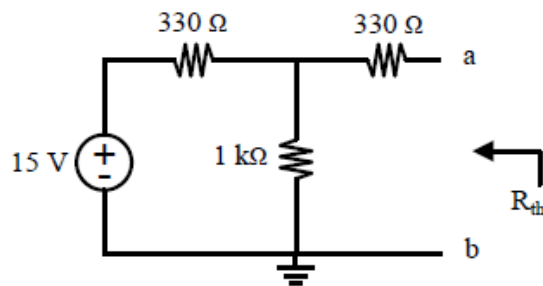


آزمایش سوم: بررسی مدار معادل تونن و نورتن

هدف از آزمایش: بررسی مدار معادل تونن و نورتن و قضیه انتقال توان ماکزیمم

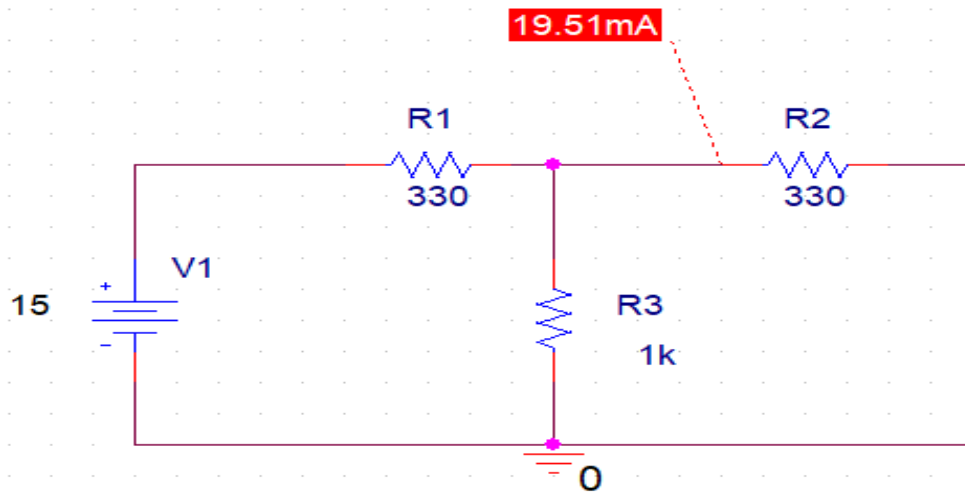
پیش گزارش 1: در این پیش گزارش قصد داریم که مقاوت معادل تونن را از دید دو نقطه a و b بدست آوریم.

۱- مدار شکل ۱ را ببندید. با اتصال کوتاه کردن دو نقطه a و b جریان I_{sc} (جریان اتصال کوتاه بین دو نقطه a و b) را اندازه گیری کرده و سپس با باز کردن دو نقطه a و b ولتاژ V_{oc} (ولتاژ مدار باز) را با ولت متر بخوانید. سپس با داشتن این دو مقدار، R_{th} را محاسبه کنید.



شکل ۱

همانطور که خواسته شده ابتدا جریان اتصال کوتاه بین a و b را پیدا میکنیم.

