الكترونيات الطاقة

Lecture No. 3

دارة تقويم موجة كاملة نقطة مشتركة
Single Phase Full Wave Midpoint Diode Rectifier

ميكاترونيكس - سنة رابعة - فصل ثاني

Dr. Eng. Essa Alghannam
Ph.D. Degree in Mechatronics Engineering

2023

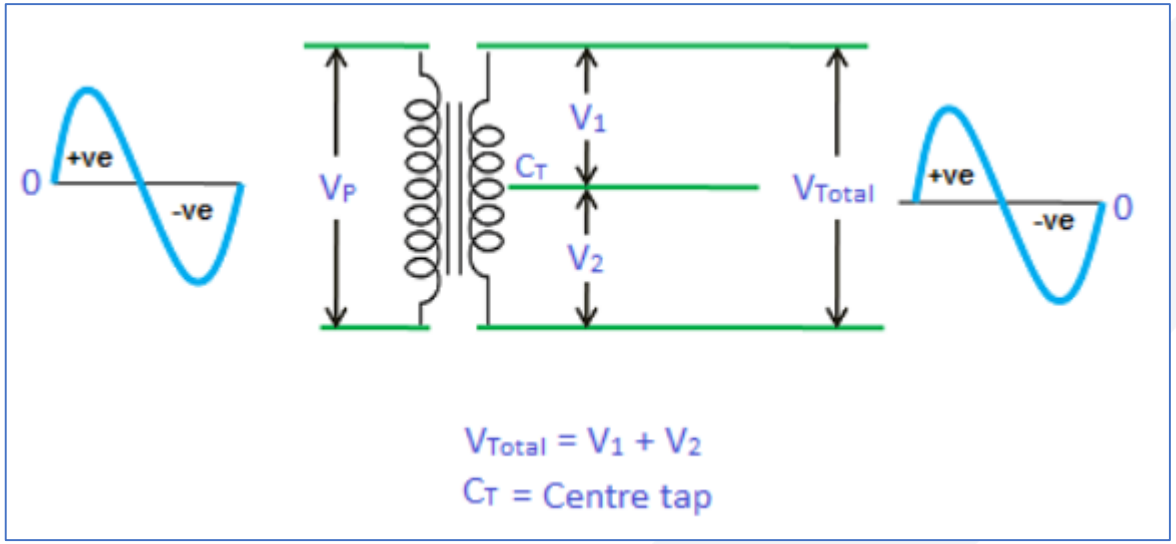
- The half wave rectifier: a large amount of power is wasted.
- overcome this drawback by using another type of rectifier known as a full wave rectifier.
- The full wave rectifier has some basic advantages over the half wave rectifier. The average DC output voltage produced by the full wave rectifier is higher than the half wave rectifier. Furthermore, the DC output signal of the full wave rectifier has fewer ripples than the half wave rectifier. As a result, we get a smoother output DC voltage.

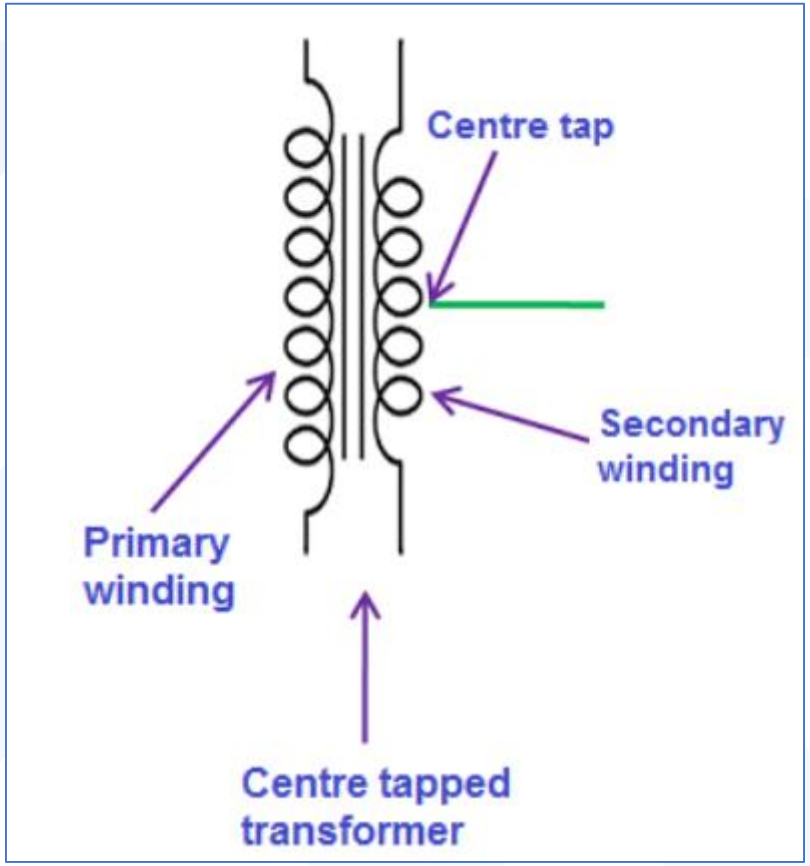
The full wave rectifier is further classified into two types:

- center tapped full wave rectifier
- full wave bridge rectifier.

Center tapped transformer or midpoint transformer

Additional wire is connected across the exact middle of the secondary winding of a transformer

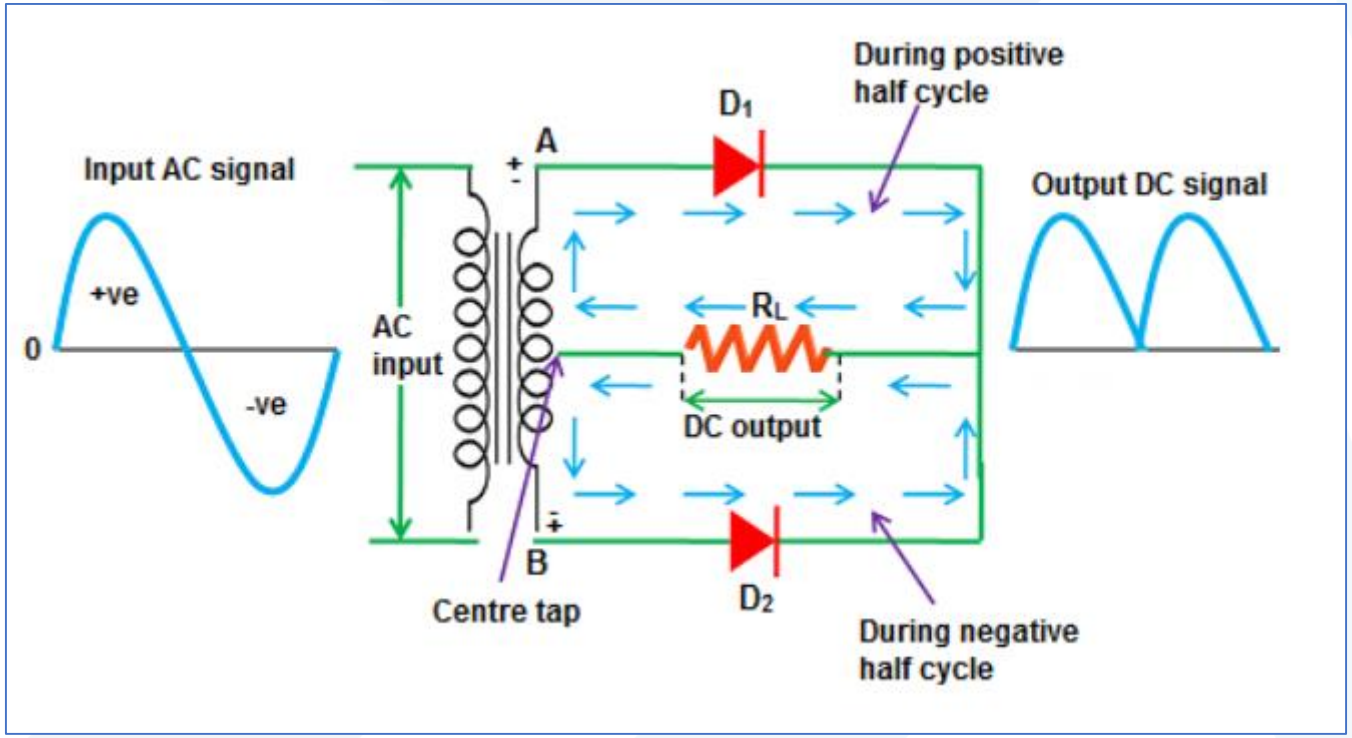




That is the secondary winding of the center tapped transformer divides the input AC current or AC signal (V_P) into two parts.

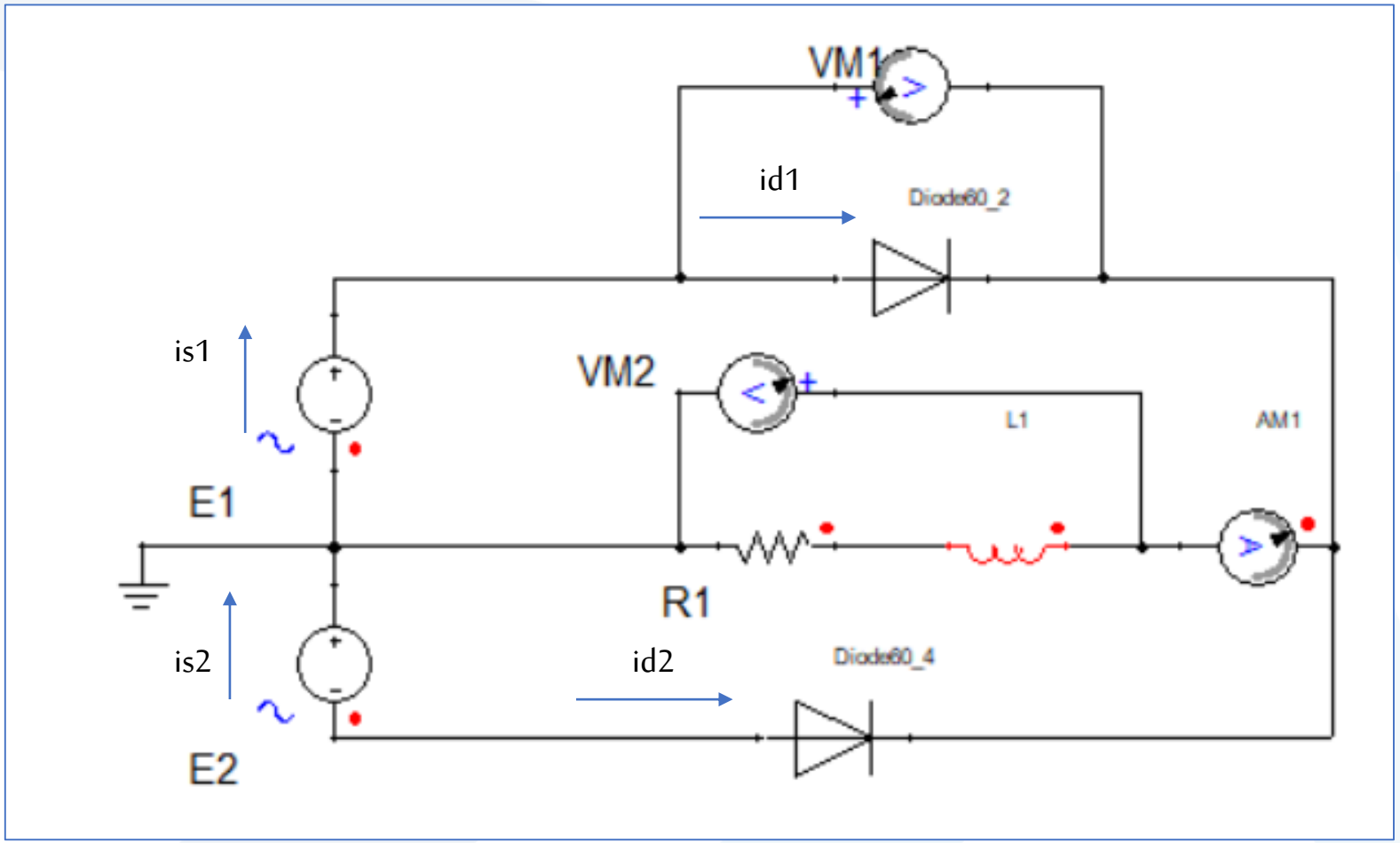
converts both half cycles of the AC signal into pulsating DC signal.

