الكترونيات الطاقة

Lecture No. 2

دارة تقويم نصف موجة أحادية الطور

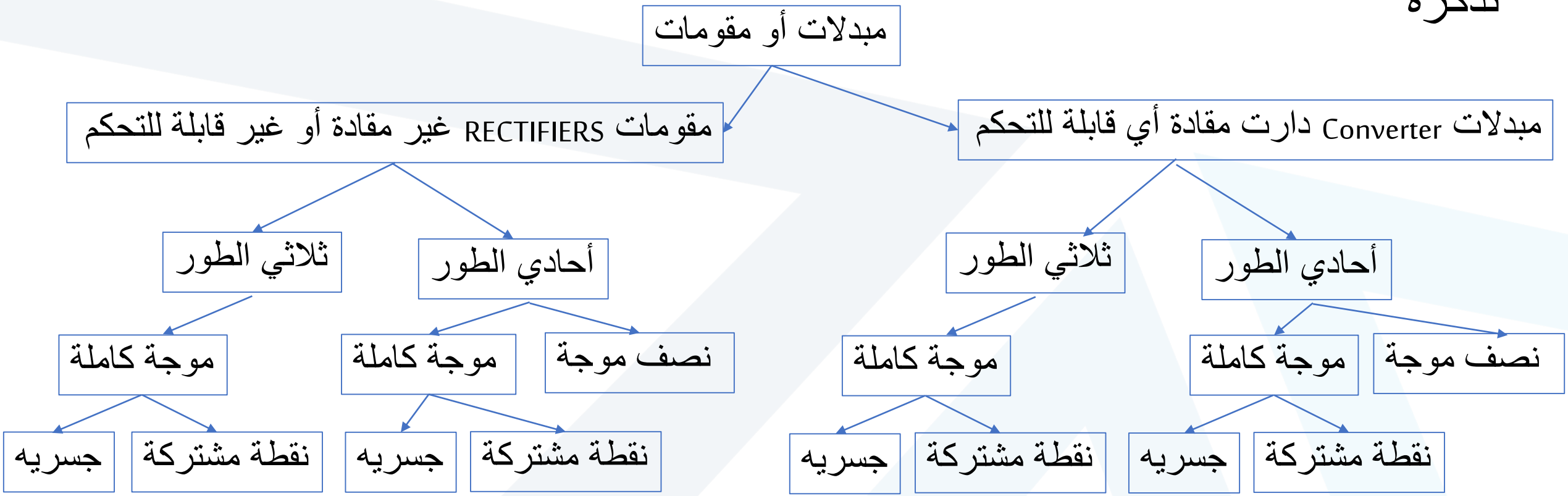
Single Phase Half Wave Rectifier

ميكاترونيكس - سنة رابعة - فصل ثاني

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

2023

تذكرة



تبديل التيار المتناوب/AC/، إلى تيار مستمر/DC/، وتسمى هذه الأجهزة بالمبدلات (Converter) في حال استخدام الثايرستوارت أي متحكم بها.

تبديل التيار المتناوب/AC/، إلى تيار مستمر/DC/، وتسمى هذه الأجهزة بالمقومات(RECTIFIERS) في حال استخدام الديودات أي غير متحكم بها أي غير مقادة

دارات التقويم Rectifiers

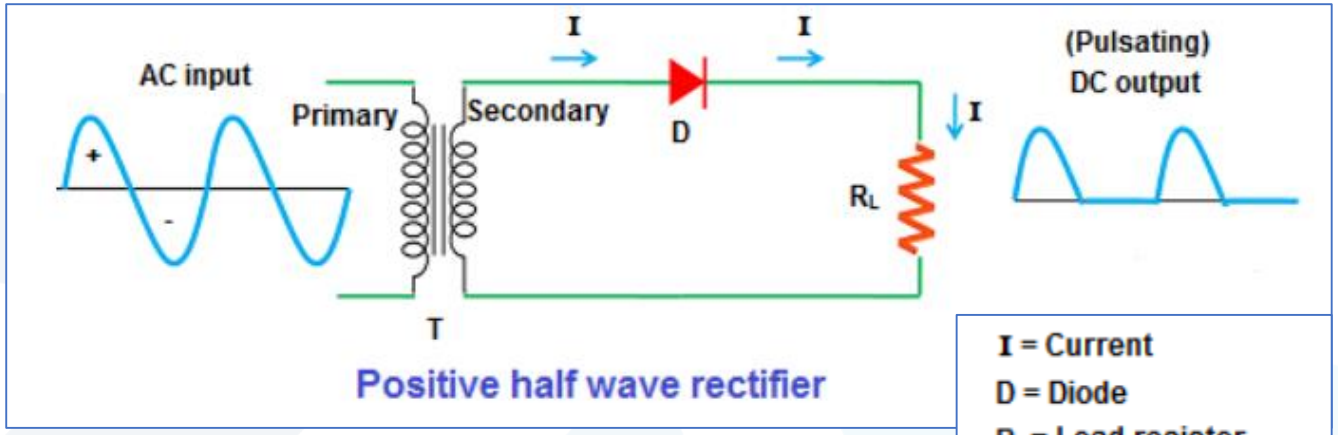
دارة التقويم هي مجموعة من العناصر الإلكترونية من بينها الثنائي شبه الموصل (الديود)، تستخدم هذه الدارة لتحويل التيار الكهربائي من التيار المتناوب إلى التيار المستمر. تتم دون اجراء عملية تحكم أي أنها غير مقادة وتستخدم فيها الديودات.

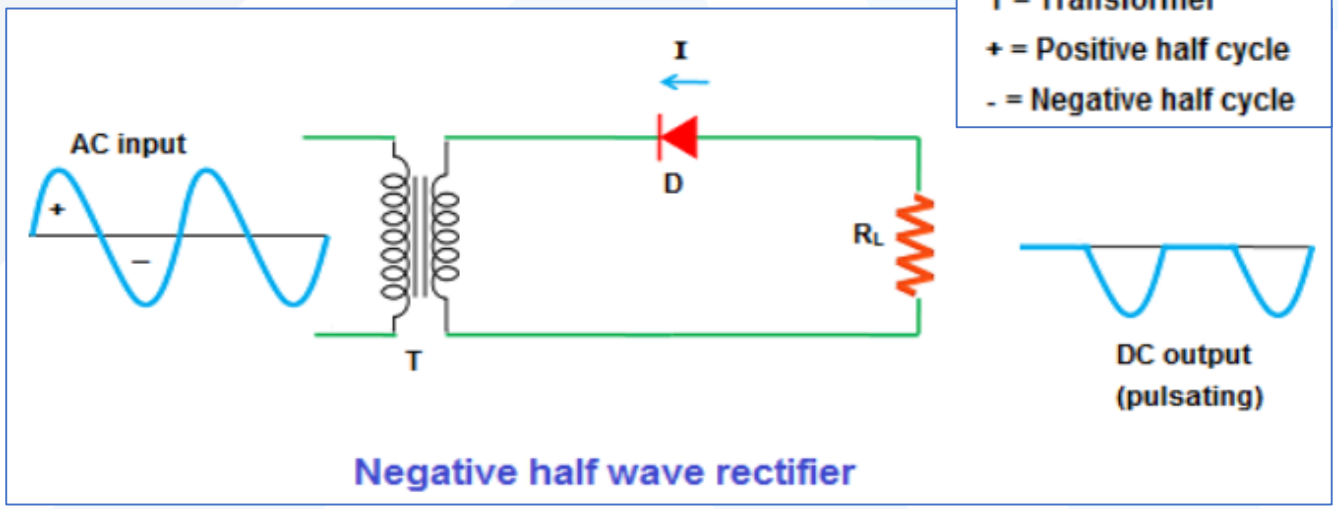
القيم الأساسية اللازمة في حساب دارت التقويم:

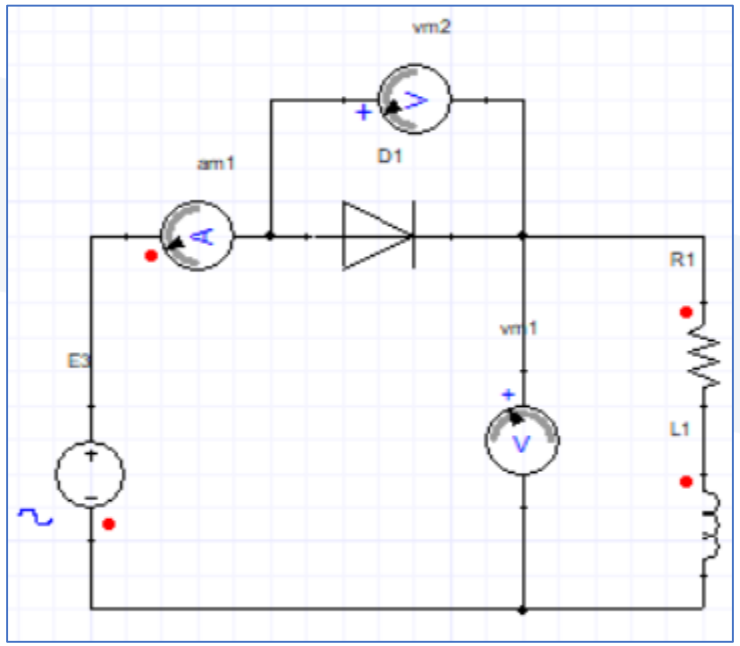
- القيمة المتوسطة للجهد المقوم
- القيمة المتوسطة للتيار المقوم
- القيمة المتوسطة لتيار الديود
- القيمة الأعظمية للجهد العكسي على الديود.

Single Phase Half Wave Rectifier

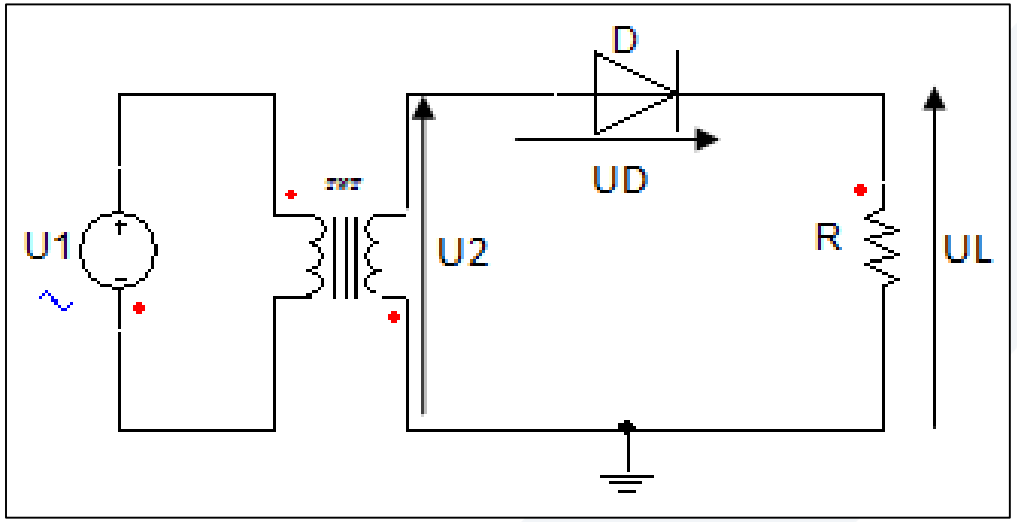
- Positive half wave rectifier
- Negative half wave rectifier