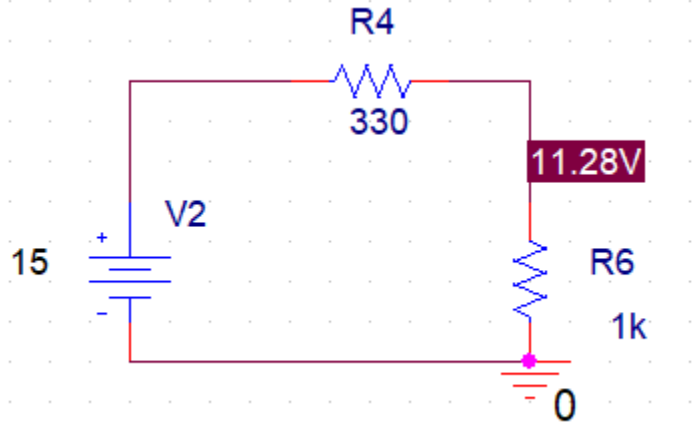


سپس ولتاژ مدار باز بین دو نقطه a و b را بدست می آوریم

$$V_{th} = 11.28 V$$

$$I_n = 19.51 mA$$

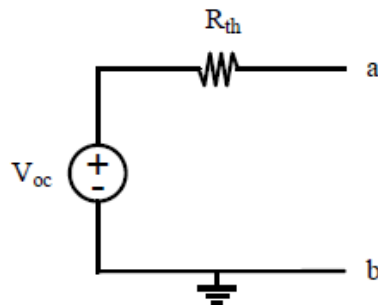
$$R_{th} = \frac{V_{th}}{I_n} = \frac{11.28 V}{19.51 mA} \approx 578.165 \text{ ohm}$$



همانطور که میدانیم مقدار مقاومت تونن برابر حاصل

تقسیم ولتاژ تونن بر جریان نورتن است که در بالا محاسبه شده است.

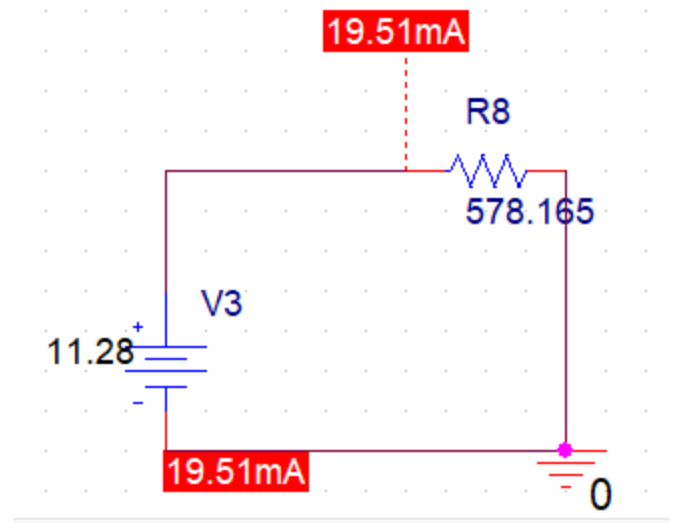
۲- حال مدار شکل ۲ را با توجه به مقادیر بدست آمده از مرحله ۱ ببندید. (برای جایگزینی R_{th} در مدار از پتانسیومتر استفاده کنید) مجدداً مقادیر I_{sc} و V_{oc} را بدست آورید و سپس با اعداد قبلی مقایسه نمایید. چه نتیجه‌ای میگیرید؟ بنویسید.



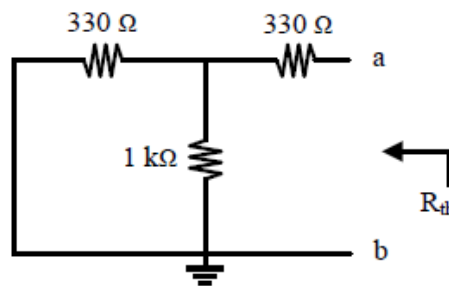
شکل ۲

در این مرحله قصد داریم ببینیم که آیا دو مدار شماره 1 و 2 معادل هم هستند یا نه. در واقع هدف اصلی در ساده سازی به روش تونن و نورتن نیز همین است که مداری معادل مدار اولیه بدست آوریم که دید ناظر سمت راست دو معادل یکسان باشند از لحاظ جریان و ولتاژ.

طبق شکل زیر به درستی میتوان دید که مدار شکل 2 و 1 معادل اند زیرا با ایجاد مدار 2 جریانی معادل جریان نورتون در مدار 1 ظاهر شد که همان خواسته و هدف ما بود.