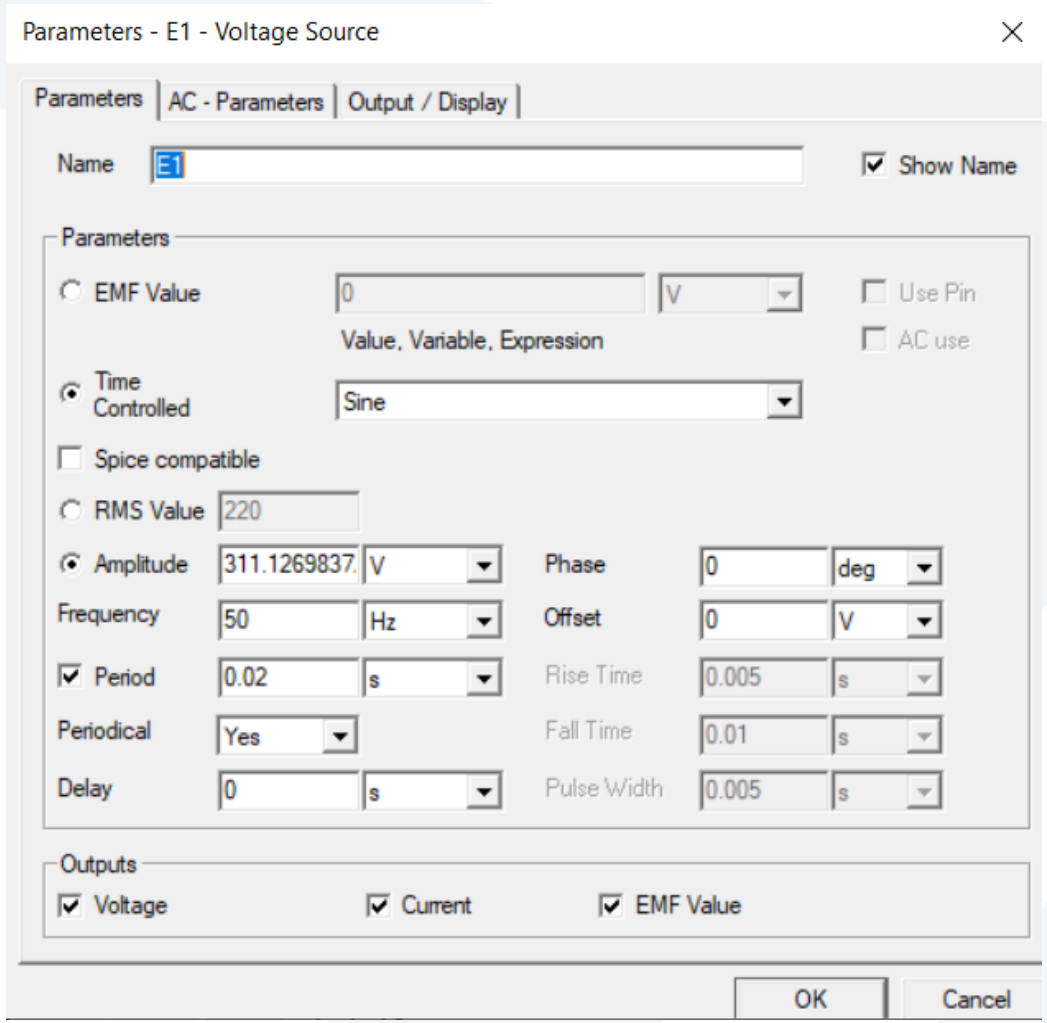
converts both positive and negative half cycles of the input AC signal into output pulsating DC signal.

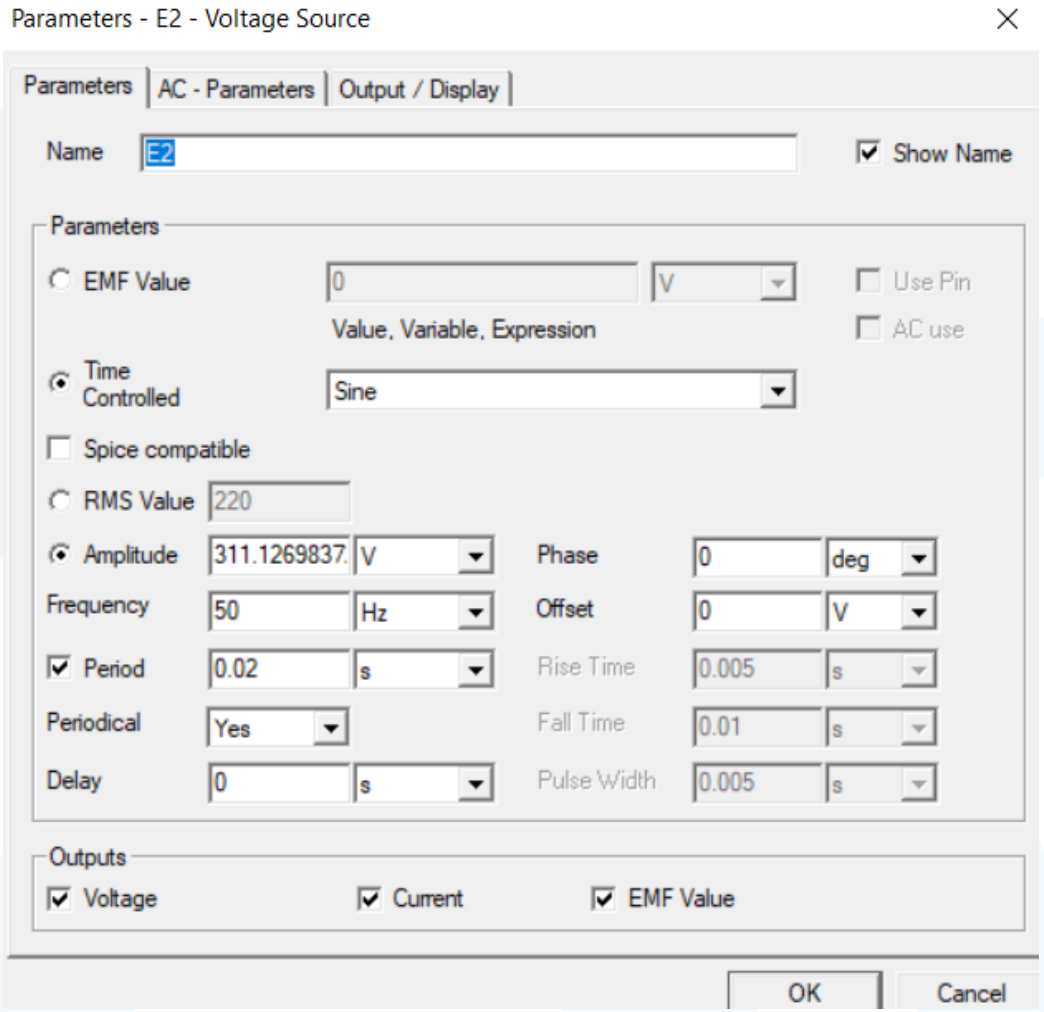


جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

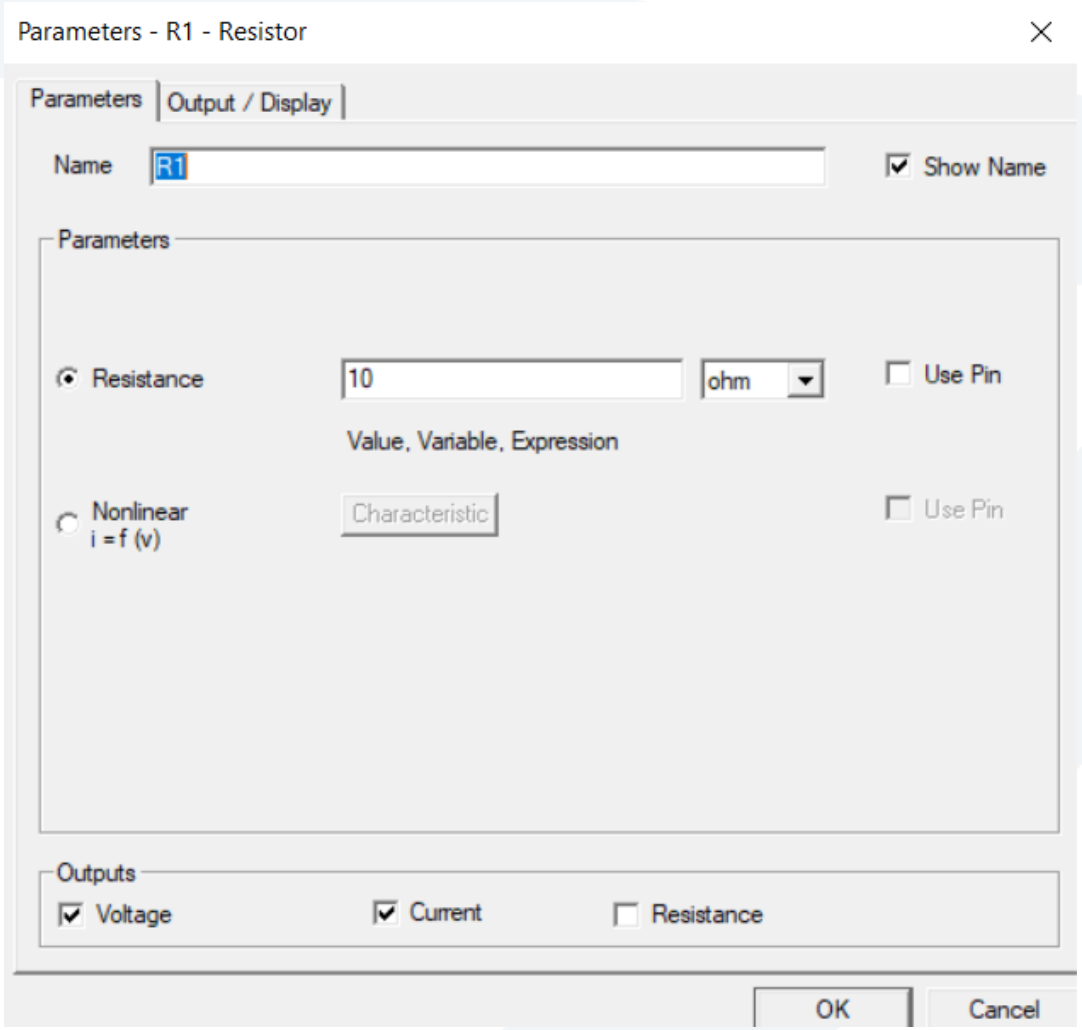
حمولة أومية صرفة

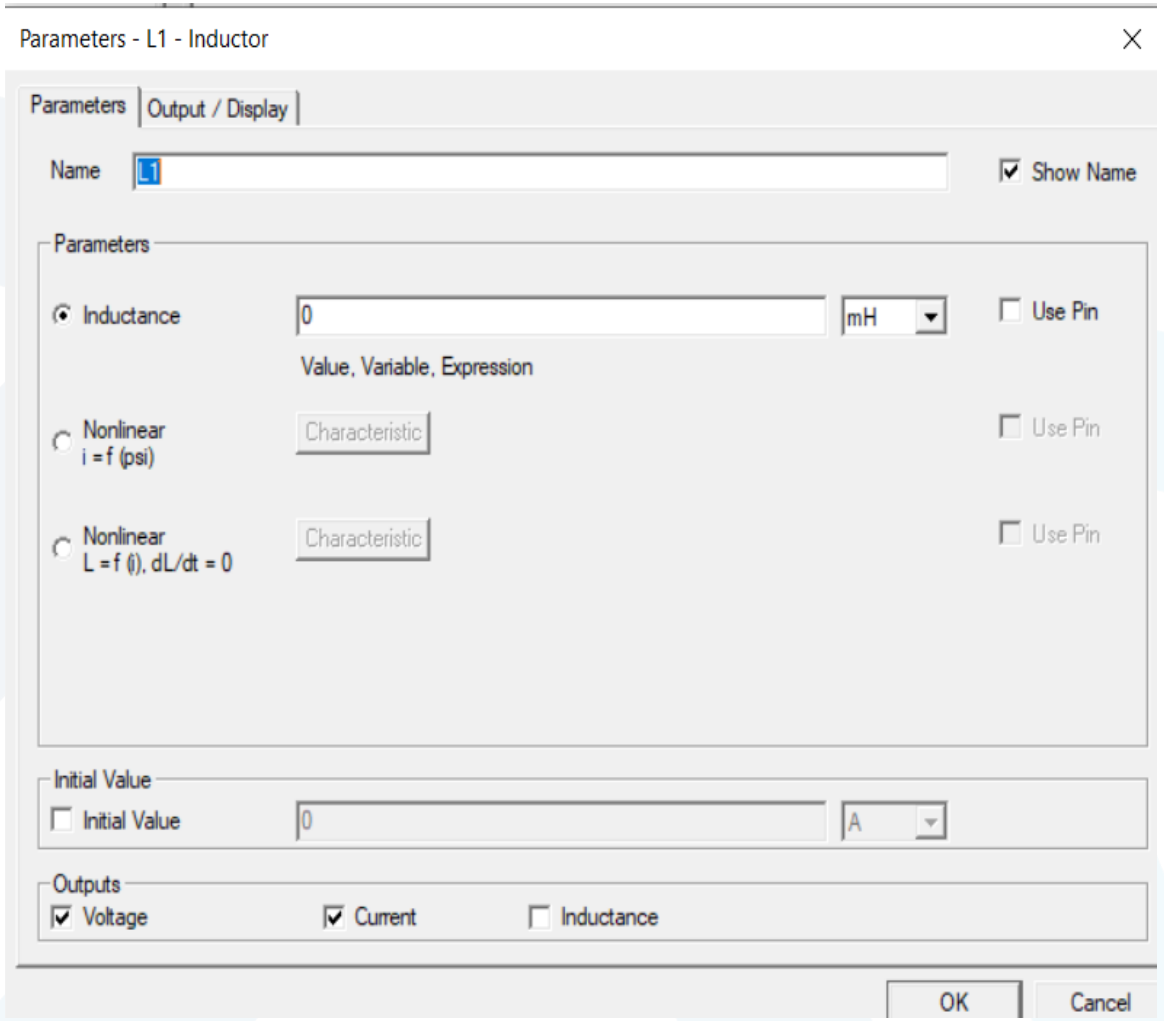



Parameters - E1 - Voltage Source
Parameters
AC - Parameters
Output / Display
Name
E1
Show Name
Parameters
EMF Value
0
V
Use Pin
Value, Variable, Expression
AC use
Time Controlled
Sine
Spice compatible
RMS Value
220
Amplitude
311.1269837
V
Phase
0
deg
Frequency
50
Hz
Offset
0
V
Period
0.02
s
Rise Time
0.005
s
Periodical
Yes
Fall Time
0.01
s
Delay
0
s
Pulse Width
0.005
s
Outputs
Voltage
Current
EMF Value
OK
Cancel


Parameters - E2 - Voltage Source
Parameters
AC - Parameters
Output / Display
Name
E2
Show Name
Parameters
EMF Value
0
V
Use Pin
Value, Variable, Expression
AC use
Time Controlled
Sine
Spice compatible
RMS Value
220
Amplitude
311.1269837
V
Phase
0
deg
Frequency
50
Hz
Offset
0
V
Period
0.02
s
Rise Time
0.005
s
Periodical
Yes
Fall Time
0.01
s
Delay
0
s
Pulse Width
0.005
s
Outputs
Voltage
Current
EMF Value
OK
Cancel