Positive half wave rectifier



دارة تقويم نصف موجة أحادية الطور

- من الممكن أن تكون التغذية للدارة واصلة عبر محول رافع أو خافض جهد حيث نسبة التحويل للمحولة تعطى بالعلاقة التالية:

$$a = \frac{U1\text{أولي}}{U2\text{ ثانوي}} = \frac{N1}{N2}$$

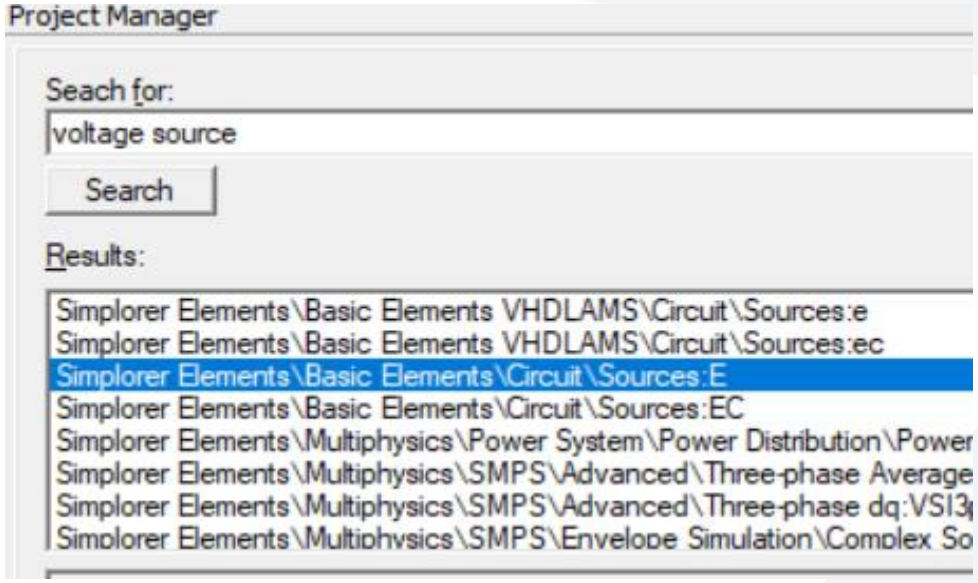
$a > 1$ محولات خافضة للجهد
Step Down Transformer

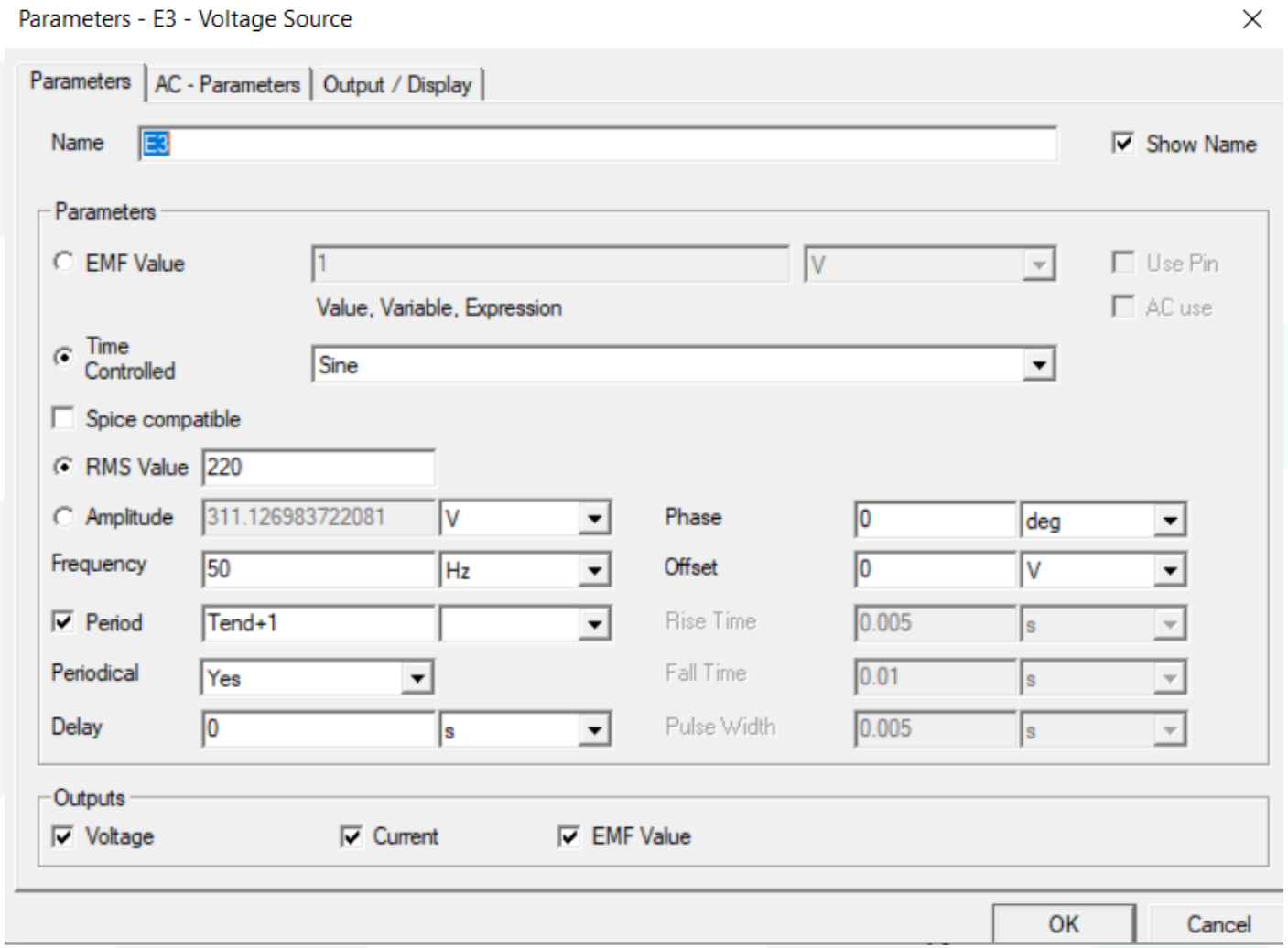
$a < 1$ محولات رافعة للجهد
Step up Transformer

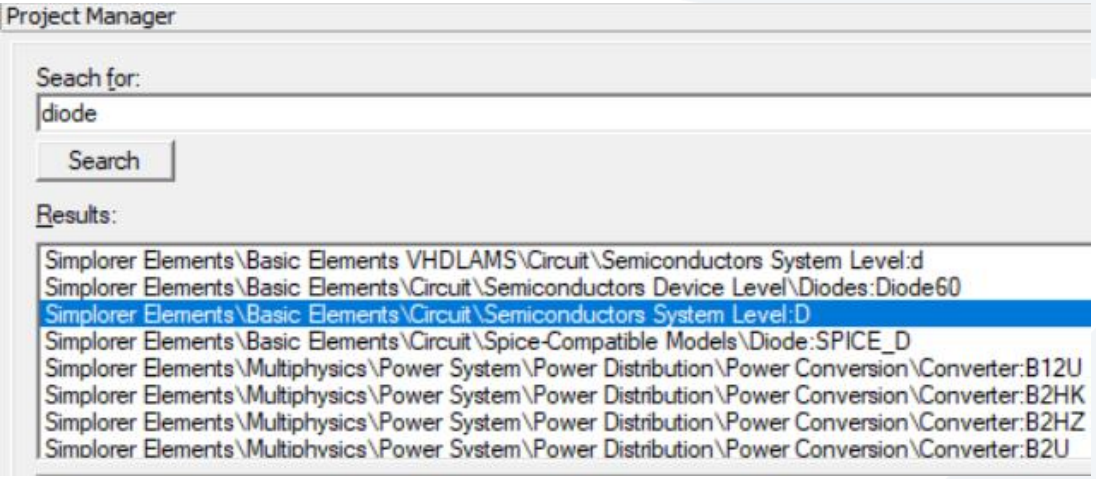
تعتبر دارة التقويم نصف الموجة من أبسط دارات التقويم ولكنها لا تستخدم في التطبيقات الصناعية نظراً لأنها تسبب حركة تيار مستمر بالمصدر المتردد مما يحدث آثاراً ضارة جداً بالمحولات والمولدات الملحقة بالشبكة.

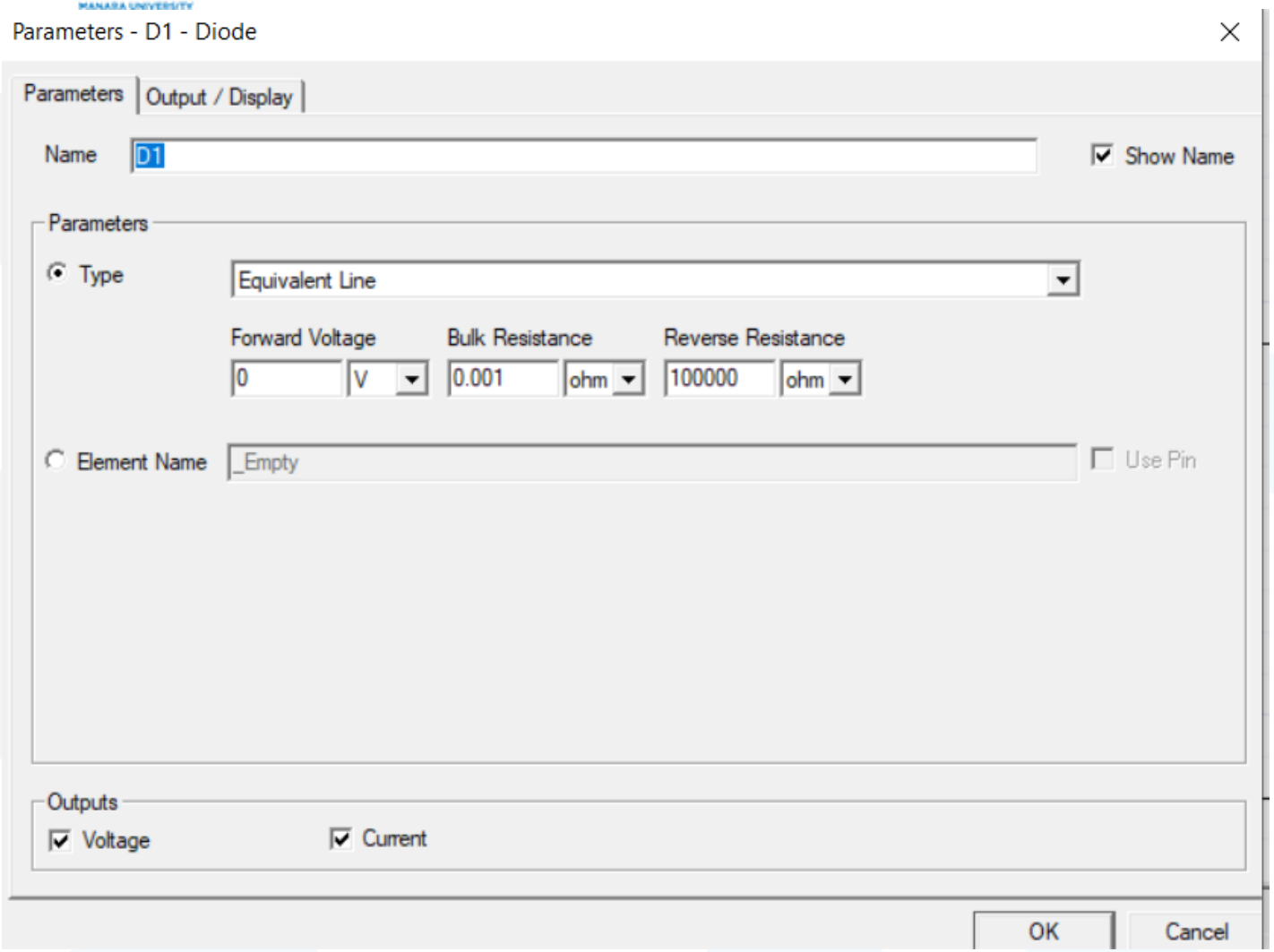
- خلال النصف الموجب لموجة جهد الدخل يكون الثنائي في حالة انحياز أمامي وتكون له مقاومة صغيرة ويسمح للتيار بالمرور خلاله إلى مقاومة الحمل، أما خلال النصف السالب لموجة جهد الدخل يكون الثنائي في حالة انحياز عكسي وتكون مقاومته لانهائية فلا يسمح للتيار بالمرور خلاله إلى مقاومة الحمل، بالنتيجة يكون التيار المقوّم متقطعاً.
- وفي حالة استخدام ثنائي مثالي فإن قيمة الجهد المفقود على طرفي الثنائي تساوي الصفر، وبالتالي يكون الجهد الناتج على طرفي مقاومة الحمل مطابقاً تماماً لشكل النصف الموجب لموجة جهد الدخل ومكرراً لشكل التيار المقوّم.
- في الحياة العملية يتم استخدام محولة رافعة للجهد أو خافضة للجهد على مداخل دارات التقويم، فإذا كان الجهد على الملف الأولي للمحولة هو *u1* يكون الجهد على الملف الثانوي للمحولة هو *u2* ويعطى بالعلاقة:

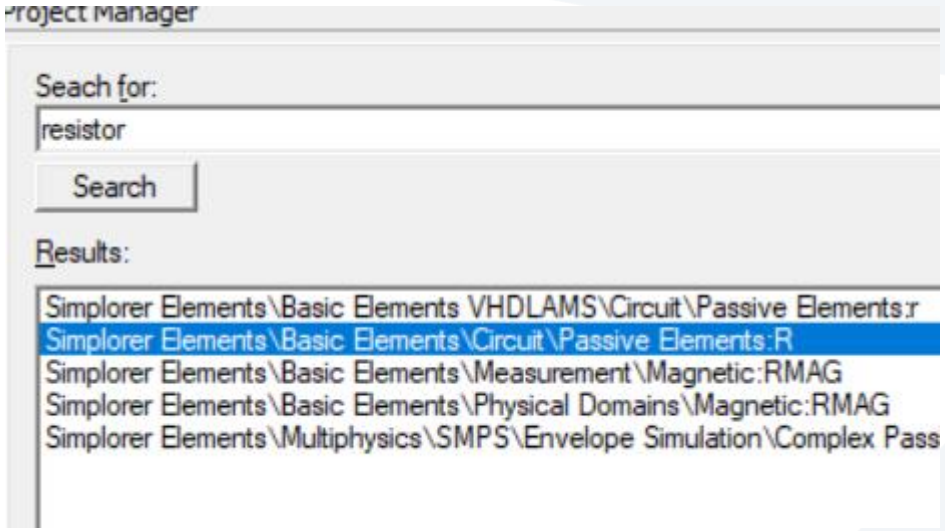
$$u_2(t) = U_{2m}.\sin(\omega t) \quad ,\omega=2\pi f$$

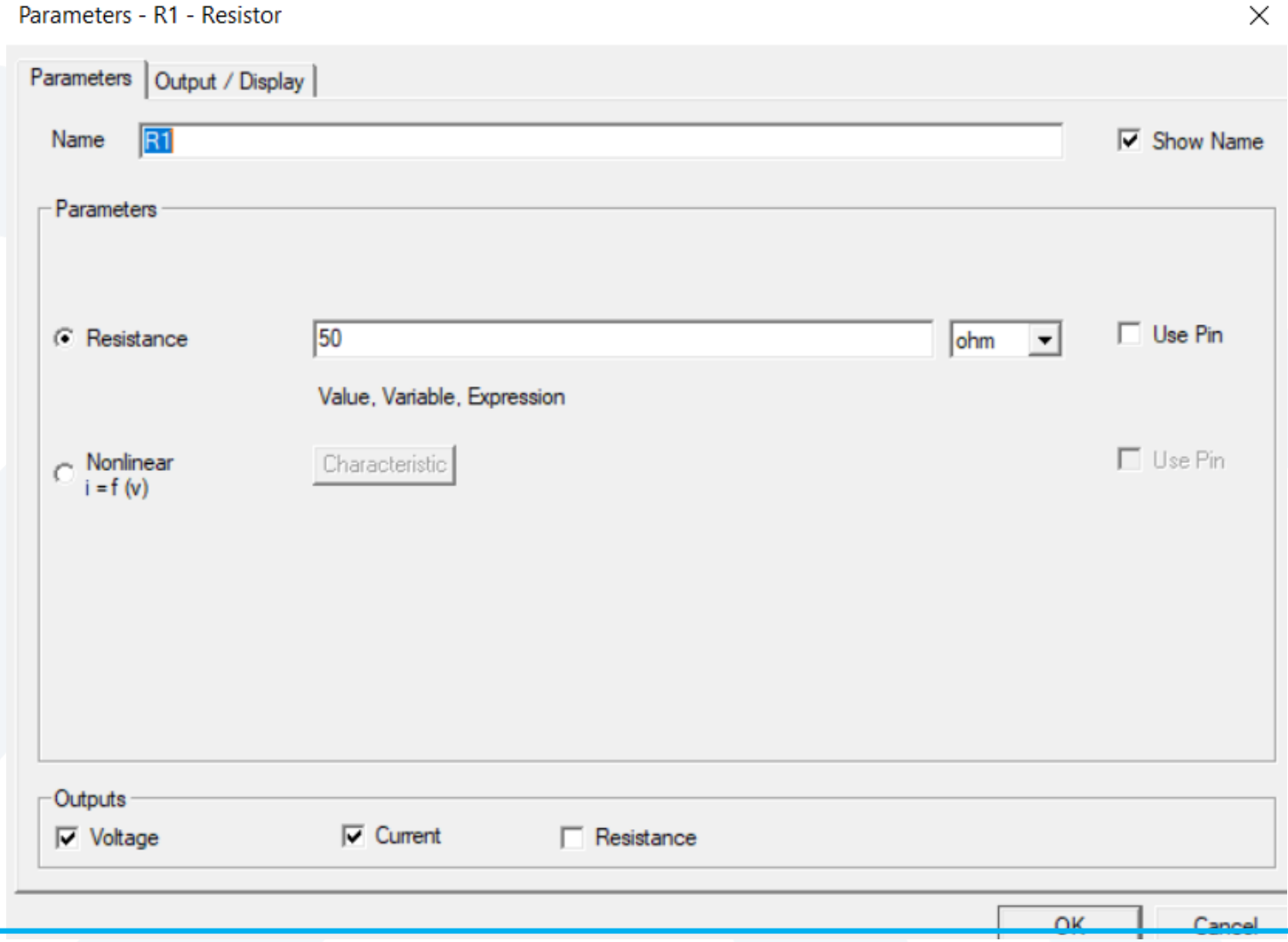

Project Manager
Seach for:
voltage source
Search
Results:
Simplorer Elements\Basic Elements VHDLAMS\Circuit\Sources:e
Simplorer Elements\Basic Elements VHDLAMS\Circuit\Sources:ec
Simplorer Elements\Basic Elements\Circuit\Sources:E
Simplorer Elements\Basic Elements\Circuit\Sources:EC
Simplorer Elements\Multiphysics\Power System\Power Distribution\Power
Simplorer Elements\Multiphysics\SMPS\Advanced\Three-phase Average
Simplorer Elements\Multiphysics\SMPS\Advanced\Three-phase dq:VSI3
Simplorer Elements\Multiphysics\SMPS\Envelope Simulation\Complex So

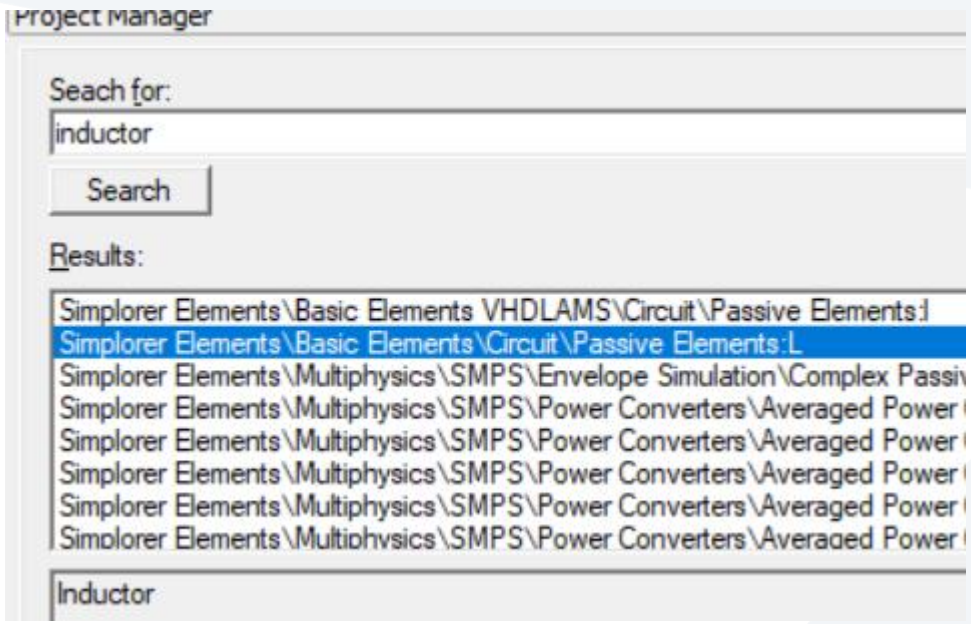

Parameters - E3 - Voltage Source
Parameters
AC - Parameters
Output / Display
Name
E3
Show Name
Parameters
EMF Value
1
V
Use Pin
Value, Variable, Expression
AC use
Time Controlled
Sine
Spice compatible
RMS Value
220
Amplitude
311.126983722081
V
Phase
0
deg
Frequency
50
Hz
Offset
0
V
Period
Tend+1
Rise 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


Project Manager
Seach for:
diode
Search
Results:
Simplorer Elements\Basic Elements VHDLAMS\Circuit\Semiconductors System Level:d
Simplorer Elements\Basic Elements\Circuit\Semiconductors Device Level\Diodes:Diode60
Simplorer Elements\Basic Elements\Circuit\Semiconductors System Level:D
Simplorer Elements\Basic Elements\Circuit\Spice-Compatible Models\Diode:SPICE_D
Simplorer Elements\Multiphysics\Power System\Power Distribution\Power Conversion\Converter:B12U
Simplorer Elements\Multiphysics\Power System\Power Distribution\Power Conversion\Converter:B2HK
Simplorer Elements\Multiphysics\Power System\Power Distribution\Power Conversion\Converter:B2HZ
Simplorer Elements\Multiphysics\Power System\Power Distribution\Power Conversion\Converter:B2U


Parameters - D1 - Diode
Parameters
Output / Display
Name
D1
Show Name
Parameters
Type
Equivalent Line
Forward Voltage
Bulk Resistance
Reverse Resistance
0
V
0.001
ohm
100000
ohm
Element Name
_Empty
Use Pin
Outputs
Voltage
Current
OK
Cancel

