\text{ V}$$

Cách 2: Sử dụng phép biến đổi sơ đồ mạch:

Vẽ lại sơ đồ mạch hình 2 thành sơ đồ tương đương hình 3.

$$R_{th} = \frac{R_1.R_2}{R_1 + R_2} = \frac{60.120}{60 + 120} = 40\Omega$$

$$V_{th} = \frac{\frac{E_1}{R_1} + \frac{E_2}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{\frac{24}{60} + \frac{12}{120}}{\frac{1}{60} + \frac{1}{120}} = 20\text{ V}$$

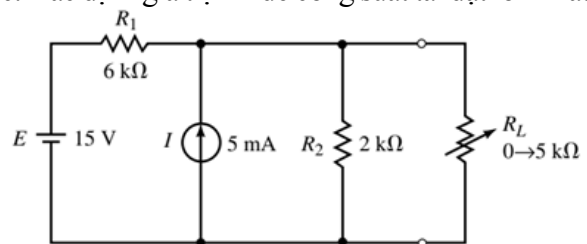


Hình 3. Biến đổi sơ đồ mạch điện ví dụ 1.

Kết quả theo 2 cách giải là như nhau. Cách 1 thiên về thực tiễn còn cách 2 thiên về lý thuyết cơ bản. Tuy nhiên, với mạch điện phức tạp, việc biến đổi sơ đồ trở nên khó khăn.

Ví dụ 3: Cho mạch điện một chiều trên hình 3, với thông số trên hình, điện trở tải có thể thay đổi từ 0 đến 5 kΩ.

- Xác định thông số mạch Thevenin tương đương.
- Tính dòng điện, điện áp và công suất tải khi $R_L = 1\text{ k}\Omega$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$, $R_L = 5\text{ k}\Omega$.
- Xác định giá trị R_L để công suất tải đạt lớn nhất.



Hình 4. Mạch điện ví dụ 3.

Nhận xét: Mạch điện này trở nên phức tạp hơn do sự có mặt đồng thời của nguồn dòng và nguồn áp. Nếu sử dụng phương pháp giải thông thường, mỗi khi thay đổi giá trị của R_L , chúng ta phải phân tích lại mạch. Tuy nhiên, khi áp dụng phương pháp thay thế mạch tương đương Thevenin, bài toán được đơn giản hóa đáng kể. Đặc biệt, trong câu c, việc xác định công suất tải lớn nhất trong một mạch có nhiều nguồn trở nên khó khăn hơn, nhưng phương pháp này giúp giải quyết vấn đề

một cách hiệu quả.

a. Sử dụng sơ đồ hở mạch và ngắn mạch, xác định được:

$U_h = 11,25V$ và $I_n = 7,5mA$
Do đó: $V_{th} = U_h = 11,25V$ và

$$R_{th} = \frac{V_{th}}{I_n} = \frac{11,25}{7,5 \cdot 10^{-3}} = 1,5k\Omega$$

b. Tính dòng điện, điện áp tải:
Khi $R_L = 1k\Omega$:

$$I_t = \frac{11,25}{(1,5+1) \cdot 10^3} = 4,5mA$$

$$V_t = I_t \cdot R_L = 4,5 \cdot 1 = 4,5V$$

$$P_t = 4,5 \cdot 4,5 \cdot 10^{-3} = 20,25 \text{ mW}$$

Khi $R_L = 2k\Omega$:

$$I_t = \frac{11,25}{(1,5+2) \cdot 10^3} = 3,21mA$$

$$V_t = I_t \cdot R_L = 3,21 \cdot 2 = 6,42V$$

$$P_t = 6,42 \cdot 3,21 \cdot 10^{-3} = 20,66 \text{ mW}$$

Khi $R_L = 5k\Omega$:

$$I_t = \frac{11,25}{(1,5+5) \cdot 10^3} = 1,73mA$$

$$V_t = I_t \cdot R_L = 1,73 \cdot 5 = 8,63V$$

$$P_t = 8,63 \cdot 1,73 \cdot 10^{-3} = 14,97 \text{ mW}$$

c. Gọi x ($k\Omega$) là giá trị điện trở tải.
Dòng điện qua tải:

$$I_t = \frac{11,25}{1,5+x} (mA)$$

Công suất tải:

$$P_t = I_t^2 \cdot R = \frac{11,25^2 \cdot x}{(1,5+x)^2} (mW)$$

Mô tả sự biến thiên công suất theo điện trở trên hình 6.

Ta biết rằng:

$$\frac{11,25^2 \cdot x}{(1,5+x)^2} \leq \frac{11,25^2}{4}$$

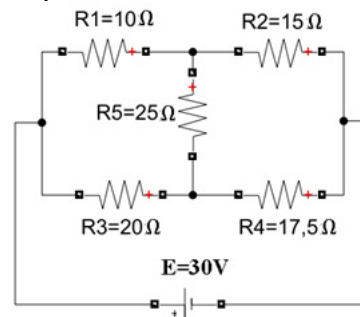
Xác định được giá trị công suất tải đạt lớn nhất là 21,09 mW khi điện trở tải là 1,5 k Ω .

Một cách khái quát: $P_t = I_t^2 \cdot R = \frac{V_{th}^2 \cdot R_L}{(R_{th} + R_L)^2} \leq \frac{V_{th}^2}{4}$

Công suất tải đạt lớn nhất khi $R_L = R_{th}$.

Bài tập đề nghị 1: Hãy sử dụng phương pháp biến đổi sơ đồ mạch tương đương để xác định thông số sơ đồ Thevenin ví dụ 3.

Bài tập đề nghị 2: Cho sơ đồ mạch cầu với thông số cho trên hình 7. Xác định dòng điện và điện áp trên điện trở R_5 .



Hình 7. Sơ đồ mạch cầu.

III. KẾT LUẬN

Bài viết trình bày nội dung của định lý Thevenin và ứng dụng trong việc giảng dạy phân tích mạch điện. Định lý Thevenin đã chứng minh là một công cụ không thể thiếu, cung cấp cho sinh viên phương pháp tiếp cận hợp lý để hiểu và đơn giản hóa các mạch phức tạp. Việc ứng dụng Định lý Thevenin vào các khóa học kỹ thuật điện không chỉ giúp sinh viên hiểu sâu hơn về lý thuyết mạch điện mà còn khuyến khích tư duy phân tích, điều này rất cần thiết để giải quyết các thách thức kỹ thuật trong thực tế.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. <https://thinhphatict.com/dinh-ly-thevenin-norton>
2. Lê Văn Bằng (2022). Giáo trình lý thuyết mạch điện. NXB Giáo dục.
3. Hồ Văn Sung (2012). Cơ sở kỹ thuật điện tập 1. NXB Khoa học & Kỹ thuật.
4. Bird, J. (2017). Electrical circuit theory and technology. NXB Newnes, ISBN: 0 7506 57847.
5. J. David Irwin, Robert M. Nelms (2011). Basic Engineering Circuit Analysis, NXB Wiley. ISBN-13 978-1-118-53929-3.