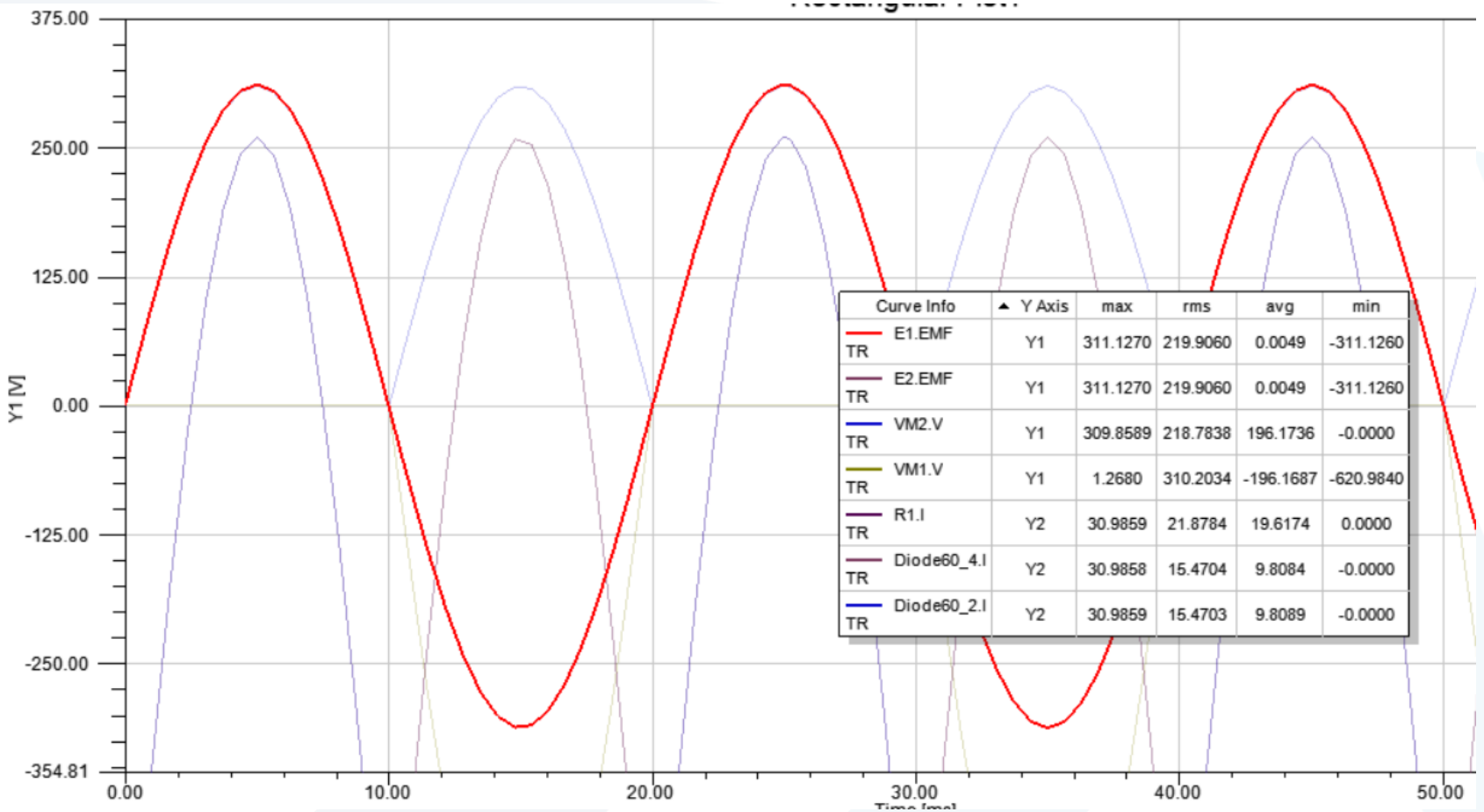
حمولة أومية صرفة





$$U_{in1} = U_{2m} \sin(\theta) = \sqrt{2} U_{2rms} \sin(\theta)$$

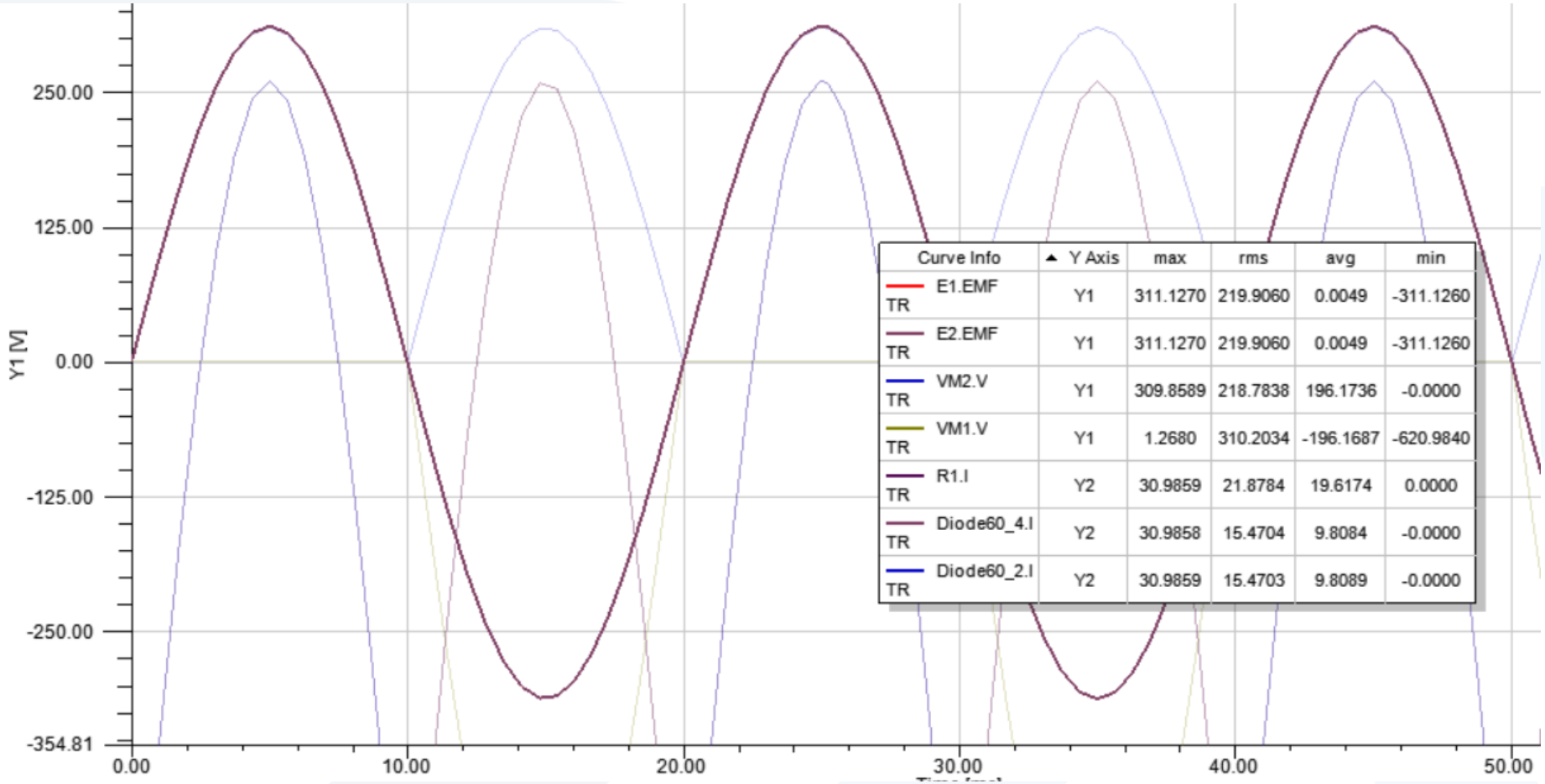
جهد المنبع الأول



Curve Info	Y Axis	max	rms	avg	min
E1.EMF TR	Y1	311.1270	219.9060	0.0049	-311.1260
E2.EMF TR	Y1	311.1270	219.9060	0.0049	-311.1260
VM2.V TR	Y1	309.8589	218.7838	196.1736	-0.0000
VM1.V TR	Y1	1.2680	310.2034	-196.1687	-620.9840
R1.I TR	Y2	30.9859	21.8784	19.6174	0.0000
Diode60_4.I TR	Y2	30.9858	15.4704	9.8084	-0.0000
Diode60_2.I TR	Y2	30.9859	15.4703	9.8089	-0.0000

$$U_{in2} = U_{2m} \sin(\theta) = \sqrt{2} U_{2rms} \sin(\theta)$$

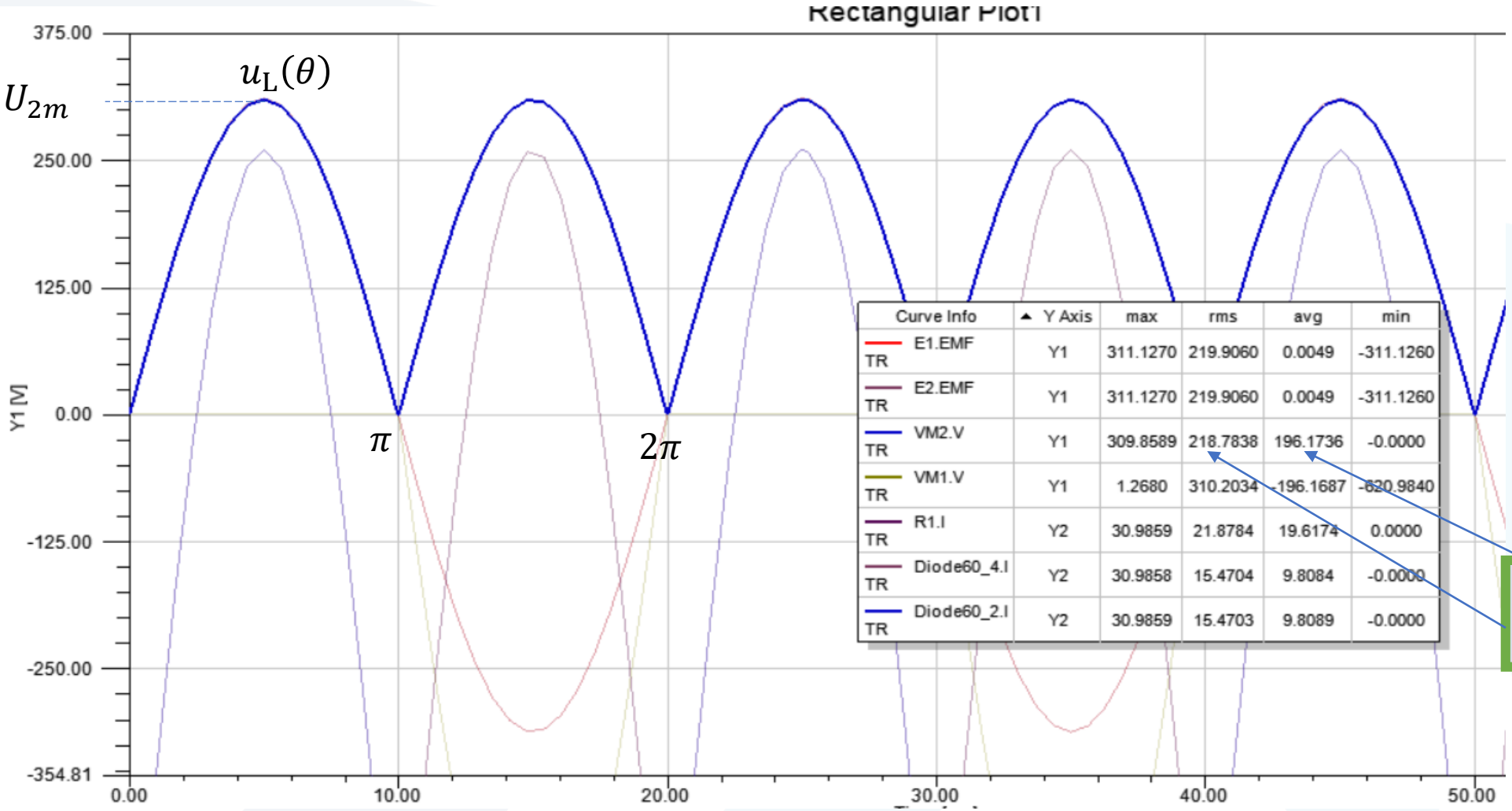
جهد المنبع الثاني



Curve Info	Y Axis	max	rms	avg	min
E1.EMF TR	Y1	311.1270	219.9060	0.0049	-311.1260
E2.EMF TR	Y1	311.1270	219.9060	0.0049	-311.1260
VM2.V TR	Y1	309.8589	218.7838	196.1736	-0.0000
VM1.V TR	Y1	1.2680	310.2034	-196.1687	-620.9840
R1.I TR	Y2	30.9859	21.8784	19.6174	0.0000
Diode60_4.I TR	Y2	30.9858	15.4704	9.8084	-0.0000
Diode60_2.I TR	Y2	30.9859	15.4703	9.8089	-0.0000

جَـامعة
المَـنارة
MANARA UNIVERSITY

جهد الحمل



Curve Info	Y Axis	max	rms	avg	min
E1.EMF TR	Y1	311.1270	219.9060	0.0049	-311.1260
E2.EMF TR	Y1	311.1270	219.9060	0.0049	-311.1260
VM2.V TR	Y1	309.8589	218.7838	196.1736	-0.0000
VM1.V TR	Y1	1.2680	310.2034	-196.1687	-620.9840
R1.I TR	Y2	30.9859	21.8784	19.6174	0.0000
Diode60_4.I TR	Y2	30.9858	15.4704	9.8084	-0.0000
Diode60_2.I TR	Y2	30.9859	15.4703	9.8089	-0.0000

ULav=0.9*219=197V

ULrms=219V

بارامترات جهد الحمل

يكون الجهد عبر الحمل U_L مكون من مركبة مستمرة DC بالإضافة الى تموج AC.