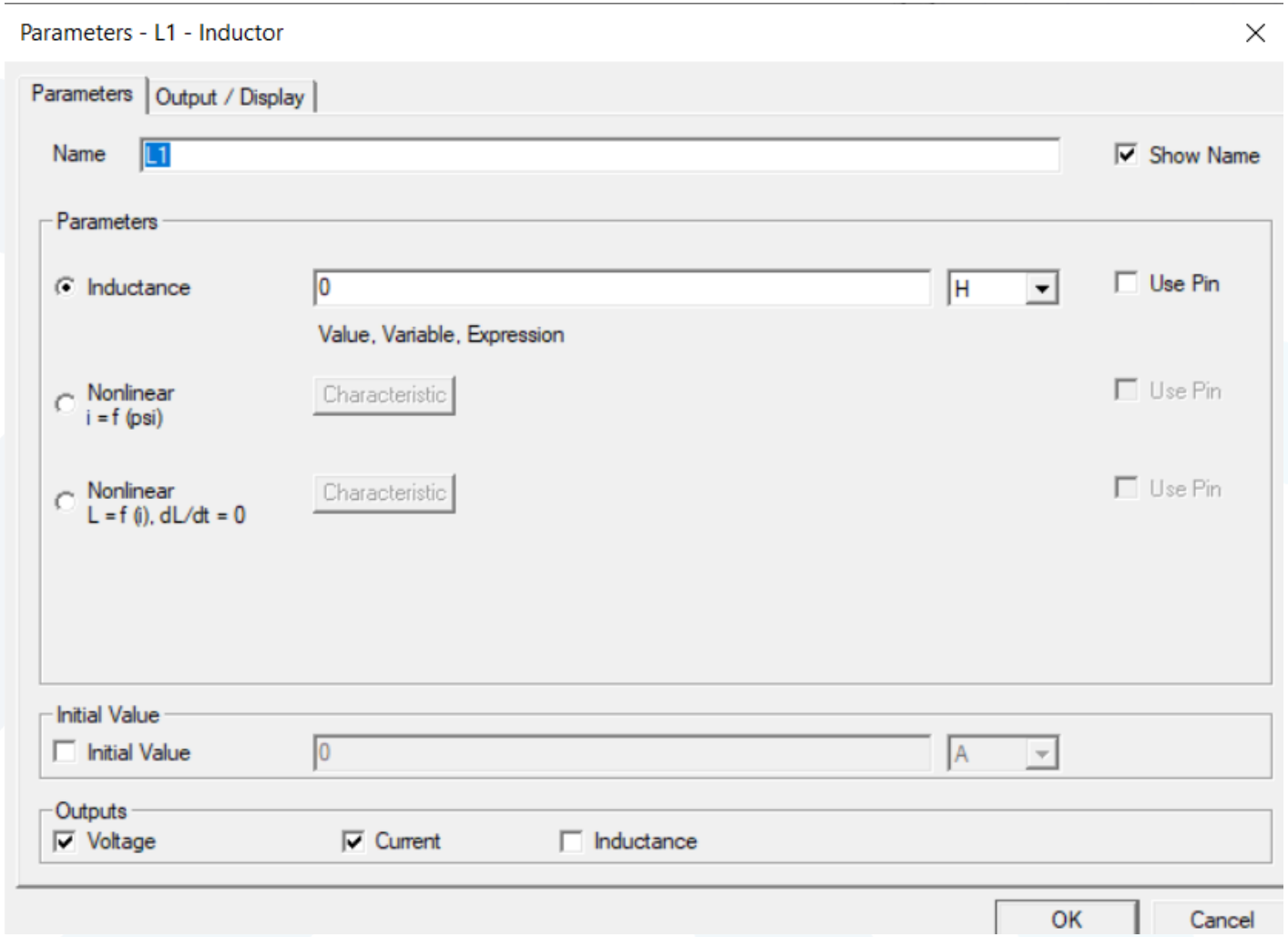

Project Manager
Seach for:
resistor
Search
Results:
Simplorer Elements\Basic Elements VHDLAMS\Circuit\Passive Elements:r
Simplorer Elements\Basic Elements\Circuit\Passive Elements:R
Simplorer Elements\Basic Elements\Measurement\Magnetic:RMAG
Simplorer Elements\Basic Elements\Physical Domains\Magnetic:RMAG
Simplorer Elements\Multiphysics\SMPS\Envelope Simulation\Complex Pass

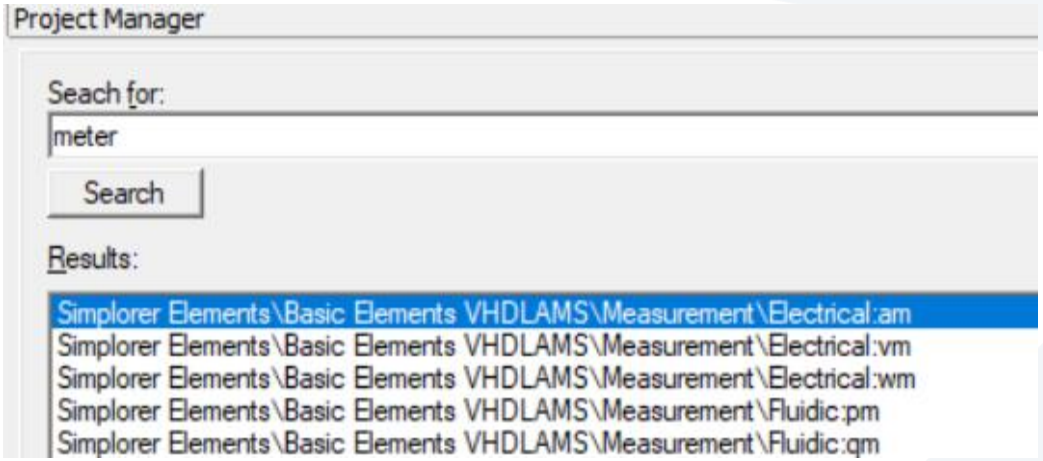

Parameters - R1 - Resistor
Parameters
Output / Display
Name
R1
Show Name
Parameters
Resistance
50
ohm
Use Pin
Value, Variable, Expression
Nonlinear
i = f (v)
Characteristic
Use Pin
Outputs
Voltage
Current
Resistance
OK
Cancel

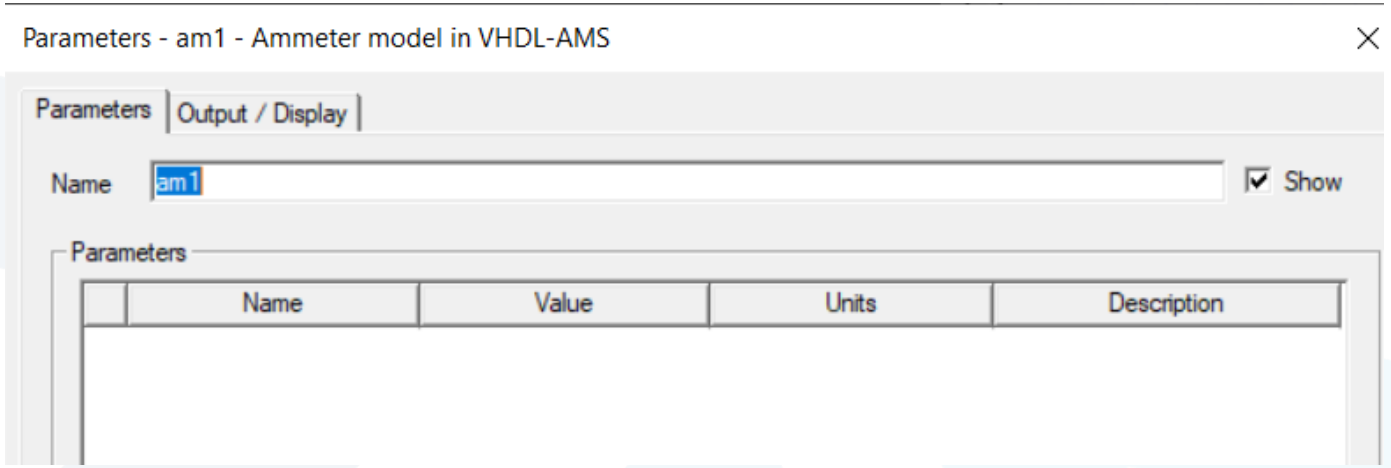


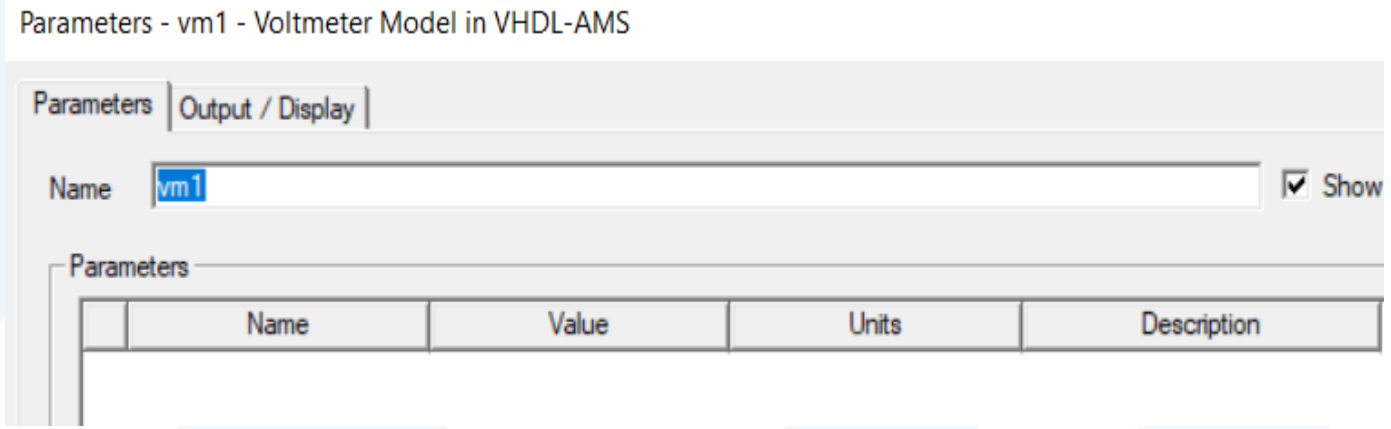
حمولة أومية صرفة L=0:

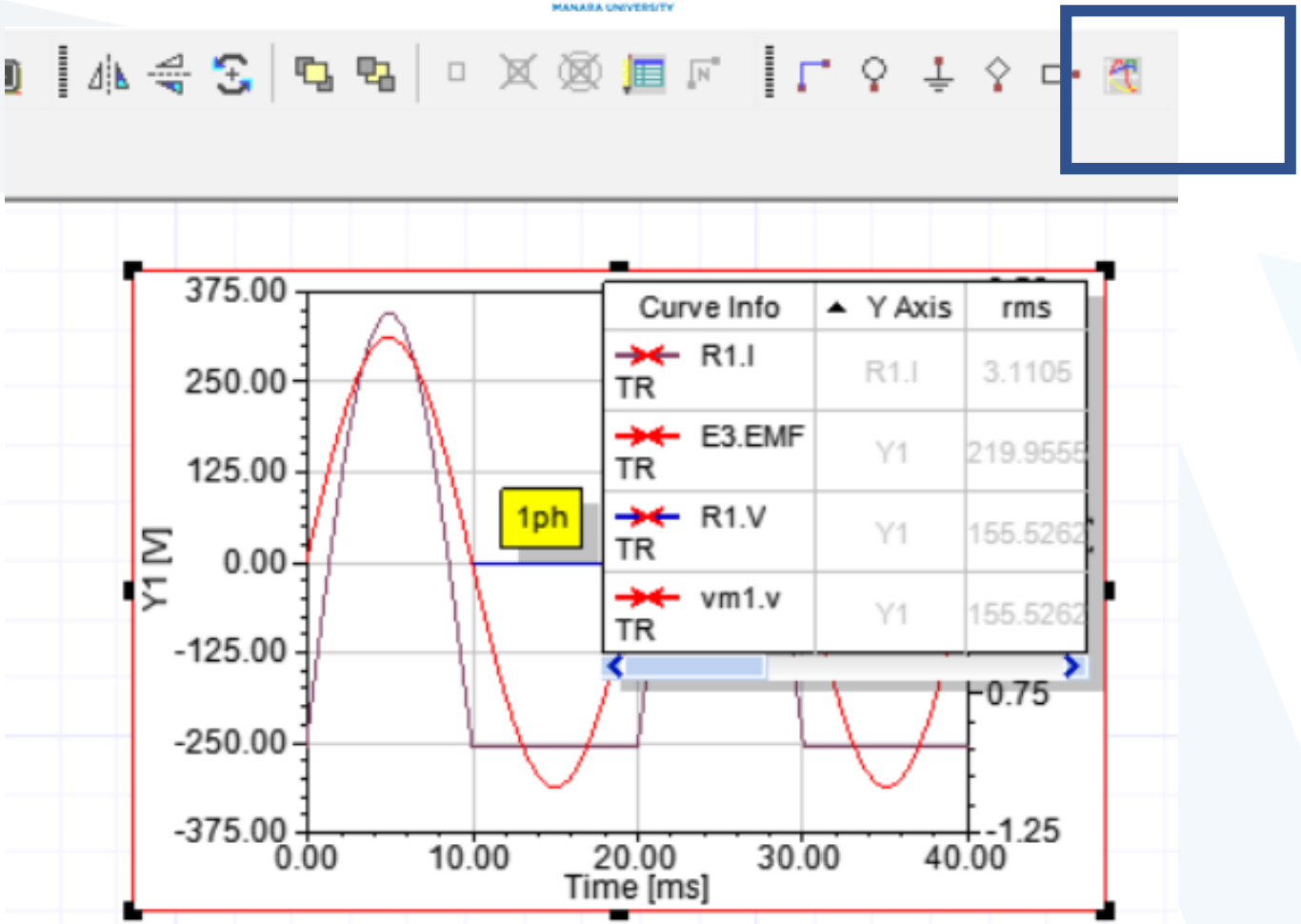
- يكون التيار متقطعا.
- يكون الجهد على الحمولة متغيرا بشكل نبضي
- يتطابق شكل الجهد مع شكل التيار