۳- منبع مدار شکل ۱ را غیرفعال کنید. توسط اهمتر دیجیتالی مقاومت R_{th} در مدار شماره ۳ را اندازه‌گیری و مقدار آن را یادداشت کنید. سپس نتیجه را با آزمایشهای قبلی مقایسه کرده، علت اختلاف احتمالی را بنویسید.



شکل ۳

به علت اینکه در اورکد اهم متر نداریم محاسبات را به صورت تئوری انجام می‌دهیم.

$$\frac{1}{R_{1eq}} = \frac{1}{1000} + \frac{1}{330} = 0.004 \rightarrow R_{1eq} = 250 \text{ ohm}$$

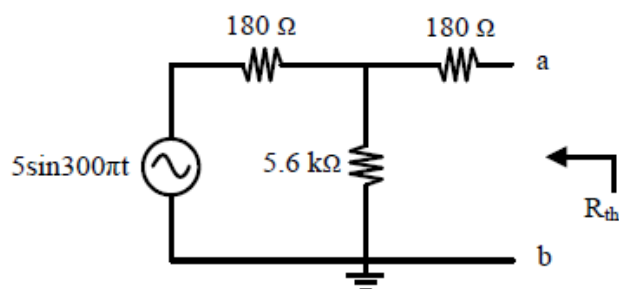
$$R_{eq} = R_{1eq} + 330 = 580 \text{ ohm}$$

با تقریب خوبی میتوان فهمید که اگر مداری منبع وابسته نداشته باشیم میتوان با حذف منابع مستقل (که برای منابع ولتاژ مانند شکل بالا باید اتصال کوتاه کنیم دو طرف منبع را و برای منابع جریان نیز باید مدار باز کنیم دو طرف منبع را) و حساب کردن مقاومت معادل به همان مقاومت تونن برسیم.

$$578.65 \text{ ohm} \approx 580 \text{ ohm}$$

پیش گزارش 2: قصد داریم که مقاومت تونن را با وجود منبع Sin در مثالی تمرین کنیم.

۴- مدار شکل ۴ را ببندید. مراحل ۱ و ۲ و ۳ را در مورد این شکل مجدداً آزمایش نمایید. مشاهده می کنید که در این حالت نتایج آزمایشها خیلی باهم متفاوت است. علت را ذکر کرده و درباره آن توضیح دهید (برای جایگزینی R_{th} در مدار از پتانسیومتر استفاده کنید).



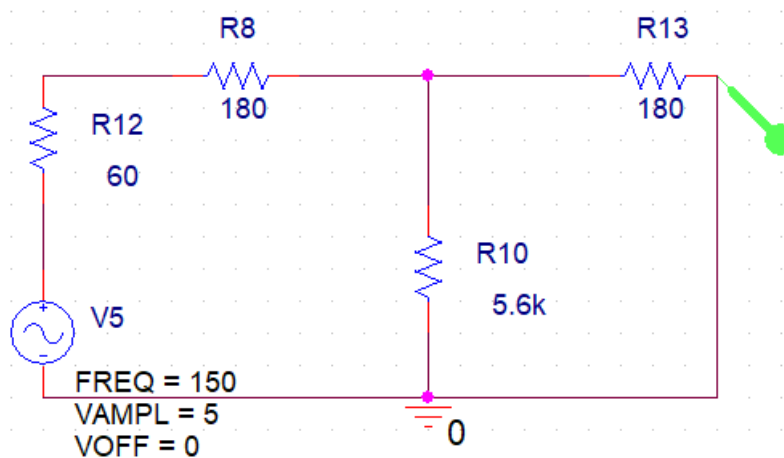
شکل ۴

ابتدا مدار را میبندیم و مرحله 1 را اجرا میکنیم: یعنی مقدار مقاومت تونن را از روی جریان نورتون و ولتاژ تونن بدست می آوریم.