قيمة جهد الحمل الفعالة

$$U_{L_{rms}} = \sqrt{\frac{2}{2\pi}\int_0^{\pi} U_{2m}^2 \sin^2(\theta)\,d\theta}$$

$$U_{L_{rms}} = \sqrt{\frac{2U_{2m}^2}{4\pi}\int_0^{\pi}[1-\cos 2\theta]\,d\theta}$$

$$U_{L_{rms}} = \sqrt{\frac{2U_{2m}^2}{4\pi}\left[\theta - \frac{1}{2}\sin 2\theta\right]_0^{\pi}}$$

$$U_{L_{rms}} = \sqrt{\frac{2U_{2m}^2}{4\pi}\left[\pi - \frac{1}{2}\sin 2\pi - 0 + \frac{1}{2}\sin 0\right]} = \frac{\sqrt{2}U_{2m}}{2} = U_{2rms}$$

قيمة جهد الدخل الفعّالة

$$U_{L_{av}} = \frac{2}{2\pi}\left[\int_0^{\pi} U_{2m}\sin(\theta)\,d\theta\right]$$

$$U_{L_{av}} = \frac{2U_{2m}}{2\pi}\left[-\cos\theta\right]_0^{\pi} = \frac{2U_{2m}}{2\pi}[1+1]$$

$$U_{L_{av}} = \frac{2U_{2m}}{\pi} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi}U_{2rms} = 0.9U_{2rms}$$

قيمة جهد الحمل المقوم المتوسطة

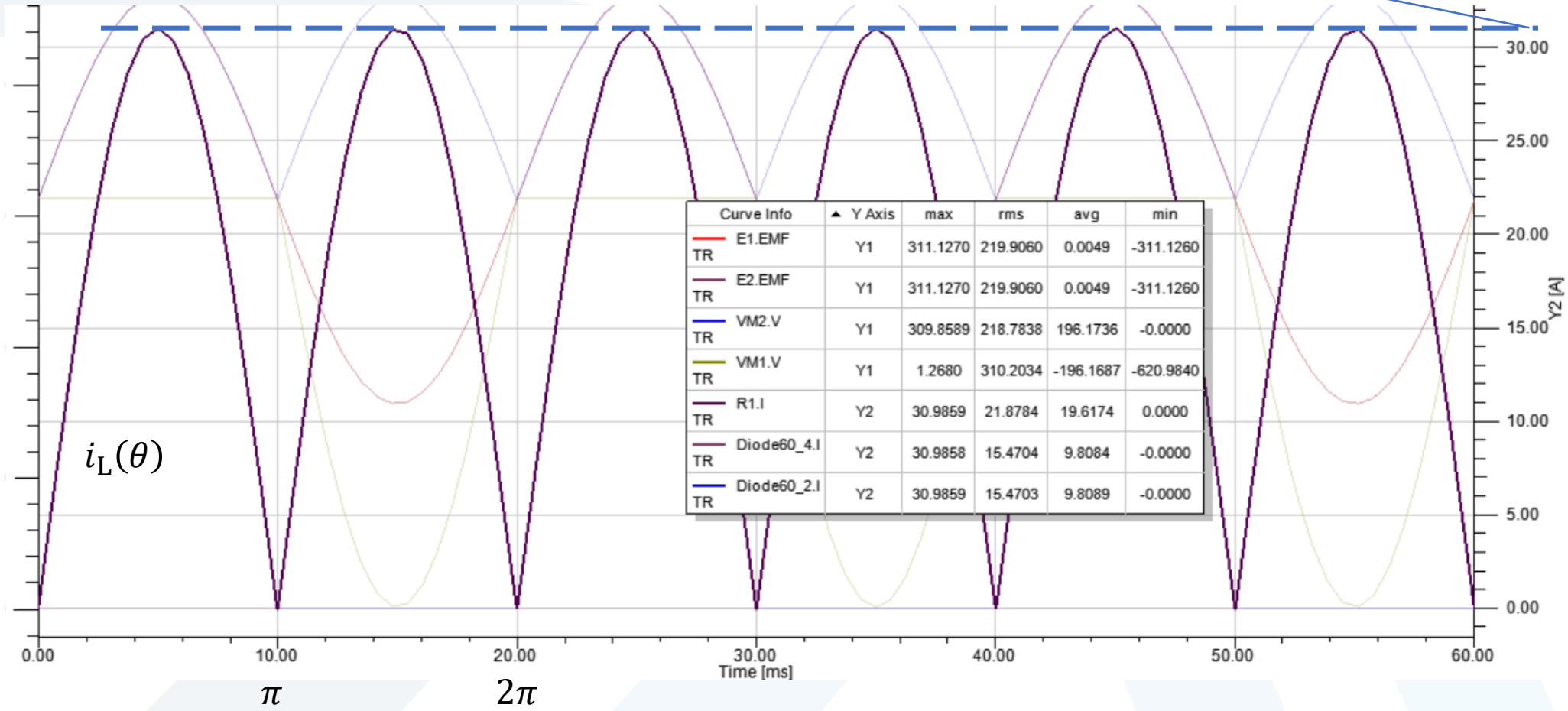
قيمة جهد الدخل الفعّالة

العلاقة السابقة تربط قيمة جهد الدخل الفعّالة وقيمة جهد الحمل المتوسطة

جَـامعة
المَـنارة
MANARA UNIVERSITY

تيار الحمل

$$I_{2m} = \frac{U_{2m}}{R = 10ohm}$$



بارامترات تيار الحمل

يكون الجهد عبر الحمل U_L مكون من مركبة مستمرة DC بالإضافة الى تموج AC.

$$I_{L_{av}} = \frac{2}{2\pi}\left[\int_0^{\pi} \frac{U_{2m}}{R}\sin(\theta)\,d\theta\right]$$

$$I_{L_{av}} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi R}U_{2rms} = 0.9\frac{U_{2rms}}{R}$$

$$= 0.9 * 220/10 = 19.8A$$

قيمة تيار الحمل المقوم المتوسطة

قيمة جهد الدخل الفعّالة

قيمة تيار الحمل الفعالة

$$I_{L_{rms}} = \sqrt{\frac{2}{2\pi}\int_0^{\pi} \frac{U_{2m}^2}{R^2}\sin^2(\theta)\,d\theta}$$

قيمة جهد الدخل الفعّالة

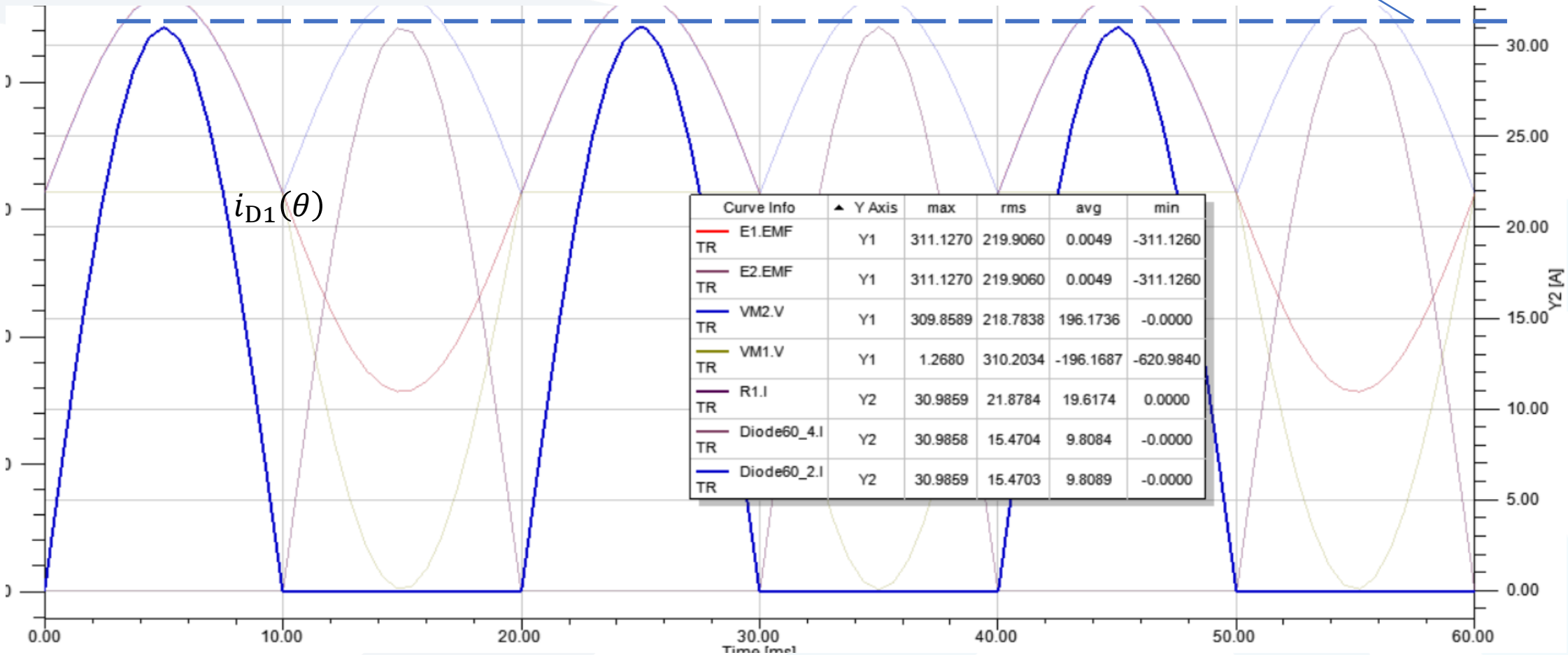
قيمة جهد الحمل الفعّالة

$$I_{L_{rms}} = \frac{\sqrt{2}U_{2m}}{2R} = \frac{U_{2rms}}{R} = \frac{U_{L_{rms}}}{R}$$

$$= 220/10 = 22A$$

تيار الديود الأعلى= تيار المنبع الأعلى

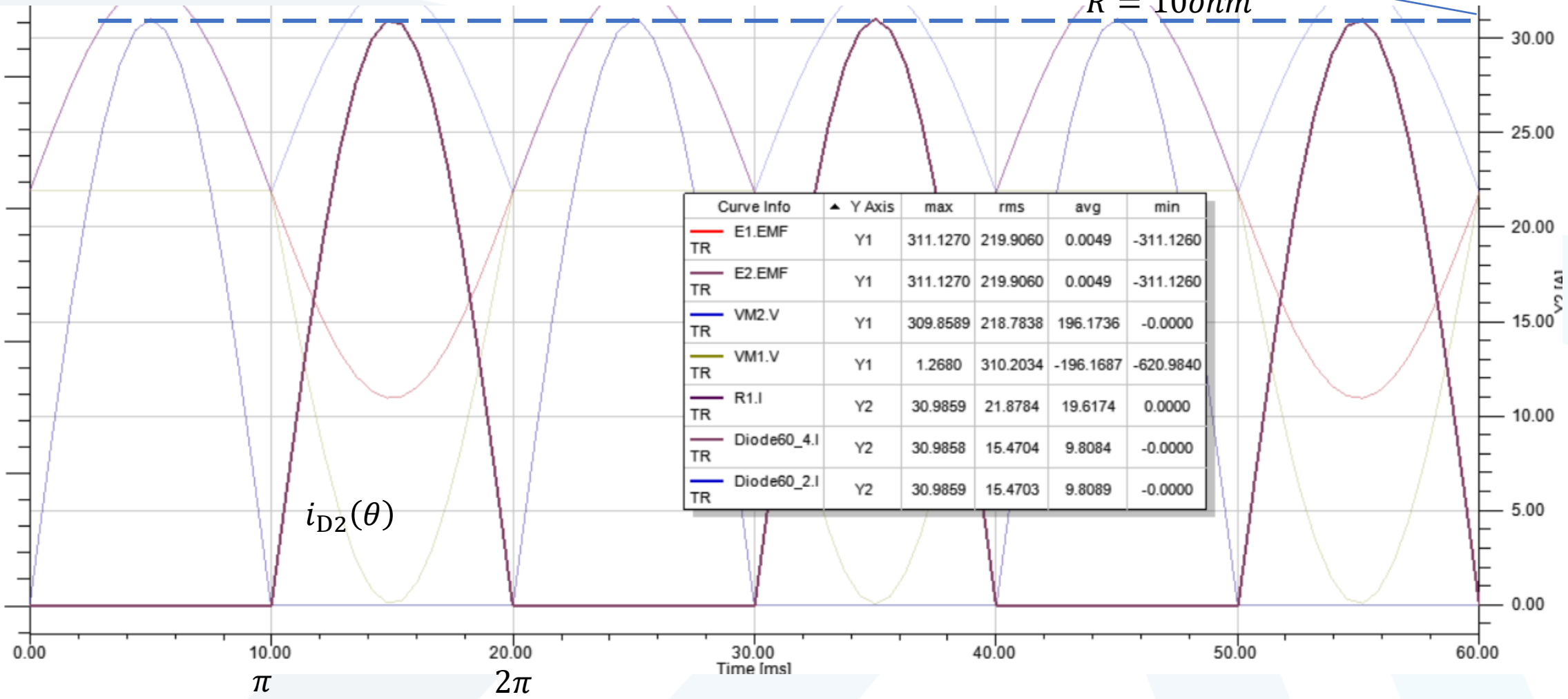
$$I_{2m} = \frac{U_{2m}}{R = 10ohm}$$



π 2π

تيار الديود الأسفل= - تيار المنيع الأسفل

$$I_{2m} = \frac{U_{2m}}{R = 10ohm}$$



$i_{D2}(\theta)$

π 2π

قيمة تيار المنبع أو تيار الديود المتوسطة

$$I_{D_{av}} = I_{S_{av}} = \frac{1}{2\pi}\left[\int_0^{\pi} \frac{U_{2m}}{R}\sin(\theta)\,d\theta\right]$$

$$I_{D_{av}} = I_{S_{av}} = \frac{U_{2m}}{2\pi R}\left[-\cos\theta\right]_0^{\pi} = \frac{U_{2m}}{2\pi R}[1+1]$$

$$I_{D_{av}} = I_{S_{av}} = \frac{U_{2m}}{\pi R} = \frac{\sqrt{2}U_{2rms}}{\pi R} = 0.45\frac{U_{2rms}}{R} = 9.9A$$