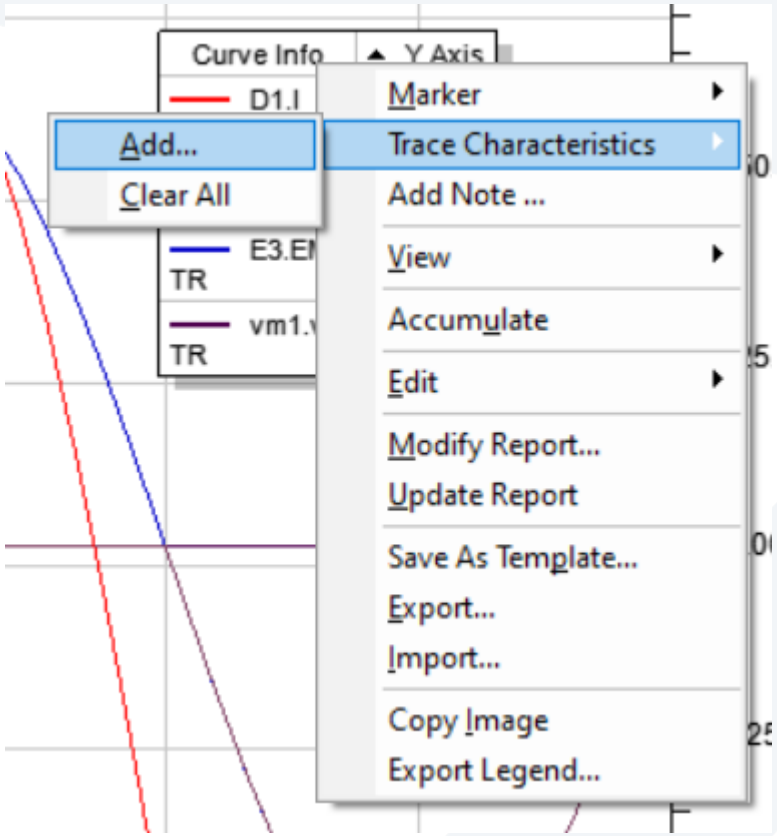


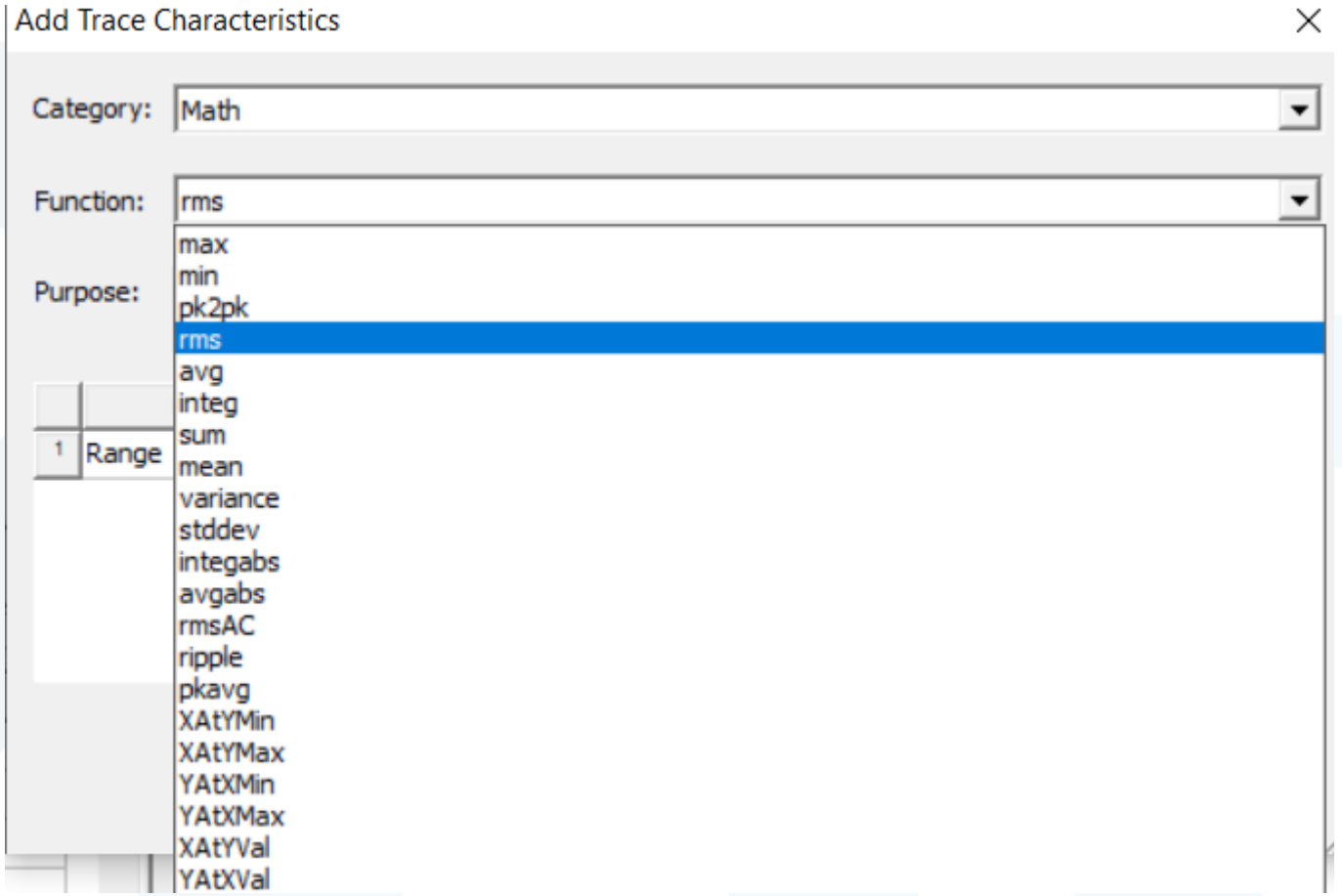

Project Manager
Seach for:
meter
Search
Results:
Simplorer Elements\Basic Elements VHDLAMS\Measurement\Electrical:am
Simplorer Elements\Basic Elements VHDLAMS\Measurement\Electrical:vm
Simplorer Elements\Basic Elements VHDLAMS\Measurement\Electrical:wm
Simplorer Elements\Basic Elements VHDLAMS\Measurement\Fluidic:pm
Simplorer Elements\Basic Elements VHDLAMS\Measurement\Fluidic:qm

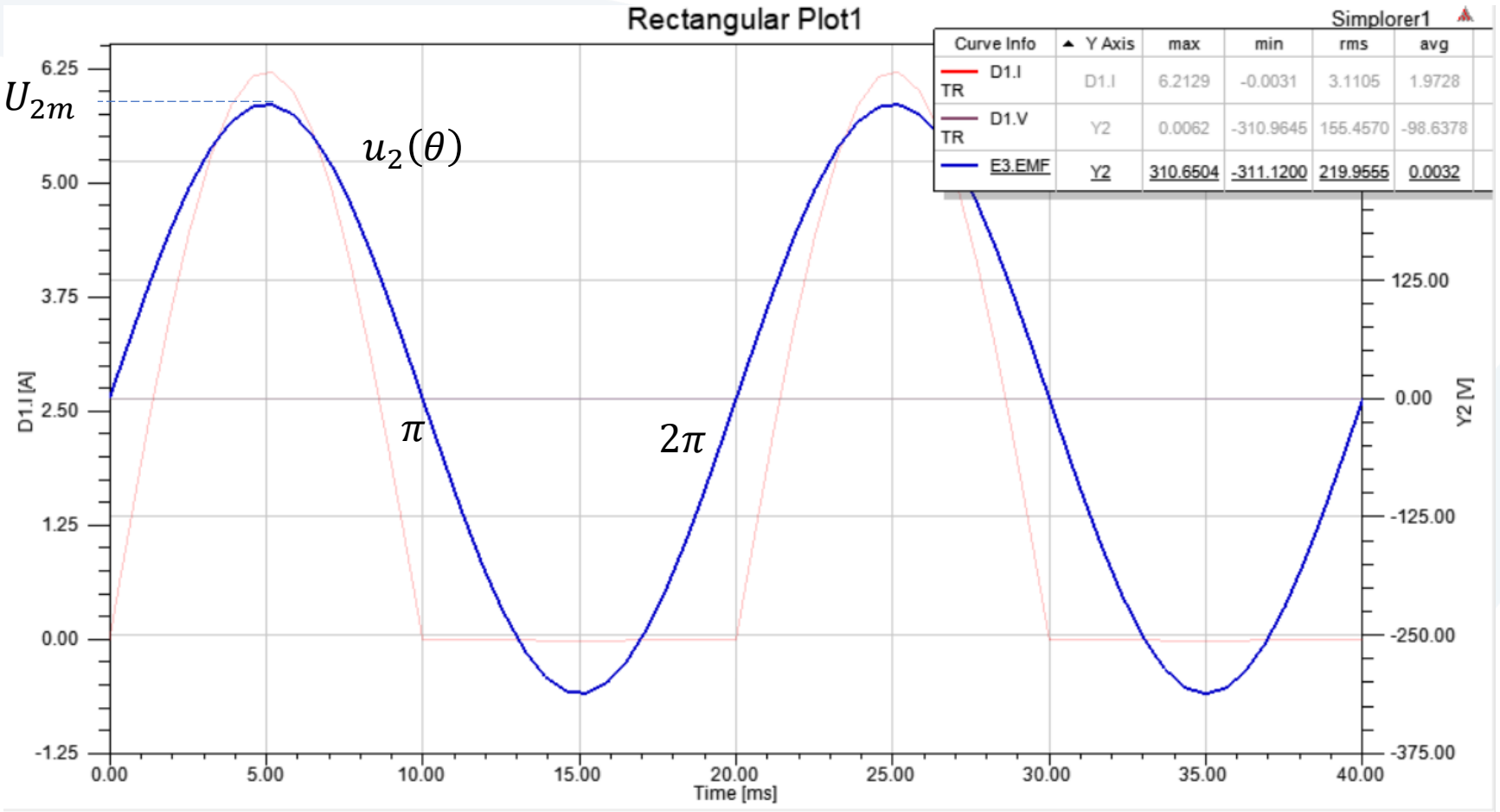

Parameters - am1 - Ammeter model in VHDL-AMS
Parameters
Output / Display
Name
am1
Show
Parameters
Name
Value
Units
Description


Parameters - vm1 - Voltmeter Model in VHDL-AMS
Parameters
Output / Display
Name
vm1
Show
Parameters
Name
Value
Units
Description


375.00
250.00
125.00
0.00
-125.00
-250.00
-375.00
Y1 [V]
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
Time [ms]
1ph
Curve Info
Y Axis
rms
R1.I
TR
R1.I
3.1105
E3.EMF
TR
Y1
219.9555
R1.V
TR
Y1
155.5262
vm1.v
TR
Y1
155.5262
0.75
-1.25


Curve Info
Y Axis
D1.I
Add...
Clear All
E3.E
TR
vm1.
TR
Marker
Trace Characteristics
Add Note ...
View
Accumulate
Edit
Modify Report...
Update Report
Save As Template...
Export...
Import...
Copy Image
Export Legend...