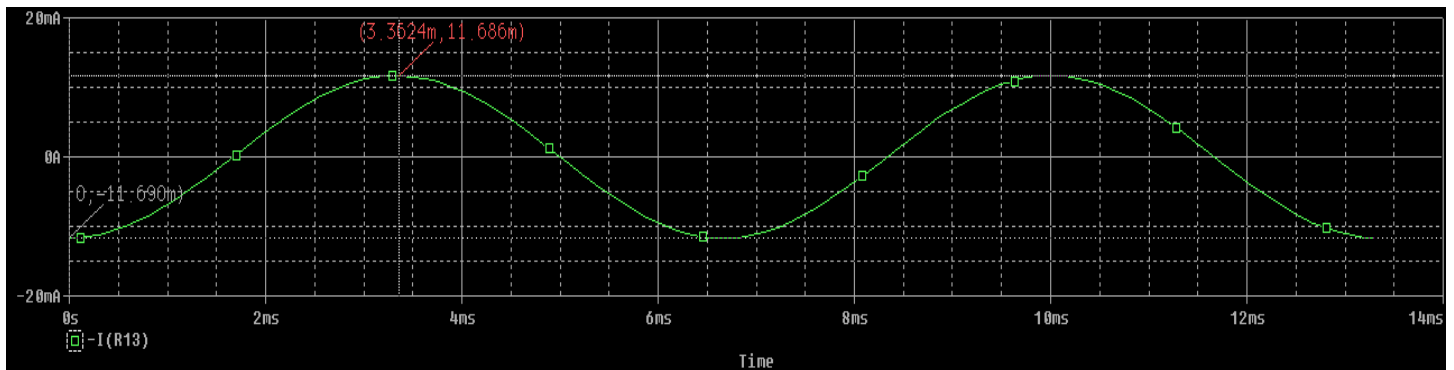
میدانیم که نیاز به یک منبع ولتاژ سینوسی داریم که برای این منبع نیاز است که 3 مقدار را مشخص کنیم: اولاً مقدار offset یا همان مقدار اولیه ولتاژ در ثانیه صفر که در اینجا با توجه به شکل مقدار 0 است. ثانیاً نیاز است که مقدار فکانس را حساب کنیم $\omega = 2\pi f \rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{300\pi}{2\pi} = 150$ حال نیاز است که بیشترین مقدار ولتاژ را هم مشخص کنیم

$$V = 5\sin 300\pi t, \sin A \leq 1 \rightarrow V \leq 5 \rightarrow \max(V) = 5$$

مقادیر را در منبع ولتاژ جا گذاری میکنیم. (توجه شود که مقاومت R12 در واقع برای آن در نظر گرفته شده تا اثر مقاومت درونی منبع ولتاژ را در حال ایده آل به ما نشان دهد).



حال شکل موج به دست آمده که تابعی sin سینوسی است را مشاهده میکنیم که ماکزیمم مقدار جریان در آن برابر $\max(I_n) = 11.686 \text{ mA}$ است.