Form factor

Form factor is defined as the ratio of RMS value to the DC value

F.F = RMS value / DC value

$$\frac{I_{L_{rms}}}{I_{L_{av}}} = \frac{\frac{U_{2rms}}{R}}{\frac{2\sqrt{2}}{\pi R}U_{2rms}} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1.11$$

بنسب قيمتي التيار الحمل الفعّالة والمتوسطة إلى بعضها تنتج العلاقة التالية:

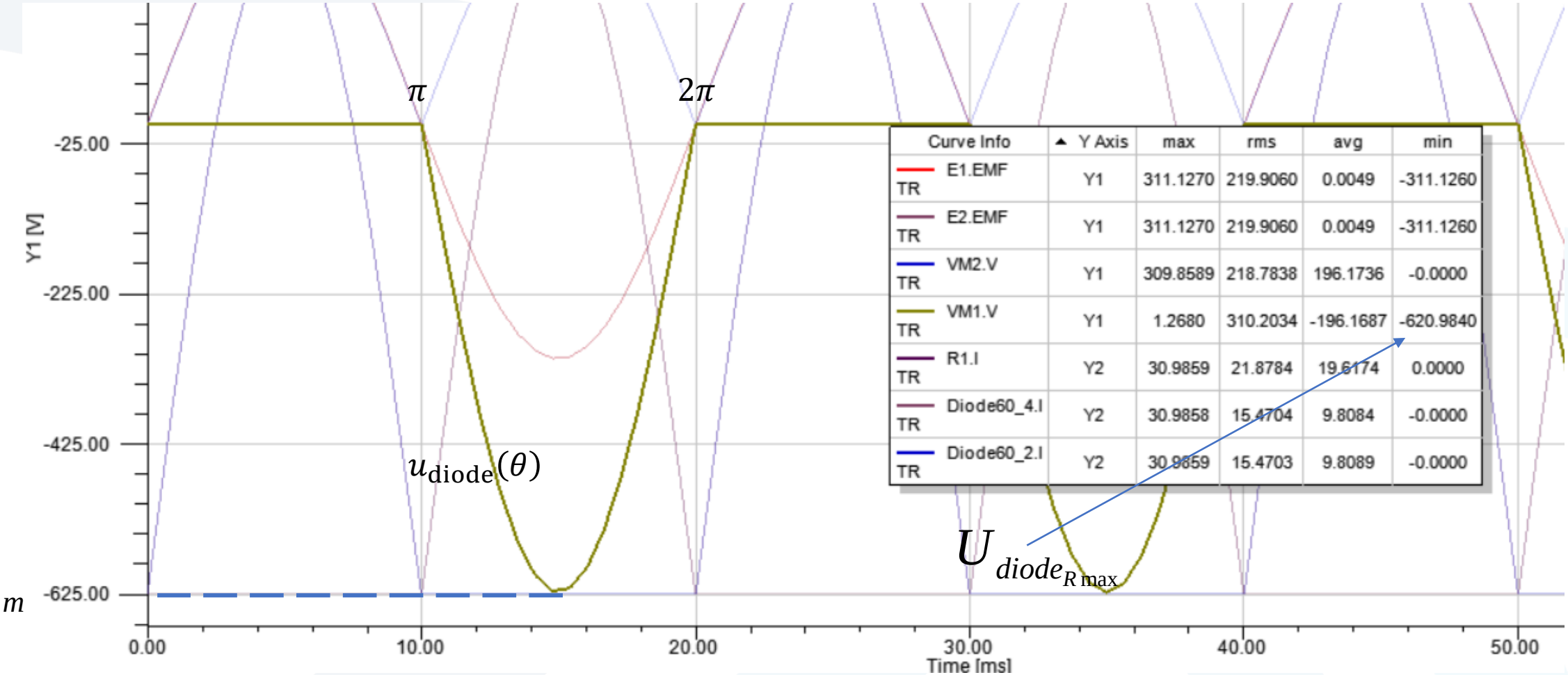
Ripples factor

- Ripples factor = **rms value of AC component of the output voltage / DC component of the output voltage**
- The ripple factor is also simply defined as the ratio of ripple voltage to the DC voltage
- Ripple factor = **Ratio of ripple voltage / DC voltage.**
- The ripple factor should be kept as minimum as possible to construct a good rectifier.
- The ripple factor is given as:

$$\gamma = \sqrt{\left(\frac{U_{L_{rms}}}{U_{L_{av}}}\right)^2 - 1} = \sqrt{\left(\frac{U_{2rms}}{\frac{2\sqrt{2}}{\pi}U_{2rms}}\right)^2 - 1} = \sqrt{\left(\frac{\pi}{2\sqrt{2}}\right)^2 - 1} = 0.48$$

Peak inverse voltage (PIV)

جهد الديود الأعلى بالقيمة المطلقة



Curve Info	Y Axis	max	rms	avg	min
E1.EMF TR	Y1	311.1270	219.9060	0.0049	-311.1260
E2.EMF TR	Y1	311.1270	219.9060	0.0049	-311.1260
VM2.V TR	Y1	309.8589	218.7838	196.1736	-0.0000
VM1.V TR	Y1	1.2680	310.2034	-196.1687	-620.9840
R1.I TR	Y2	30.9859	21.8784	19.6174	0.0000
Diode60_4.I TR	Y2	30.9858	15.4704	9.8084	-0.0000
Diode60_2.I TR	Y2	30.9859	15.4703	9.8089	-0.0000

Peak inverse voltage (PIV)

الجهد العكسي على الديود الأعلى:

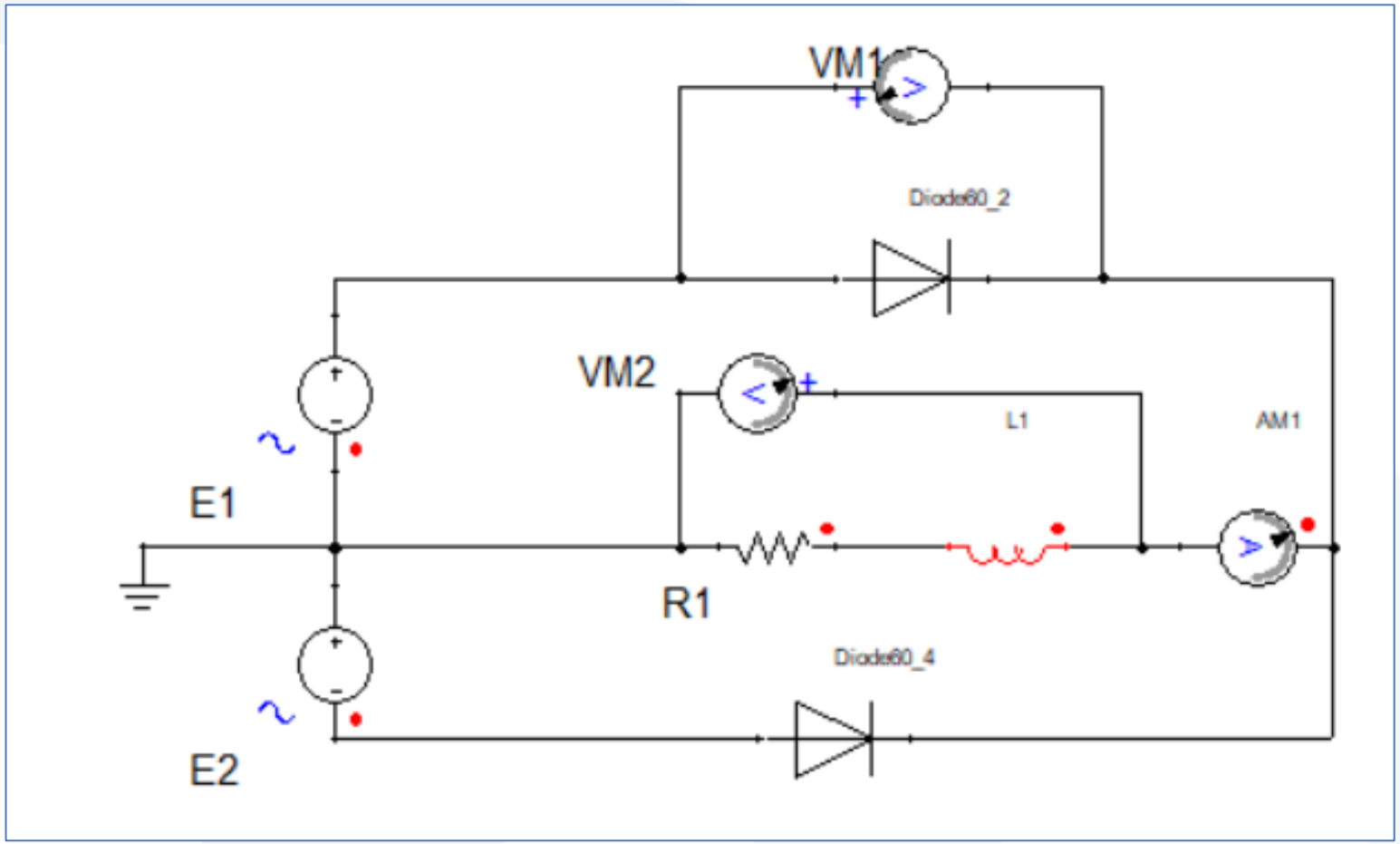
عند نصف الموجة السالبة يكون الديود في حالة عدم توصيل فتكون القيمة الأعظمية للجهد العكسي على الديود في حالة عدم تمرير الديود للتيار هو القيمة الأعظمية لجهد الملف الثانوي للمحولة كاملة:

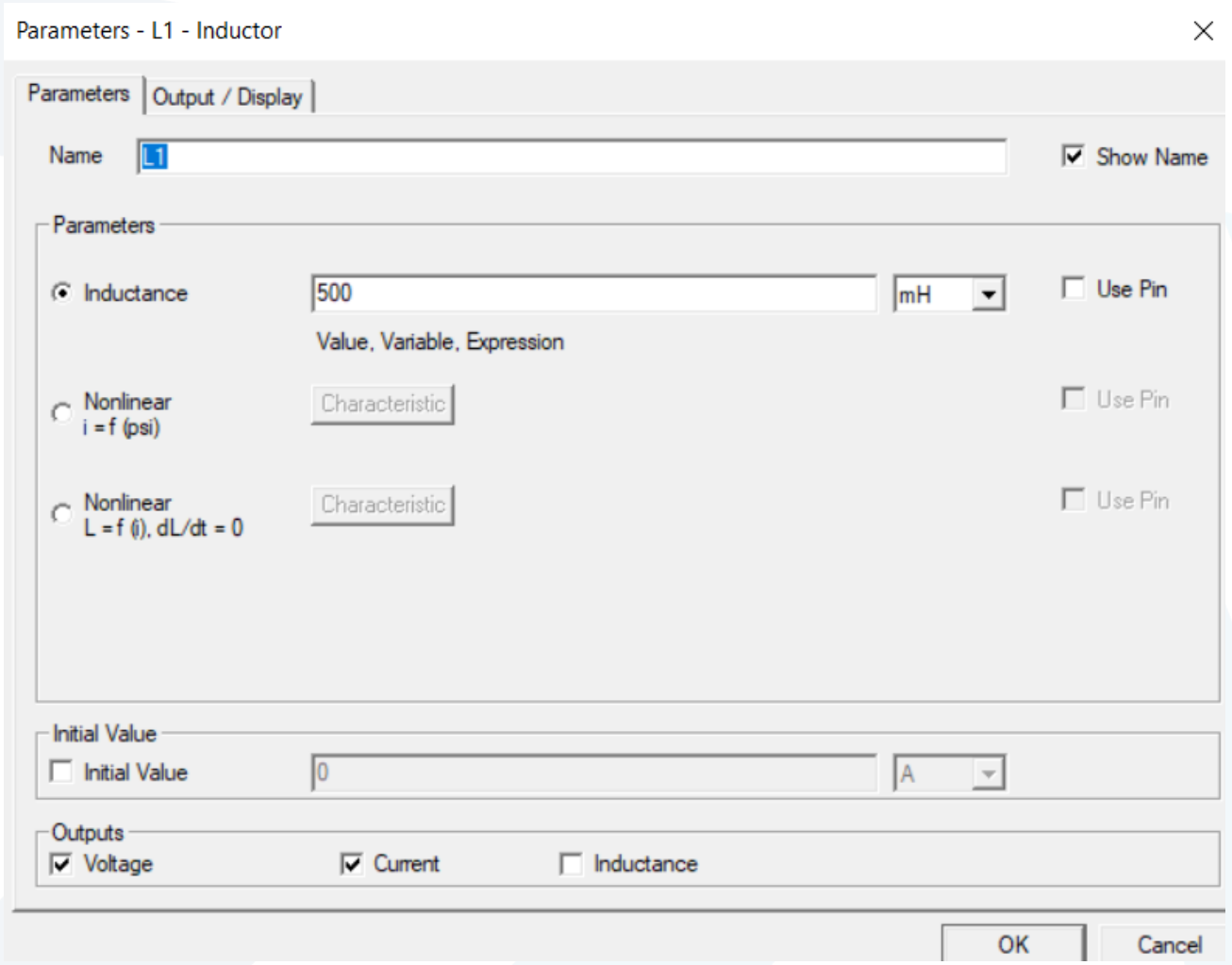
$$U_{diode_{R\max}} = -2\sqrt{2}\ U_{2rms} = -2U_{2m}$$

ولذلك يراعى عند اختيار الديود أن يتحمل أقصى جهد عكسي مطبق عليه.