Add Trace Characteristics
Category:
Math
Function:
rms
Purpose:
1
Range
max
min
pk2pk
rms
avg
integ
sum
mean
variance
stddev
integabs
avgabs
rmsAC
ripple
pkavg
XAtYMin
XAtYMax
YAtXMin
YAtXMax
XAtYVal
YAtXVal



جهد التغذية

$$u_2(t) = U_{2m}\sin(\omega t)$$

$$\omega = 2\pi f \ , \ \theta = \omega t$$

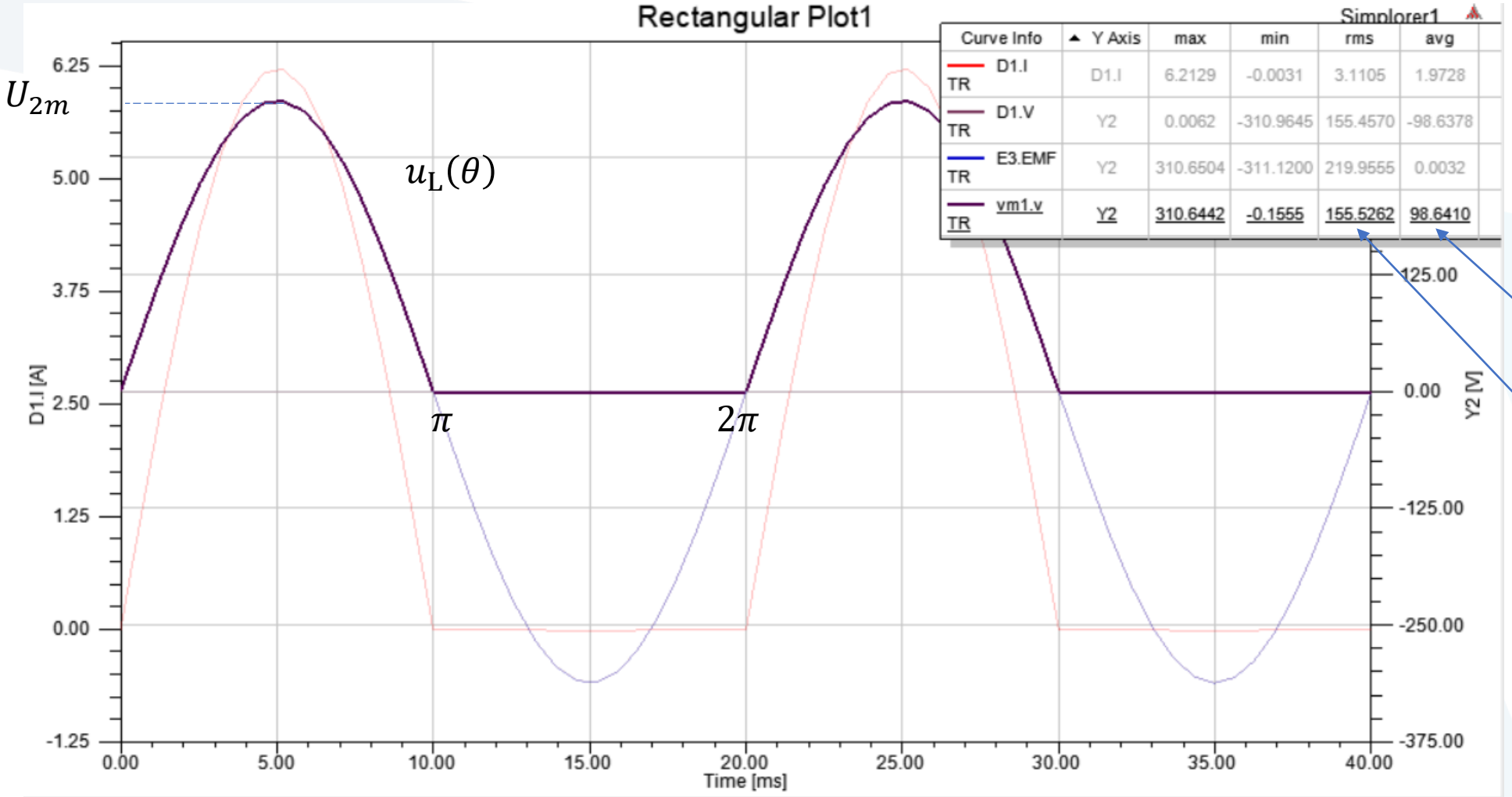
$$u_2(\theta) = U_{2m}\sin(\theta)$$

$U_{2rms} = \frac{U_{2m}}{\sqrt{2}} = 220V$ القيمة الفعالة لجهد الدخل

$U_{2m} = 310V$ القيمة العظمى لجهد الدخل

القيمة الفعّالة لجهد الدخل u_2 والتي يرمز لها بالرمز U_{2rms}

جهد الحمل



310/3.14=99V

310/2=155V

بارامترات جهد الحمل

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

$$U_{L_{av}} = \frac{1}{2\pi}\left[\int_0^{\pi} U_{2m}\sin(\theta)d\theta + \int_{\pi}^{2\pi} 0 d\theta\right]$$

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

$$U_{L_{av}} = \frac{U_{2m}}{\pi} = \frac{\sqrt{2}}{\pi}U_{2rms} = 0.45U_{2rms} = 0.45*220 = 99V$$

قيمة جهد الحمل المقوم المتوسطة

قيمة جهد الدخل الفعّالة

العلاقة السابقة تربط قيمة جهد الدخل الفعّالة وقيمة جهد الحمل المتوسطة

قيمة جهد الحمل الفعالة

$$U_{L_{rms}} = \sqrt{\frac{1}{2\pi}\int_0^{\pi} U_{2m}^2 \sin^2(\theta)d\theta}$$

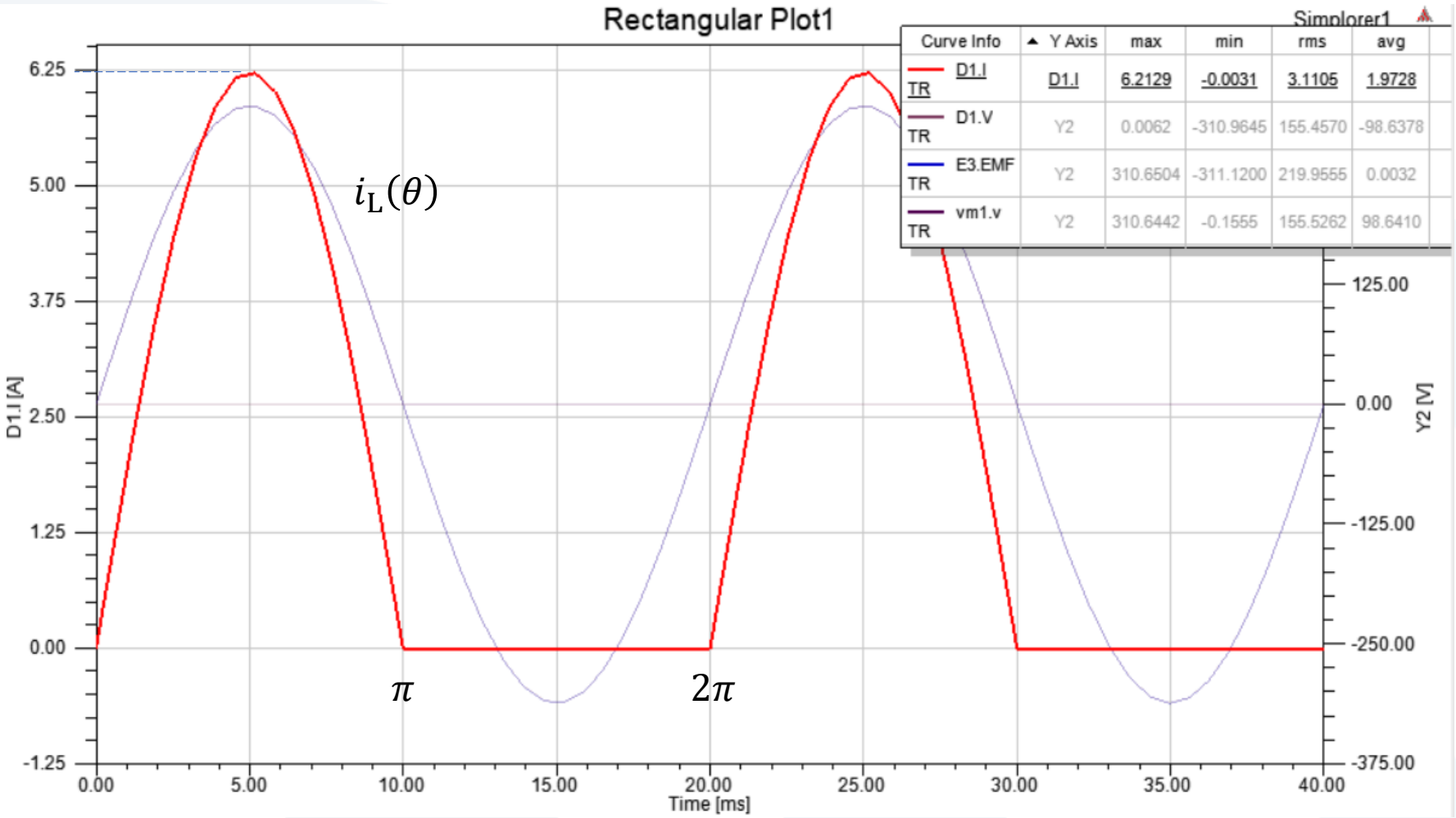
$$U_{L_{rms}} = \sqrt{\frac{U_{2m}^2}{4\pi}\int_0^{\pi}[1-\cos 2\theta]d\theta}$$

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

$$U_{L_{rms}} = \sqrt{\frac{U_{2m}^2}{4\pi}\left[\pi - \frac{1}{2}\sin 2\pi - 0 + \frac{1}{2}\sin 0\right]} = \frac{U_{2m}}{2} = \frac{\sqrt{2}U_{2rms}}{2} = 155.5V$$

قيمة جهد الدخل الفعّالة

$$I_{2m} = \frac{U_{2m}}{R}$$=311/50=6.22A



- تيار الحمل
- تيار الديود
- تيار النبع

التيار المار في الديود i_a هو نفسه تيار الحمل i_L وهو نفسه تيار المنبع i_s :

بإهمال هبوط الجهد عبر الديود ينتج أن تيار الحمل يساوي

$$i_s(\theta) = i_a(\theta) = i_L(\theta) = \frac{u_L(\theta)}{R}$$

قيمة تيار (الحمل ـ المنبع ـ الديود) العظمى

قيمة تيار الملف الثانوي العظمى

قيمة جهد الدخل الفعّالة

قيمة جهد الدخل العظمى

$$I_{L_{av}} = \frac{U_{L_{av}}}{R} = \frac{U_{2m}}{\pi R} = \frac{\sqrt{2}}{\pi R} U_{2rms} = 0.45 \frac{U_{2rms}}{R}$$

$$= 0.45 * 220 / 50 = 1.98A$$

قيمة مقاومة الحمل

قيمة تيار الحمل المتوسطة

قيمة جهد الدخل الفعّالة

قيمة جهد الدخل العظمى

$$I_{L_{rms}} = \frac{U_{L_{rms}}}{R} = \frac{U_{2m}}{2R} = \frac{\sqrt{2}U_{2rms}}{2R} = \frac{I_{2m}}{2} = 3.11A$$