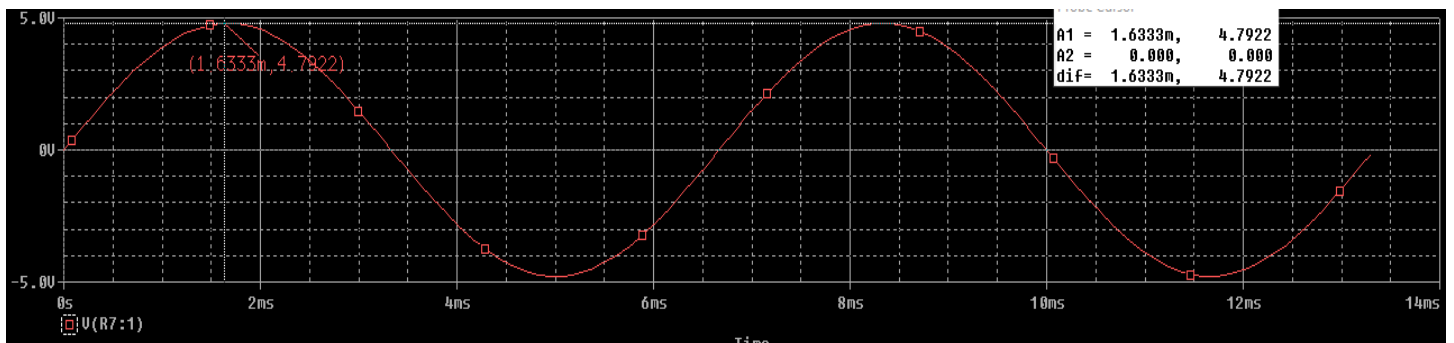
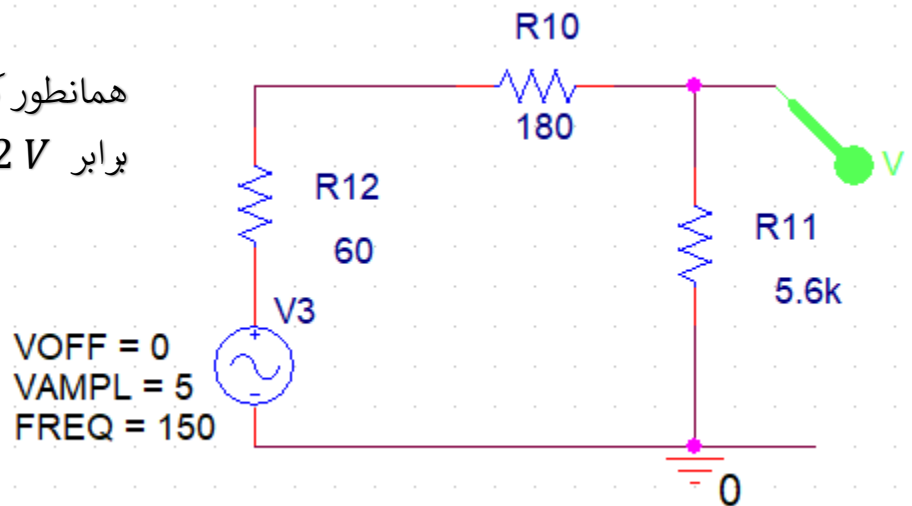


توجه داشته باشید که برای رسم نمودار جریان برحسب زمان نیاز به تحلیل Time Domain وجود دارد که به یک زمان پایان برای کشیدن نمودار نیاز دارد که ما 2 برابر مقدار دامنه زمانی منبع ولتاژ را به آن دادیم یعنی:

$$t = 2T = \frac{2}{f} = \frac{2}{150} = 13.3 \text{ ms}$$

حال با همین روش می‌آییم و مقدار ولتاژ تونن را حساب میکنیم.

همانطور که میبینیم مقدار ماکزیمم ولتاژ برابر $\max(V_{th}) = 4.792 \text{ V}$



حال با داشتن جریان نورتون و ولتاژ تونن اقدام به بدست آوردن مقاوت نورتن میکنیم.