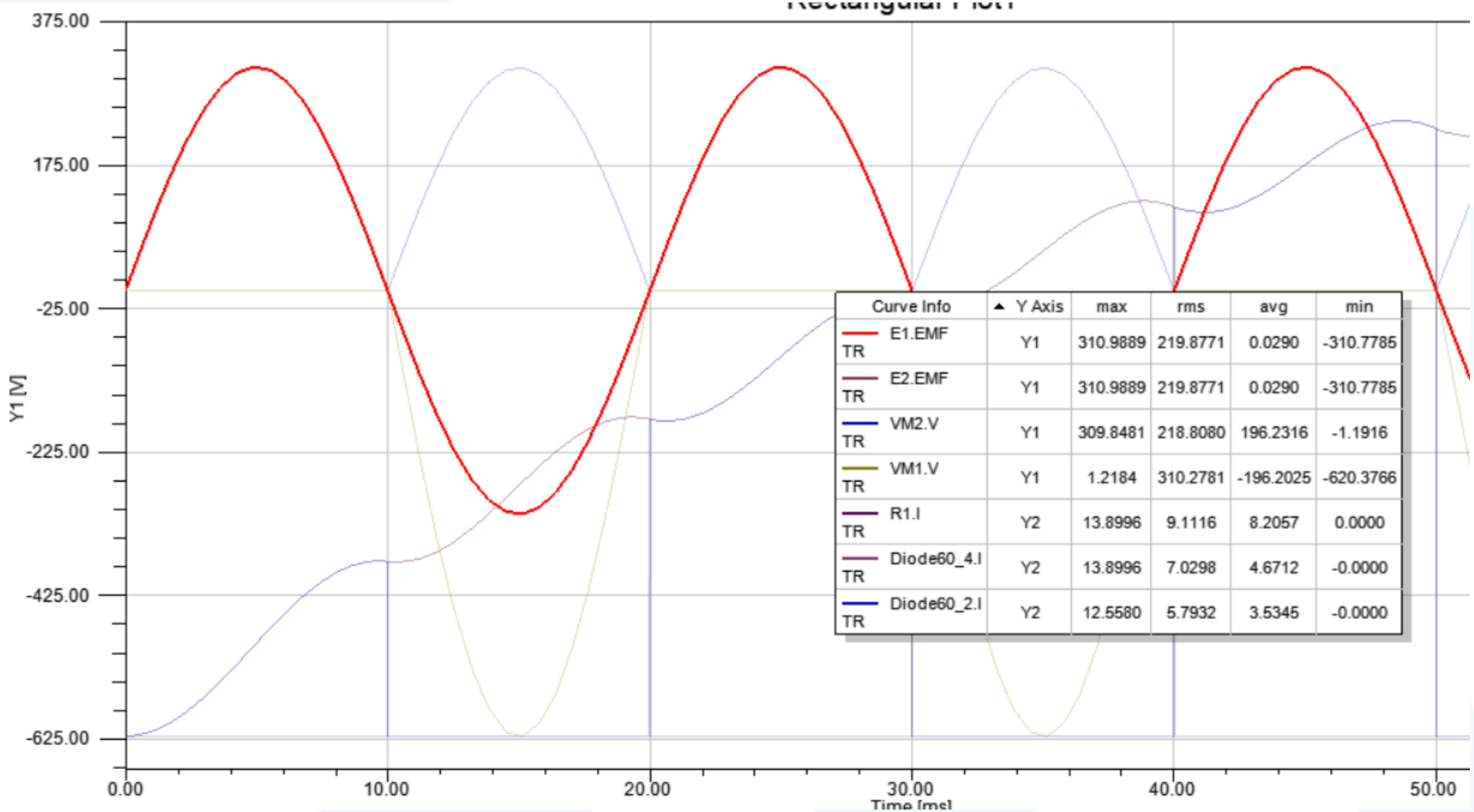
Curve Info	Y Axis	max	rms	avg	min	
E1.EMF TR	Y1	311.1270	219.9060	0.0049	-311.1260	المنبع الأول
E2.EMF TR	Y1	311.1270	219.9060	0.0049	-311.1260	المنبع الثاني
VM2.V TR	Y1	309.8589	218.7838	196.1736	-0.0000	جهد الحمل
VM1.V TR	Y1	1.2680	310.2034	-196.1687	-620.9840	جهد الديود الأعلى
R1.I TR	Y2	30.9859	21.8784	19.6174	0.0000	تيار الحمل
Diode60_4.I TR	Y2	30.9858	15.4704	9.8084	-0.0000	تيار الديود الأسفل
Diode60_2.I TR	Y2	30.9859	15.4703	9.8089	-0.0000	تيار الديود الأعلى

حمولة مختلطة أومية وتحريضية



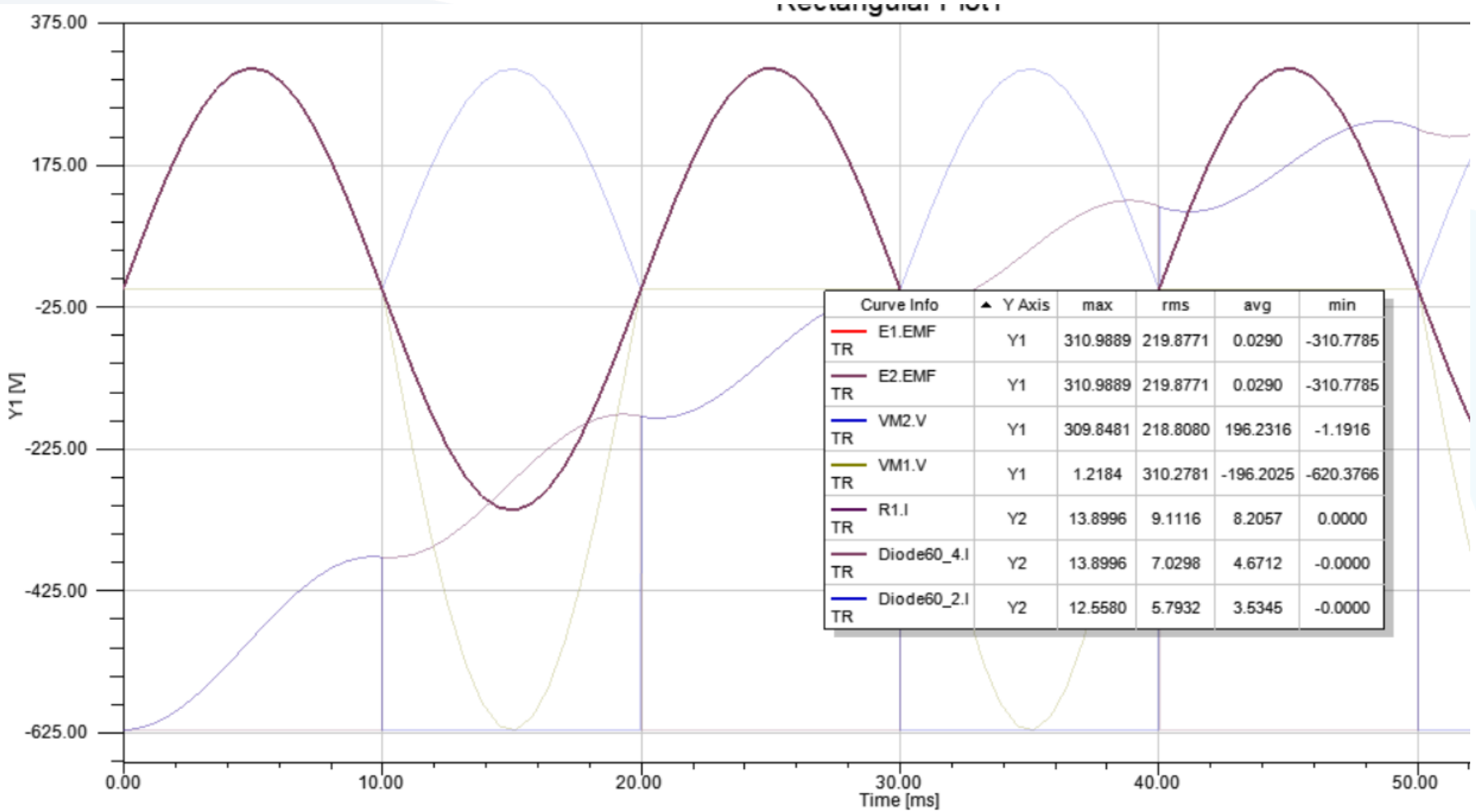

Parameters - L1 - Inductor
Parameters
Output / Display
Name
L1
Show Name
Parameters
Inductance
500
mH
Use Pin
Value, Variable, Expression
Nonlinear
i = f (psi)
Characteristic
Use Pin
Nonlinear
L = f (i), dL/dt = 0
Characteristic
Use Pin
Initial Value
Initial Value
0
A
Outputs
Voltage
Current
Inductance
OK
Cancel

جهد المنبع الأول



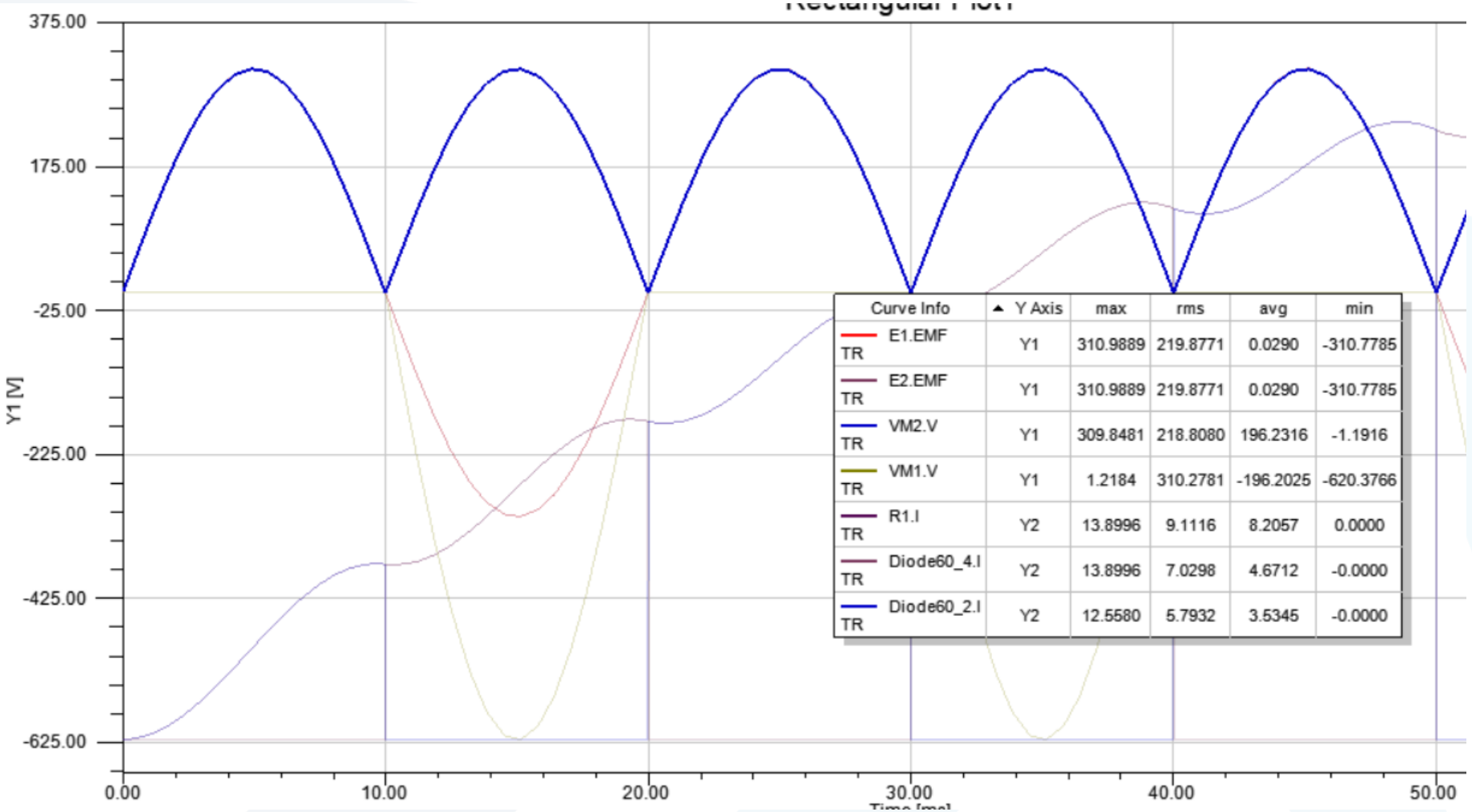
Curve Info	Y Axis	max	rms	avg	min
E1.EMF TR	Y1	310.9889	219.8771	0.0290	-310.7785
E2.EMF TR	Y1	310.9889	219.8771	0.0290	-310.7785
VM2.V TR	Y1	309.8481	218.8080	196.2316	-1.1916
VM1.V TR	Y1	1.2184	310.2781	-196.2025	-620.3766
R1.I TR	Y2	13.8996	9.1116	8.2057	0.0000
Diode60_4.I TR	Y2	13.8996	7.0298	4.6712	-0.0000
Diode60_2.I TR	Y2	12.5580	5.7932	3.5345	-0.0000

جهد المنبع الثاني



Curve Info	Y Axis	max	rms	avg	min
E1.EMF TR	Y1	310.9889	219.8771	0.0290	-310.7785
E2.EMF TR	Y1	310.9889	219.8771	0.0290	-310.7785
VM2.V TR	Y1	309.8481	218.8080	196.2316	-1.1916
VM1.V TR	Y1	1.2184	310.2781	-196.2025	-620.3766
R1.I TR	Y2	13.8996	9.1116	8.2057	0.0000
Diode60_4.I TR	Y2	13.8996	7.0298	4.6712	-0.0000
Diode60_2.I TR	Y2	12.5580	5.7932	3.5345	-0.0000