قيمة مقاومة الحمل

قيمة تيار الحمل الفعالة

Form factor

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

F.F = RMS value / DC value

$$\frac{I_{L_{rms}}}{I_{L_{av}}} = \frac{\frac{U_{2m}}{2R}}{\frac{U_{2m}}{\pi R}} = \frac{\pi}{2} = 1.57$$

بنسب قيمتي التيار 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:

$$\gamma = \sqrt{\left(\frac{U_{L_{rms}}}{U_{L_{av}}}\right)^2 - 1} = \sqrt{\left(\frac{\frac{U_{2m}}{2}}{\frac{U_{2m}}{\pi}}\right)^2 - 1} = \sqrt{\left(\frac{\pi}{2}\right)^2 - 1} = 1.21$$

- The **unwanted** ripple present in the output along with the DC voltage **is 121%** of the DC magnitude. This indicates that the half wave **rectifier is not an efficient AC to DC converter**. The high ripples in the half wave **rectifier can be reduced by using filters.**

Rectifier efficiency

- Rectifier efficiency is defined as the ratio of output DC power to the input AC power.
- The rectifier efficiency of a half wave rectifier is 40.5%

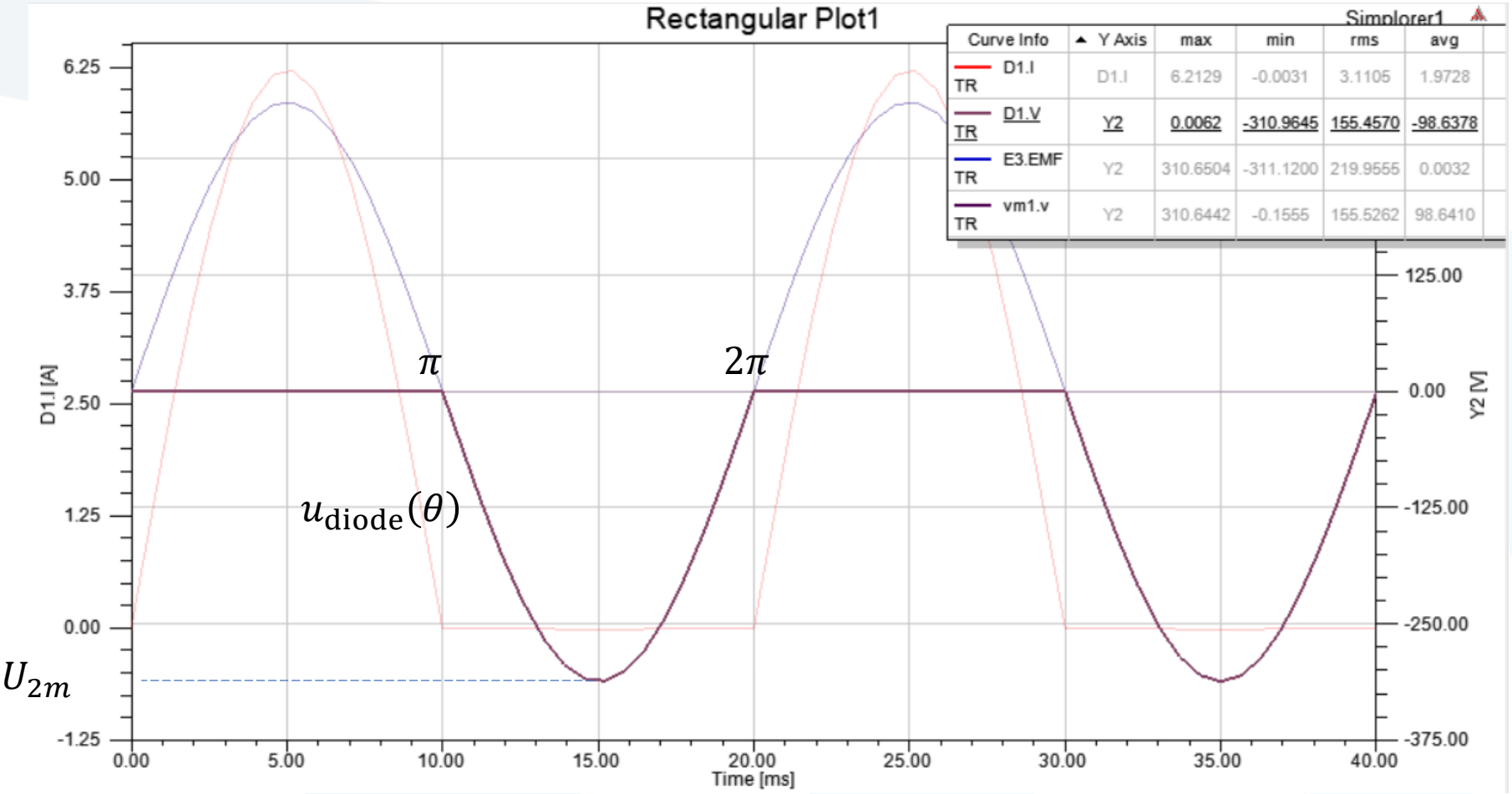
$$P_{out}(DC) = I_{L_{av}}^2 R = 1.98^2 * 50[W]$$

$$P_{in}(AC) = I_{L_{rms}}^2 R = 3.11^2 * 50[W]$$

$$\eta = \frac{P_{out}(DC)}{P_{in}(AC)} = \frac{I_{L_{av}}^2 R}{I_{L_{rms}}^2 R} = \frac{\left(\frac{\sqrt{2}}{\pi R} U_{2rms}\right)^2 R}{\left(\frac{\sqrt{2} U_{2rms}}{2R}\right)^2 R} = 40.5\%$$

جَـامعة
المَـنارة
MANARA UNIVERSITY

جهد الديود



الجهد على الديود:

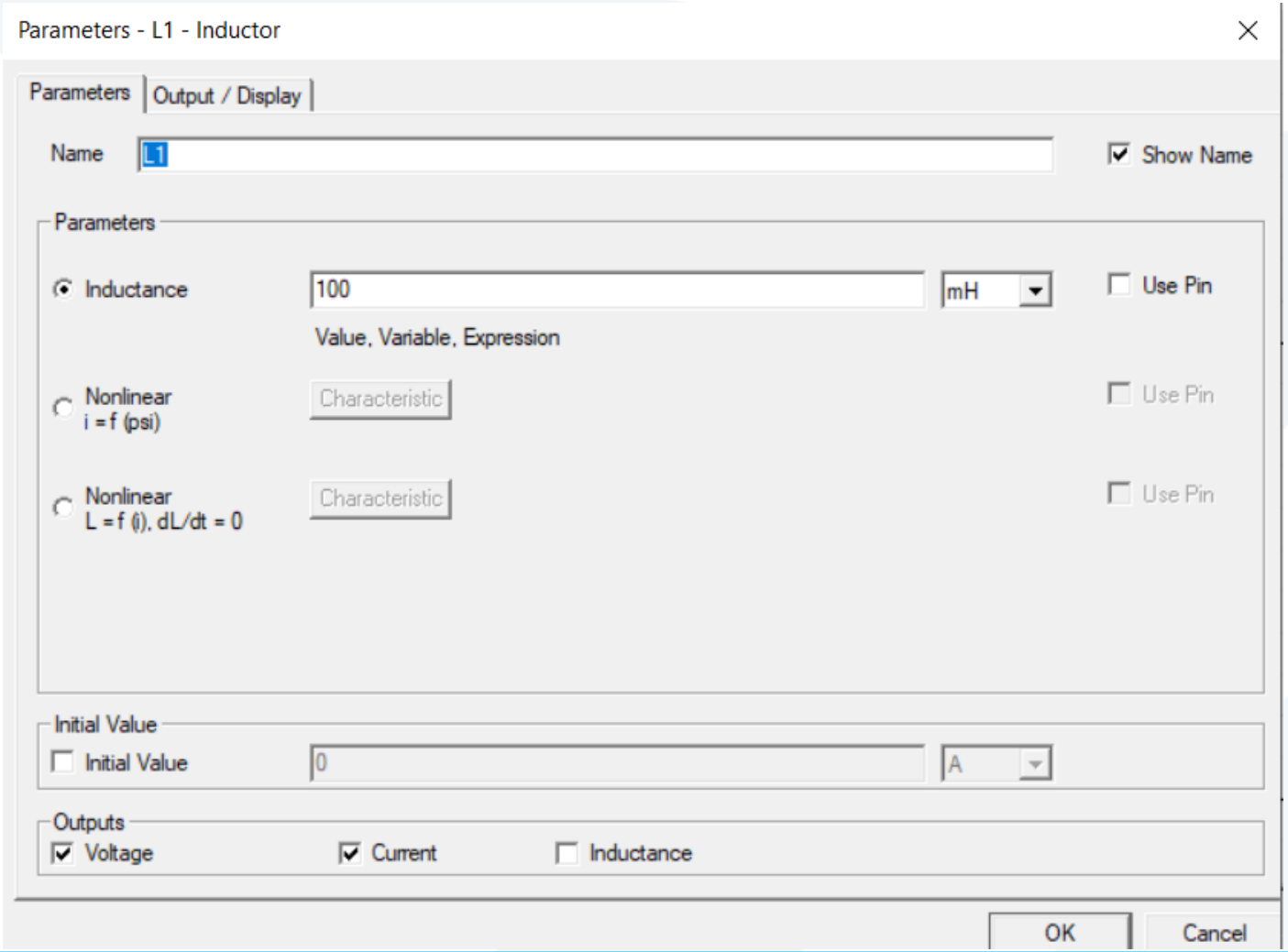
عند نصف الموجة السالبة يكون الديود في حالة عدم توصيل فتكون القيمة الأعظمية للجهد العكسي على الديود في حالة عدم تمرير الديود للتيار:

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

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

نتائج على حمولة أومية صرفة

Curve Info	▲ Y Axis	rms	avg	max	min
E3.EMF TR	Y1	219.9522	-0.0021	310.9616	-311.1244
R1.V TR	Y1	155.5186	98.6724	310.9305	-0.0311
vm1.v TR	Y1	155.5186	98.6724	310.9305	-0.0311
D1.V TR	Y1	155.5097	-98.6745	0.0311	-311.0932
vm2.v TR	Y1	155.5097	-98.6745	0.0311	-311.0932
R1.I TR	Y2	15.5519	9.8672	31.0931	-0.0031
AM1.I TR	Y2	15.5519	9.8672	31.0931	-0.0031