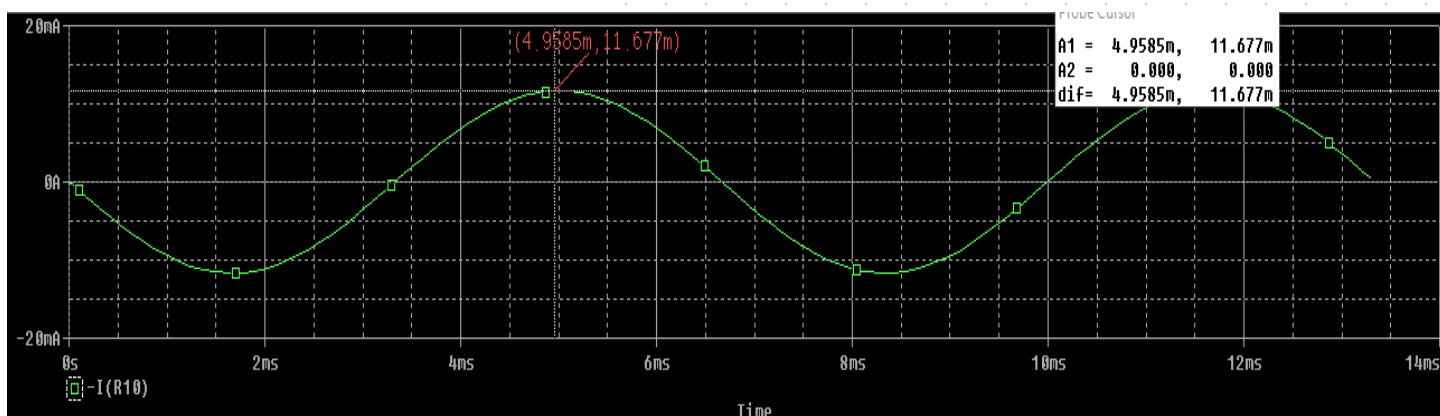
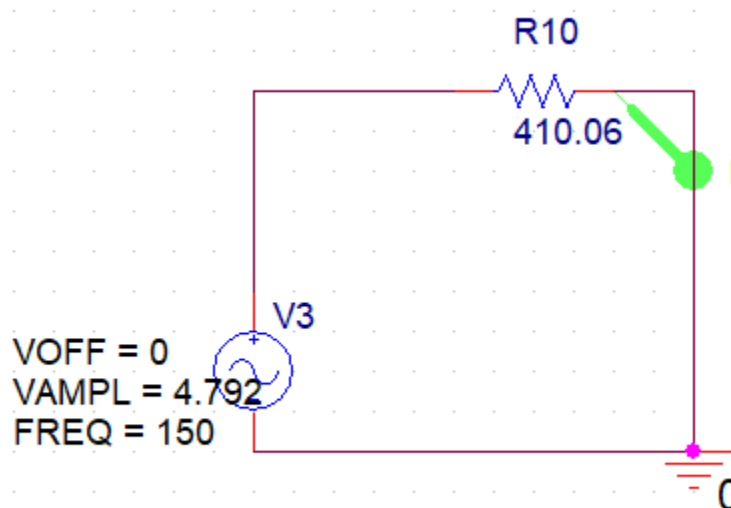
$$R_{th} = \frac{\max(V_{th})}{\max(I_n)} = \frac{4.792 V}{11.686 mA} = 410.06 \text{ ohm}$$

حال مرحله 2 را انجام میدهم: این مرحله برای اطمینان از صحت مدار معادل و رابطه میان آنهاست.

در مدار معادل، مقدار منبع ولتاژ به این صورت است که مقدار ولتاژ اولیه صفر همانند منبع قبلی و همچنین مقدار فوکانس هم همان 150 هرتز در نظر گرفته میشود و فقط مقدار ضریب سینوس به مقدار 4.1290 ولت تغییر میکند.

$$V = 4.792 \sin 300\pi t$$

نمودار را رسم کرده و مقدار جریان بیشینه را با مقدار جریان بیشینه مدار قبل (ساده نشده این مدار) مقایسه میکنیم.