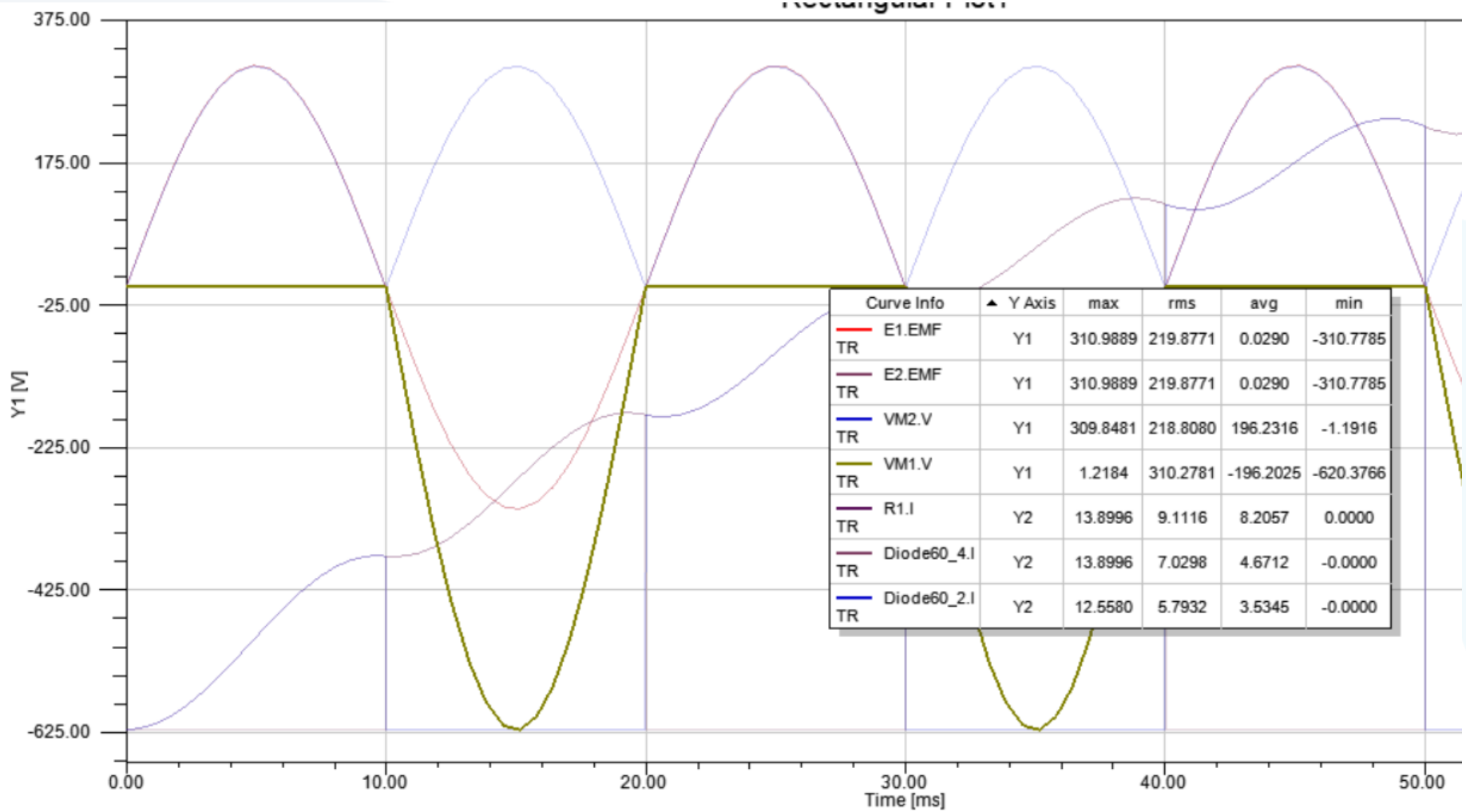
جهد الحمل



Curve Info	Y Axis	max	rms	avg	min
E1.EMF TR	Y1	310.9889	219.8771	0.0290	-310.7785
E2.EMF TR	Y1	310.9889	219.8771	0.0290	-310.7785
VM2.V TR	Y1	309.8481	218.8080	196.2316	-1.1916
VM1.V TR	Y1	1.2184	310.2781	-196.2025	-620.3766
R1.I TR	Y2	13.8996	9.1116	8.2057	0.0000
Diode60_4.I TR	Y2	13.8996	7.0298	4.6712	-0.0000
Diode60_2.I TR	Y2	12.5580	5.7932	3.5345	-0.0000

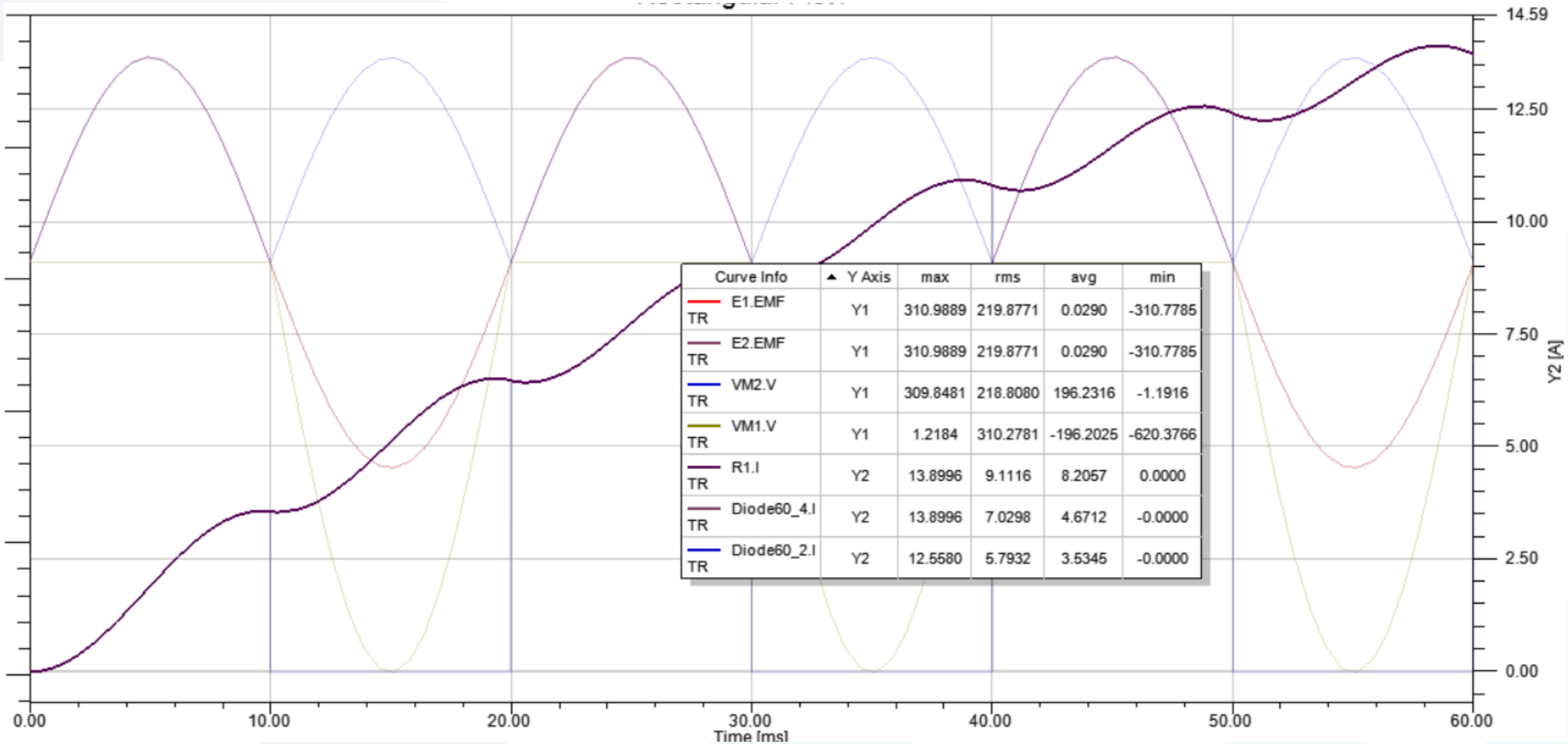
جَـامعة
المَـنارة
MANARA UNIVERSITY

جهد الديود الأعلى



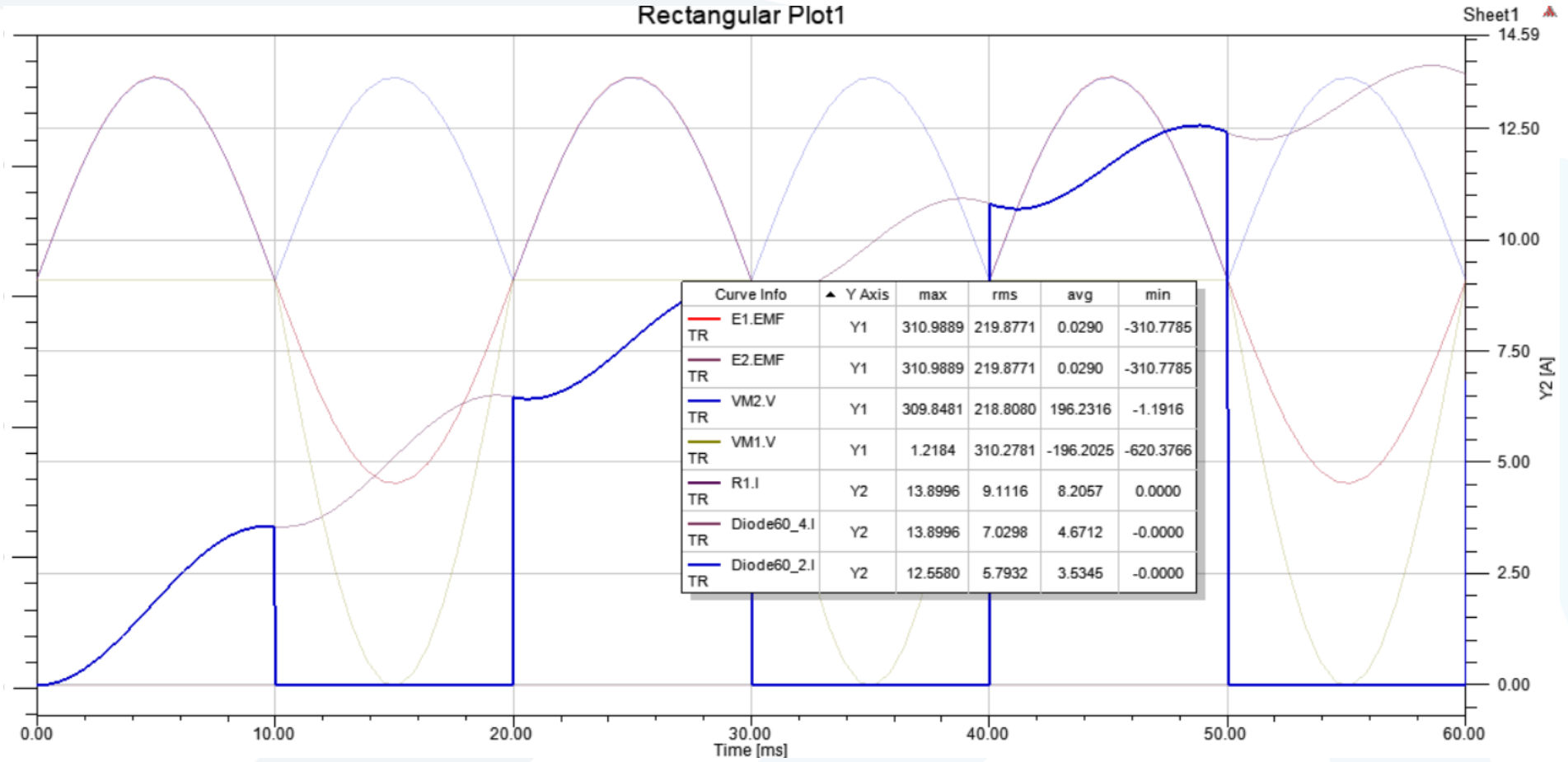
Curve Info	Y Axis	max	rms	avg	min
E1.EMF TR	Y1	310.9889	219.8771	0.0290	-310.7785
E2.EMF TR	Y1	310.9889	219.8771	0.0290	-310.7785
VM2.V TR	Y1	309.8481	218.8080	196.2316	-1.1916
VM1.V TR	Y1	1.2184	310.2781	-196.2025	-620.3766
R1.I TR	Y2	13.8996	9.1116	8.2057	0.0000
Diode60_4.I TR	Y2	13.8996	7.0298	4.6712	-0.0000
Diode60_2.I TR	Y2	12.5580	5.7932	3.5345	-0.0000

