

آزمایش (۲) : مدارهای معادل تونن و نورتن

مقدمه :

قضیه تونن در مدارهای خطی کاربرد فراوان دارد و هر گونه مدار خطی را به یک مدار معادل شامل یک منبع ولتاژ سری شده با یک مقاومت تبدیل می سازد . البته این قضیه در (مدارهای متناوب AC) نیز کاربرد دارد . طبق این قضیه می توان هر مدار خطی را بین نشان دو نقطه از مدار بصورت مدار معادل تونن نشان داد که ولتاژ معادل در مدار تونن با V_{TH} و مقاومت معادل در این مدار با R_{TH} نشان داد می شود.

قضیه نورتن همانند قضیه تونن مدار را بین دو نقطه ساده می نماید. طبق این قضیه یک مدار را می توان بین دو نقطه ، به صورت یک منبع جریان موازی شده با یک مقاومت در آورد. اصطلاحاً به این منبع جریان I_N جریان معادل نورتن ، و به مقاومت موازی آن R_N مقاومت معادل نورتن اطلاق می شود.

وسایل و تجهیزات لازم :

- برد الکترونیکی
- مقاومت های خواسته شده در هر آزمایش
- پتانسیومتر
- منابع تغذیه مستقیم و متناوب
- مولتی متر
- سیم های رابط

شرح آزمایش :

۱-الف) مدار زیر را ببندید و سپس جریان ولتاژ ، مقاومت $1K\Omega$ را اندازه گیری کنید.

$$V_{1K\Omega} = 2.39$$

$$I_{1K\Omega} = 2.36mA$$

ب) مقاومت $1K\Omega$ را از مدار جدا نموده ، ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه مدار را اندازه گیری نمایید. (از دو سر ab)

$$V_{OC} = 10.20$$

$$I_{SC} = 3.05mA$$

ج) با استفاده از V_{OC}, I_{SC} مقاومت تونن مدار را بدست آورید.

$$V = RI \Rightarrow R_{TH} = \frac{V_{OC}}{I_{SC}} = \frac{10.20}{3.05 * 10^{-3}} = 3.344 * 10^3 \Omega = 3.344K\Omega$$

د) مقاومت تونن را با غیر فعال کردن مدار و با اسبفاده از اهم متر بدست آورید و با بند (ج) مقایسه کنید. علت اختلاف احتمالی را توضیح دهید.

$$R_{TH} = 3.26K\Omega$$

علت این اختلاف چند عامل است که می توان به مهم ترین آنها به شرح زیر اشاره کرد :

۱. پایین آمدن دقت اندازه گیری اهم متر
۲. مقاومت داخلی مدار مانند مقاومت مسیرها و برد الکتریکی .
۳. دقیق نبودن خود مقاومت های استفاده شده .

ه) با استفاده از مقادیر R_{TH}, V_{TH} مدار زیر را ببندید و ولتاژ جریان مقاومت $1K\Omega$ را اندازه گیری کنید. (R_{TH} را توسط پتانسیومتر روی تابلو تنظیم نمایید.) پس از تنظیم R_{TH} از روی تابلو داریم:

$$V_{TH} = 2.39$$

$$I_{TH} = 2.35mA$$

و) با مقایسه مقادیر اندازه گیری شده در بندهای (الف) و (ه) قضیه تونن را تحقیق کنید.

با مقایسه اعداد بدست آمده متوجه می شویم که قضیه تونن کاملاً صادق است و اختلاف کمی با اندازه گیری مستقیم دارد.

ز) مقاومت و ولتاژ تونن مدار را محاسبه نموده و با مقادیر اندازه گیری شده مقایسه کنید. علت اختلاف احتمالی را توضیح دهید.

ابتدا مدار را اتصال کوتاه می کنیم و سپس مقاومت $1k\Omega$ را از مدار خارج می کنیم و بعد از طرف ab مقاومت کل مدار را محاسبه می کنیم .

علت اختلاف :

۱ . دقیق نبودن خود مقاومت های استفاده شده

۲ . مقاومت داخلی سیم های رابط و برد الکتریکی .

$$\text{موازی } (4.7, 10k): \frac{10 * 4.7}{10 + 4.7} = 3.19$$

$$\text{سری } (3.19, 100) \Rightarrow 3.19 + 0.1 = 3.2k\Omega$$

۲-الف) مدار زیر را ببندید و با اندازه گیری V_{OC}, I_{SC} پارامترهای مدار معادل تونن را اندازه گیری کنید.

$$I_{SC} = 32mA$$

$$V_{OC} = 4.79$$

$$\Rightarrow R_{TH} = \frac{V_{OC}}{I_{SC}} = \frac{4.79}{32 * 10^{-3}} = 149.68\Omega$$

ب) مقاومت تونن مدار را با غیر فعال کردن مدار و به کمک اهم متر اندازه گیری نموده و با مقدار بند (الف) مقایسه کنید . علت این اختلاف را توضیح دهید.

$$R_{TH} = 90.5\Omega$$

این اختلاف به دلیل مقاومت داخلی منبع جریان است و مقداری از آن هم به دلیل مقاومت داخلی سیم ها است .

ج) مقاومت و ولتاژ مدار تونن را محاسبه نموده و با مقادیر اندازه گیری مقایسه نموده علت اختلاف احتمالی را توضیح دهید.

مقاومت 33K اتصال کوتاه و حذف شده است . پس در نتیجه دو مقاومت مانده موازی هستند.

$$R_{TH} = \frac{0.1 * 10}{0.1 + 10} = 99\Omega$$

در حساب کردن تئوری اولاً مقاومت سیم های رابط را کاملاً صفر در نظر گرفته می شود که در عمل این طور نیست . در محاسبه تئوری مقاومت ها کاملاً اندازه دقیق دارند. ولی در عمل و حقیقت این گونه نیست و دلیل اصلی مقاومت اصلی منبع جریان نیز هست.

۳-الف) برای تعیین مقاومت داخلی منبع ولتاژ متناوب (سیگنال ژنراتور) مداری مطابق شکل زیر ببینید . ولتاژ منبع را روی مقدار دلخواه تنظیم نموده ، مقادیر ولتاژ مدار باز و جریان اتصال کوتاه را اندازه بگیرید.

$$I_{SC} = 34.1mA$$

$$V_{OC} = 4.98V$$

ب) با استفاده از مقادیر $I_{OC} = I_{SC}$ بدست آمده از بند (الف) مقاومت تونن مدار و سپس با استفاده از رابطه زیر مقاومت داخلی منبع ولتاژ را بدست آورید.

$$R_{TH} = \frac{V_{OC}}{I_{SC}} = \frac{4.98}{34.1 * 10^{-3}} \Rightarrow R_{TH} = 146.04 \Omega$$

$$R_S = R_{TH} - 100 \Rightarrow R_S = 146.04 - 100 = 46.04 \Omega$$

ج) آیا مقدار ولتاژ منبع در بند (الف) برای تعیین مقاومت منبع اهمیت دارد؟ چرا؟
 خیر، چون مقاومت داخلی منبع به مشخصات داخلی و ظاهری منبع بستگی دارد و به ساخت منبع بر می گردد. در نتیجه ولتاژ منبع تاثیری ندارد.

نتیجه گیری :

با استفاده از دو قضیه تونن و نورتن توانستیم مدار الکتریکی را هم همچون یک مدار با یک منبع ولتاژ و مقاومت سری شده به آن و یا یک منبع جریان و یک مقاومت موازی شده با آن منبع جریان در نظر بگیریم و به اهداف مورد نظر در هر یک از آزمایشات مربوطه دست یابیم.