مشاهده میشود که بیشترین مقدار جریان نورتون در هر دو حالت یکسان شد. (یعنی قبل از ساده سازی به روش تونن و نورتن و بعد از ساده سازی به روش تونن و نورتن) یعنی درست عمل کرده ایم.

$$11.688 mA \approx 11.677 mA$$

مرحله 3: چون اهم متر نداریم به صورت تئوری محاسبه میکنیم.

$$\frac{1}{Req1} = \frac{1}{180} + \frac{1}{5600} = 0.0057 \rightarrow Req1 = 175.438 \text{ ohm}$$

$$Req = Req1 + 180 = 355.438 \text{ ohm}$$

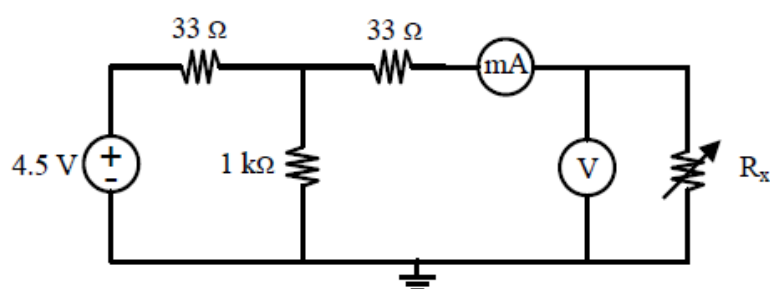
که این اختلاف بدست آمده ناشی از مقاومت داخلی منبع سینوسی است:

$$410.06 \text{ ohm} - 355.438 \text{ ohm} = 54.622 \text{ ohm} \approx 60 \text{ ohm}$$

پیش گزارش 3: یافتن مقاومت تونن از طریق یافتن حداکثر مقدار توان گذرنده از مقاومت ناظر.

۶- (قضیه انتقال حداکثر توان): مدار شکل ۶ را ببندید. با تغییر مقاومت R_x مقدار جریان عبوری از آن و ولتاژ دو سرش را بخوانید (مقادیر ولتاژها را در جدول زیر یادداشت کنید) سپس مقدار توان جذب شده را در هر حالت محاسبه کنید.

مقادیر مقاومت در هر حالت را از تقسیم ولتاژ به جریان مربوطه محاسبه نمایید و مقدار مقاومتی که به ازای آن توان جذب شده به مقدار ماکزیمم رسیده است را پیدا کنید. منحنی $P=f(R_x)$ را رسم نموده، مقاومتی را که به ازای آن مقدار توان ماکزیمم شده است از روی منحنی پیدا کنید. سپس نتیجه فوق را با نتیجه بدست آمده در پیش گزارش ۳ مقایسه نمایید. در صورتی که اختلافی مشاهده می کنید دلیل آن را ذکر کنید.