تيار الحمل



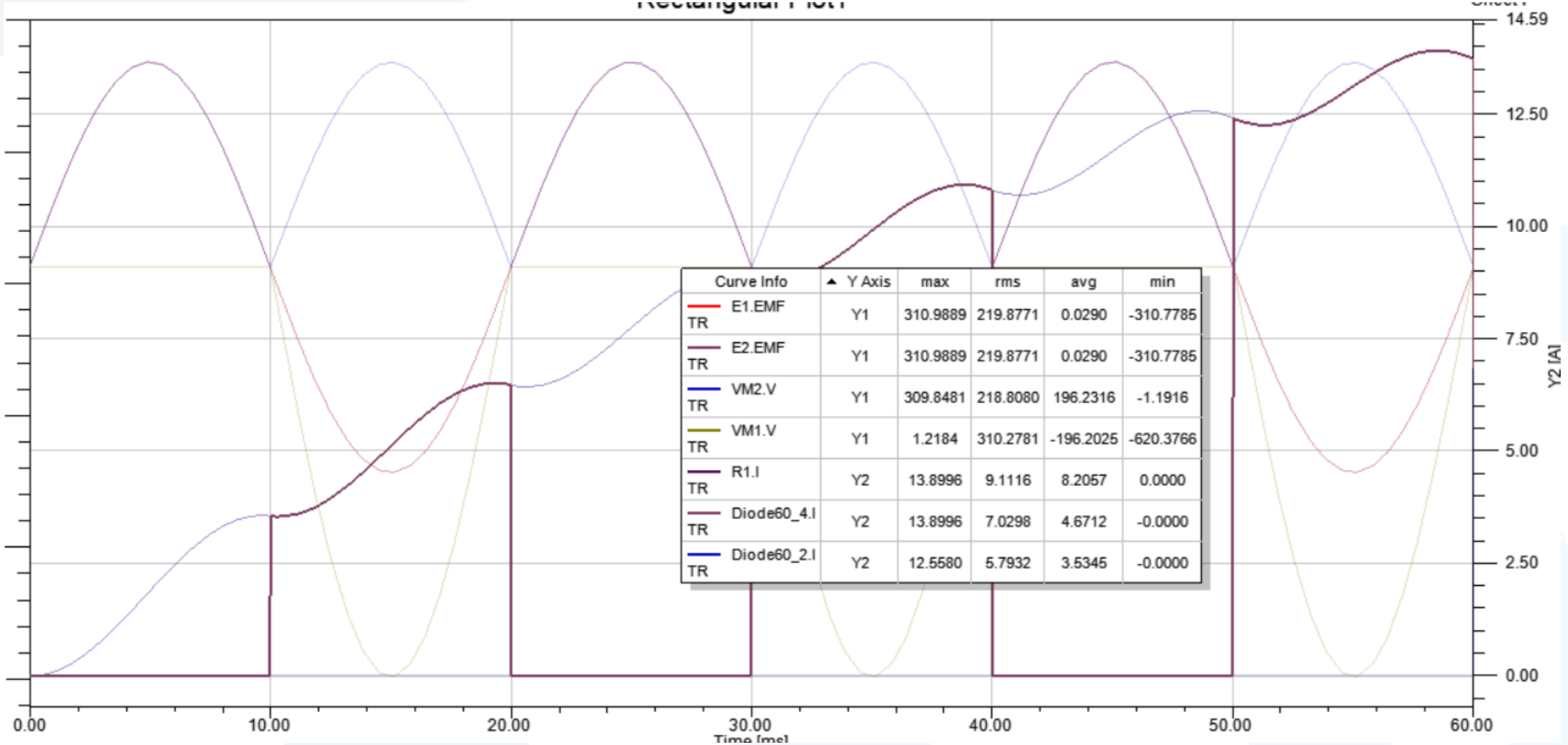
Curve Info	Y Axis	max	rms	avg	min
E1.EMF TR	Y1	310.9889	219.8771	0.0290	-310.7785
E2.EMF TR	Y1	310.9889	219.8771	0.0290	-310.7785
VM2.V TR	Y1	309.8481	218.8080	196.2316	-1.1916
VM1.V TR	Y1	1.2184	310.2781	-196.2025	-620.3766
R1.I TR	Y2	13.8996	9.1116	8.2057	0.0000
Diode60_4.I TR	Y2	13.8996	7.0298	4.6712	-0.0000
Diode60_2.I TR	Y2	12.5580	5.7932	3.5345	-0.0000

تيار الديود الأعلى

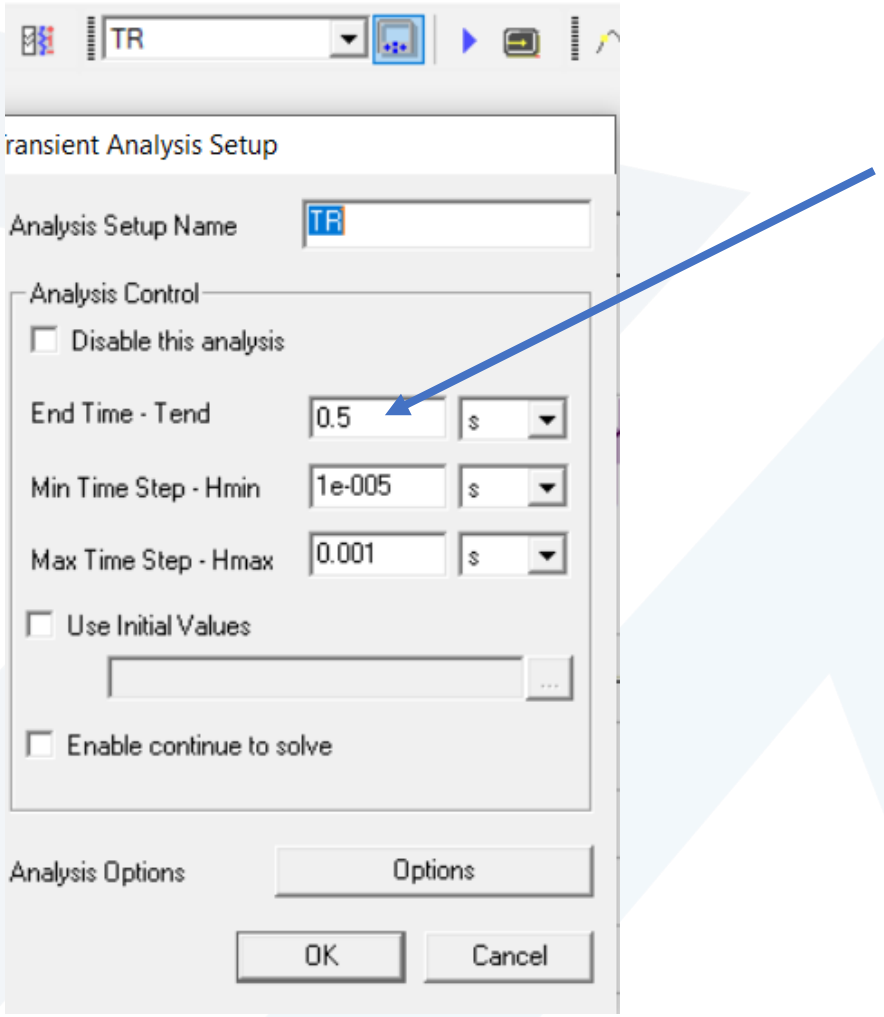


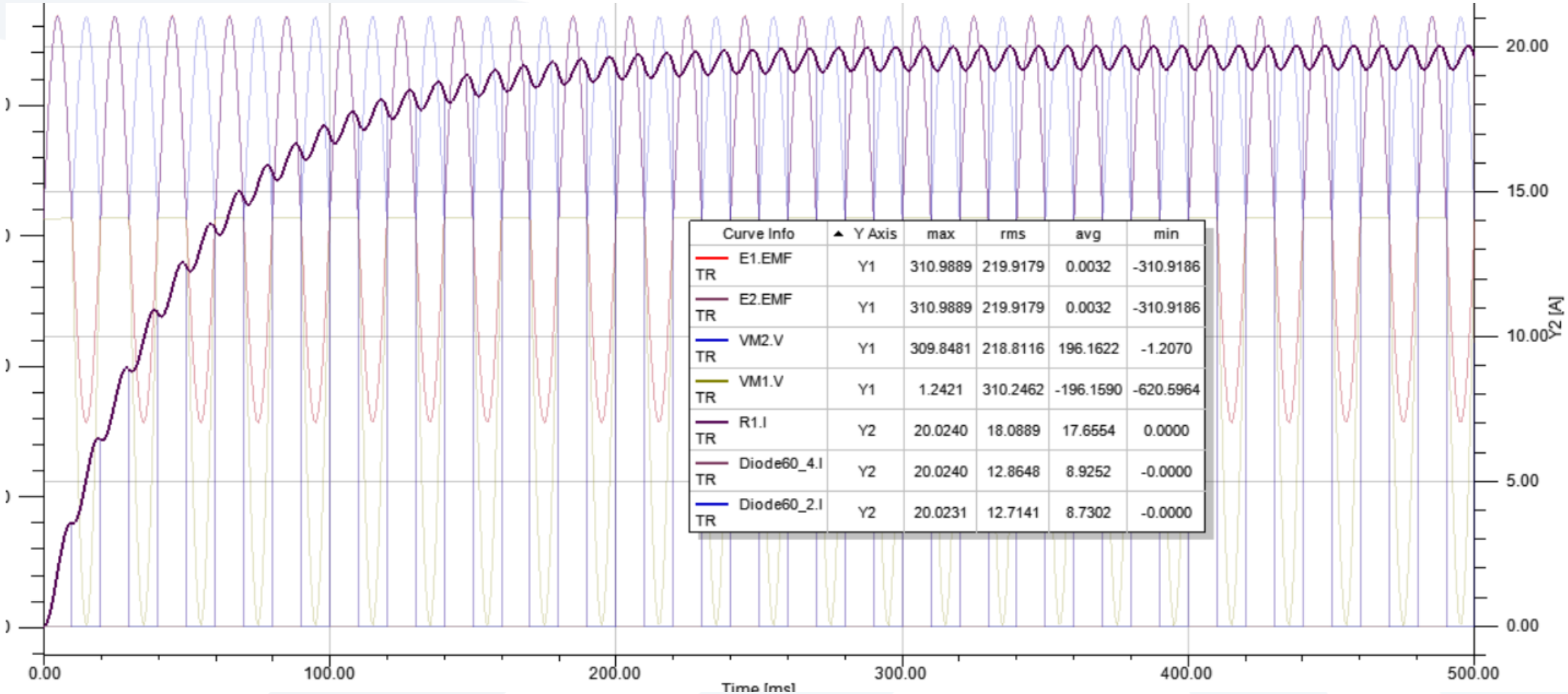
جَـامعة
المَـنارة
MANARA UNIVERSITY

تيار الديود الأسفل



Curve Info	Y Axis	max	rms	avg	min
E1.EMF TR	Y1	310.9889	219.8771	0.0290	-310.7785
E2.EMF TR	Y1	310.9889	219.8771	0.0290	-310.7785
VM2.V TR	Y1	309.8481	218.8080	196.2316	-1.1916
VM1.V TR	Y1	1.2184	310.2781	-196.2025	-620.3766
R1.I TR	Y2	13.8996	9.1116	8.2057	0.0000
Diode60_4.I TR	Y2	13.8996	7.0298	4.6712	-0.0000
Diode60_2.I TR	Y2	12.5580	5.7932	3.5345	-0.0000


TR
ransient Analysis Setup
Analysis Setup Name
TR
Analysis Control
Disable this analysis
End Time - Tend
0.5
s
Min Time Step - Hmin
1e-005
s
Max Time Step - Hmax
0.001
s
Use Initial Values
Enable continue to solve
Analysis Options
Options
OK
Cancel


Curve Info | Y Axis | max | rms | avg | min
E1.EMF TR | Y1 | 310.9889 | 219.9179 | 0.0032 | -310.9186
E2.EMF TR | Y1 | 310.9889 | 219.9179 | 0.0032 | -310.9186
VM2.V TR | Y1 | 309.8481 | 218.8116 | 196.1622 | -1.2070
VM1.V TR | Y1 | 1.2421 | 310.2462 | -196.1590 | -620.5964
R1.I TR | Y2 | 20.0240 | 18.0889 | 17.6554 | 0.0000
Diode60_4.I TR | Y2 | 20.0240 | 12.8648 | 8.9252 | -0.0000
Diode60_2.I TR | Y2 | 20.0231 | 12.7141 | 8.7302 | -0.0000
0.00
100.00
200.00
300.00
400.00
500.00
Time [ms]
20.00
15.00
10.00
5.00
0.00
Y2 [A]

Curve Info	Y Axis	max	rms	avg	min	
E1.EMF TR	Y1	310.9889	219.9179	0.0032	-310.9186	المنبع الأول
E2.EMF TR	Y1	310.9889	219.9179	0.0032	-310.9186	المنبع الثاني
VM2.V TR	Y1	309.8481	218.8116	196.1622	-1.2070	جهد الحمل
VM1.V TR	Y1	1.2421	310.2462	-196.1590	-620.5964	جهد الديود الأعلى
R1.I TR	Y2	20.0240	18.0889	17.6554	0.0000	تيار الحمل
Diode60_4.I TR	Y2	20.0240	12.8648	8.9252	-0.0000	تيار الديود الأسفل
Diode60_2.I TR	Y2	20.0231	12.7141	8.7302	-0.0000	تيار الديود الأعلى

Advantages of full wave rectifier with center tapped transformer

- معدل كفاءة عالية: المعدل المقوم الموجي الكامل له كفاءة عالية مقارنة مع مقوم نصف الموجي. هذا يعني أن مقوم الموجة الكاملة يحول التيار المتردد إلى تيار مستمر بشكل أكثر كفاءة من مقوم نصف الموجي.
- فقدان منخفض للطاقة: في مقوم نصف الموجة ، يُسمح فقط بنصف دورة (نصف دورة موجبة أو سالبة) ويتم حظر نصف الدورة المتبقية. نتيجة لذلك ، يضيع أكثر من نصف الجهد. ولكن في مقوم الموجة الكاملة ، يُسمح بنصف دورات (دورات نصف موجبة وسالبة) في نفس الوقت. لذلك لا تضيع أي إشارة في مقوم الموجة الكاملة.
- تموجات منخفضة: تحتوي إشارة خرج التيار المستمر في مقوم الموجة الكاملة على تموجات أقل من مقوم نصف الموجة.

Disadvantages of full wave rectifier with center tapped transformer

- High cost
- The center tapped transformers are expensive and occupy a large space.

- التكلفة العالية
- المحولات ذات النقطة المشتركة التي يتم استخدامها غالية الثمن وتحتل مساحة كبيرة.

جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

انتهت المحاضرة