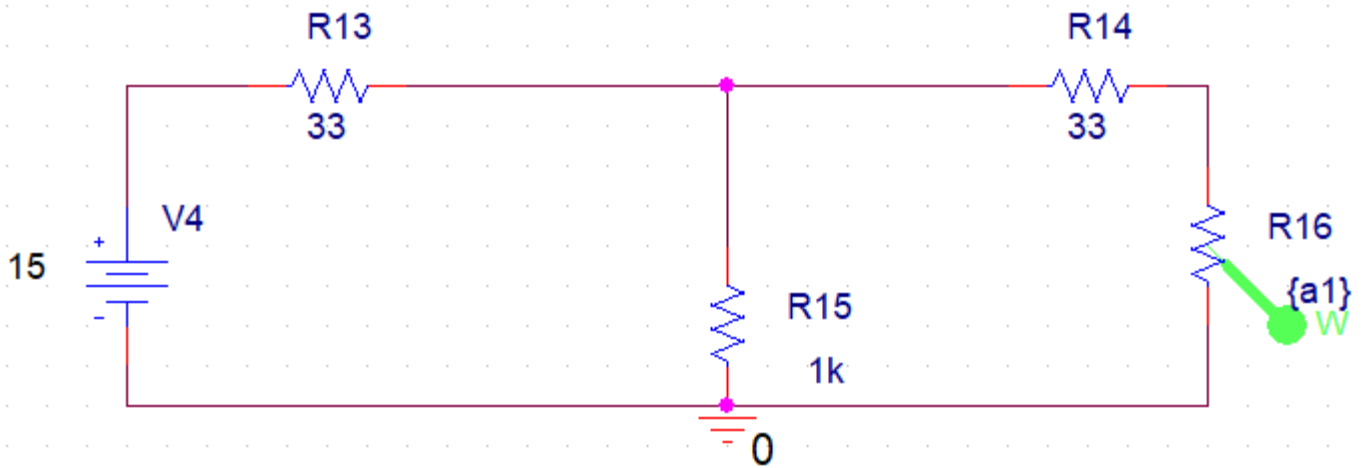


شکل ۶

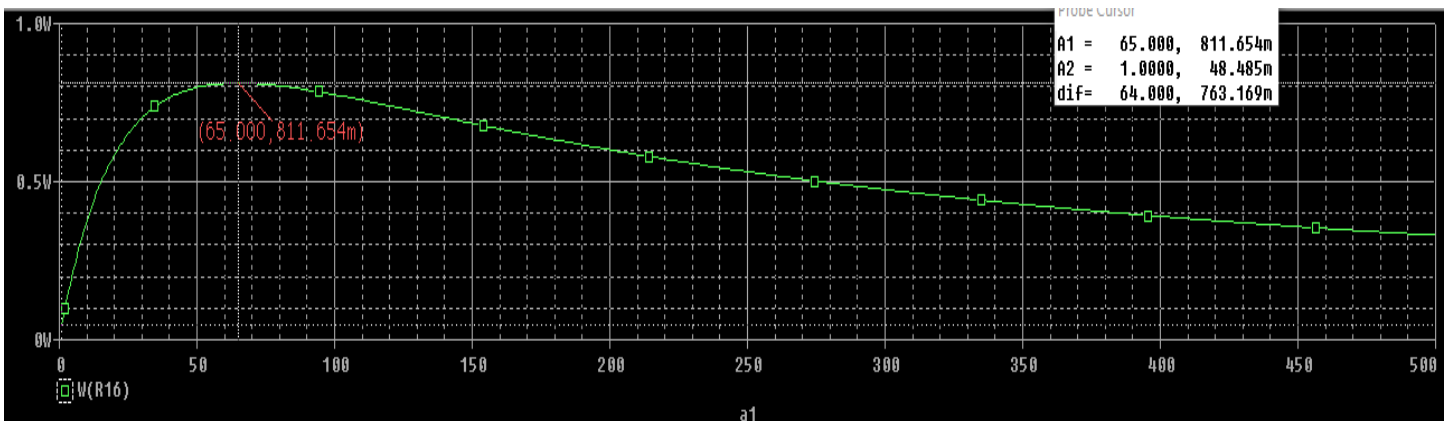
میدانیم که اگر یک منبع ولتاژ و یک مقاومت R تشکیل یک مدار به صورت سری بدهند آنگاه حداکثر توان گذرنده از مقاومت خارجی R زمانی رخ میدهد که این مقاومت با مقاومت داخلی مقاومت یعنی r یکسان باشد. این شکل از مدار که گفته شد در واقع به فرم مدار تونن است اگر مقدار ولتاژ منبع را همان ولتاژ تونن بگیریم و مقدار مقاومت درونی منبع را نیز همان مقاومت تونن بگیریم و مقاومت R نیز ناظر ماست.

PARAMETERS:

$$a1 = 1$$



قصد داریم که مقاومت را از 1 اهم تا 500 اهم به صورت 1 اهم 1 اهم افزایش دهیم و تاثیر این تغییر را در توان مصرفی آن مشاهده کنیم و هر جا که توان بیشینه شد آنجا جایی است که طبق توضیحات بالا مقاومت خارجی با مقاومت تونن برابر است.



مشاهده میشود که در زمانی که مقاومت ما 65 اهم است مقدار توان به بیشینه خود رسیده یعنی مقاومت تونن ما هم همان 65 اهم است.