وجود الوشيعة ينعم التيار ويزداد التنعيم بزيادة قيمة حثية الوشيعة

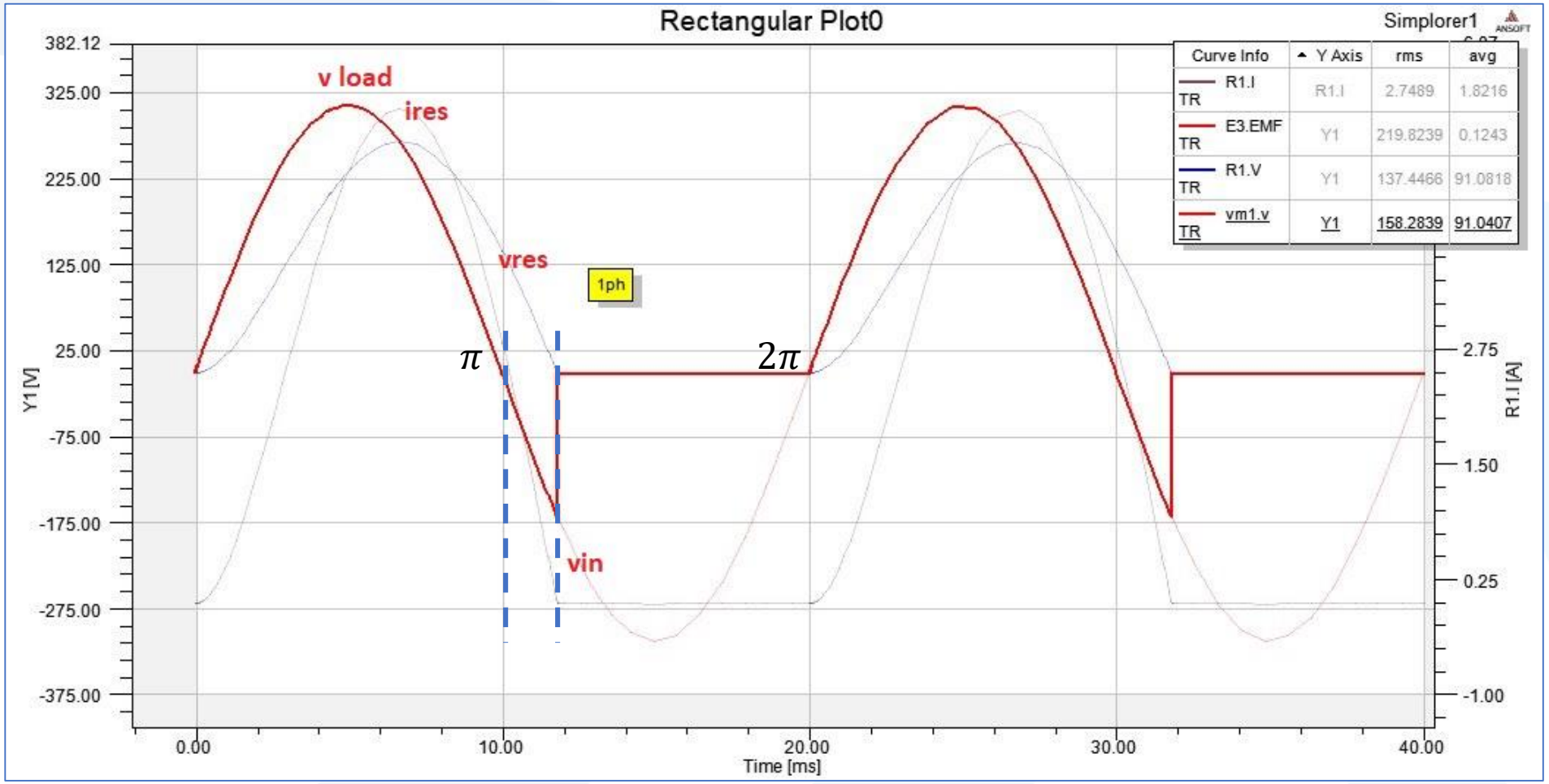
الوشيعة تمنع أي تغير مفاجئ بالتيار

التيار الناتج يحوي مركبتين جيبية وأسية ناتجة عن شحن وتفريغ الوشيعة

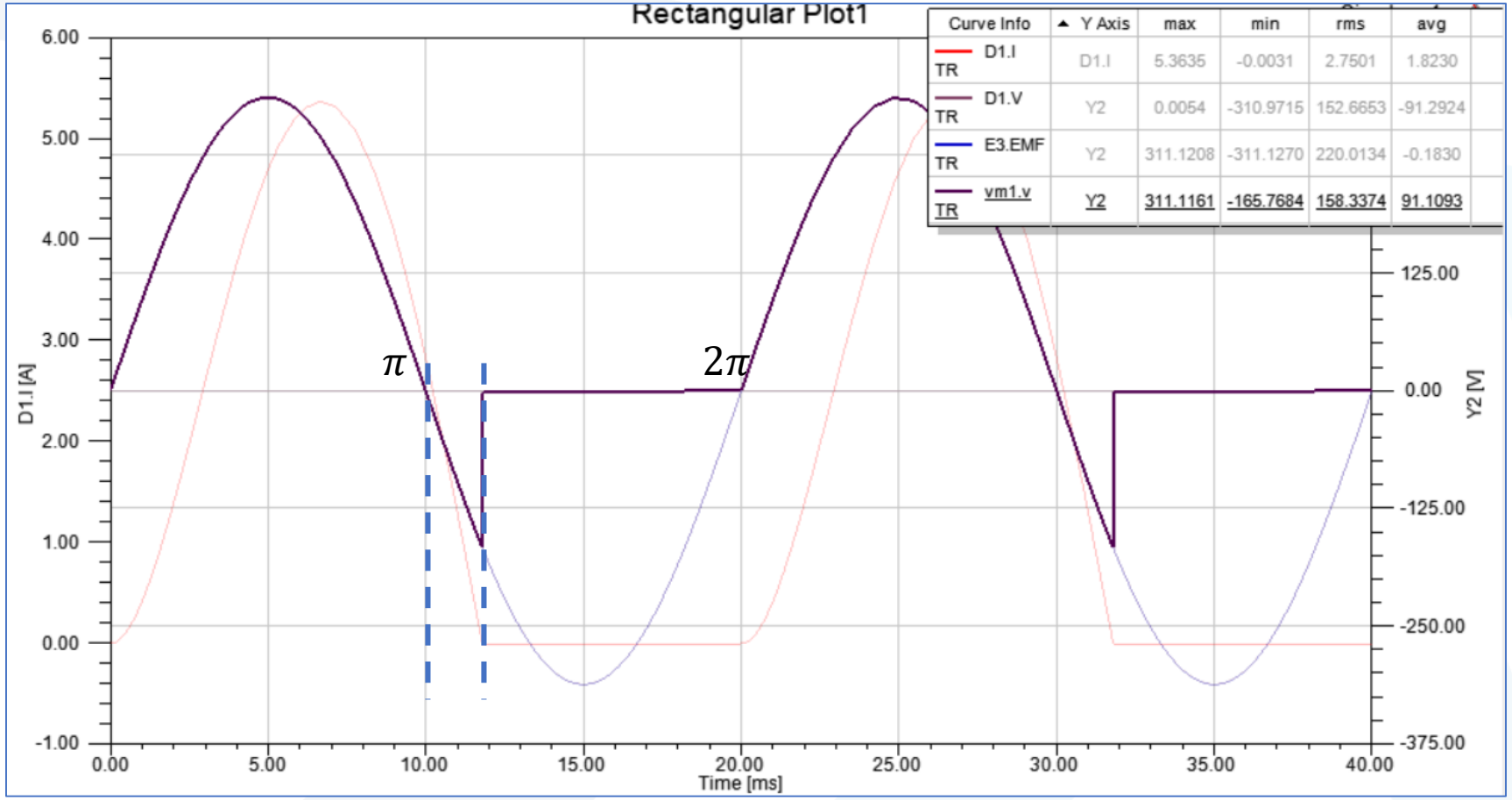
نتيجة اختزان الطاقة في الوشيعة فإن التيار سوف يتأخر عن الجهد

كما تؤدي عملية تفريغ الوشيعة إلى مرور التيار في الدارة عندما يكون جهد المنبع سالبا

أي يمر التيار خلال فترة أكبر من نصف موجة جهة التغذية وبالتالي تقل القيمة المتوسطة لجهد الخرج عما كان عليه الحال في الحمولة الأومية

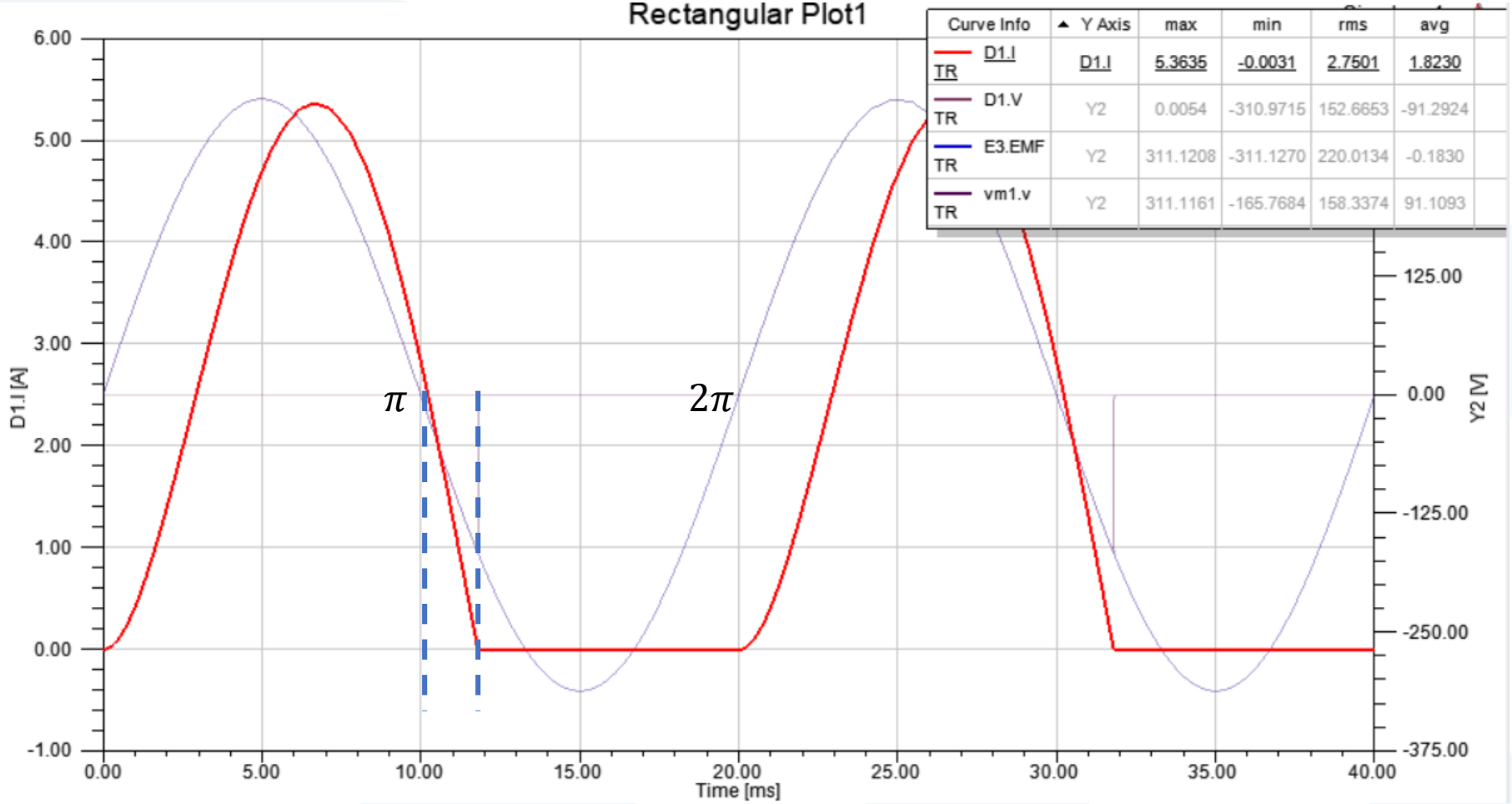

Rectangular Plot0
Simplorer1
Curve Info
Y Axis
rms
avg
R1.I TR R1.I 2.7489 1.8216
E3.EMF TR Y1 219.8239 0.1243
R1.V TR Y1 137.4466 91.0818
vm1.v TR Y1 158.2839 91.0407
v load
ires
vres
vin
1ph
π
2π
382.12
325.00
225.00
125.00
25.00
-75.00
-175.00
-275.00
-375.00
Y1 [V]
2.75
1.50
0.25
-1.00
R1.I [A]
0.00
10.00
20.00
30.00
40.00
Time [ms]

جهد الحمل


Rectangular Plot1
Curve Info
Y Axis
max
min
rms
avg
D1.I TR
D1.I
5.3635
-0.0031
2.7501
1.8230
D1.V TR
Y2
0.0054
-310.9715
152.6653
-91.2924
E3.EMF TR
Y2
311.1208
-311.1270
220.0134
-0.1830
vm1.v TR
Y2
311.1161
-165.7684
158.3374
91.1093
6.00
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
-1.00
D1.I [A]
125.00
0.00
-125.00
-250.00
-375.00
Y2 [V]
0.00
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
Time [ms]
π
2π

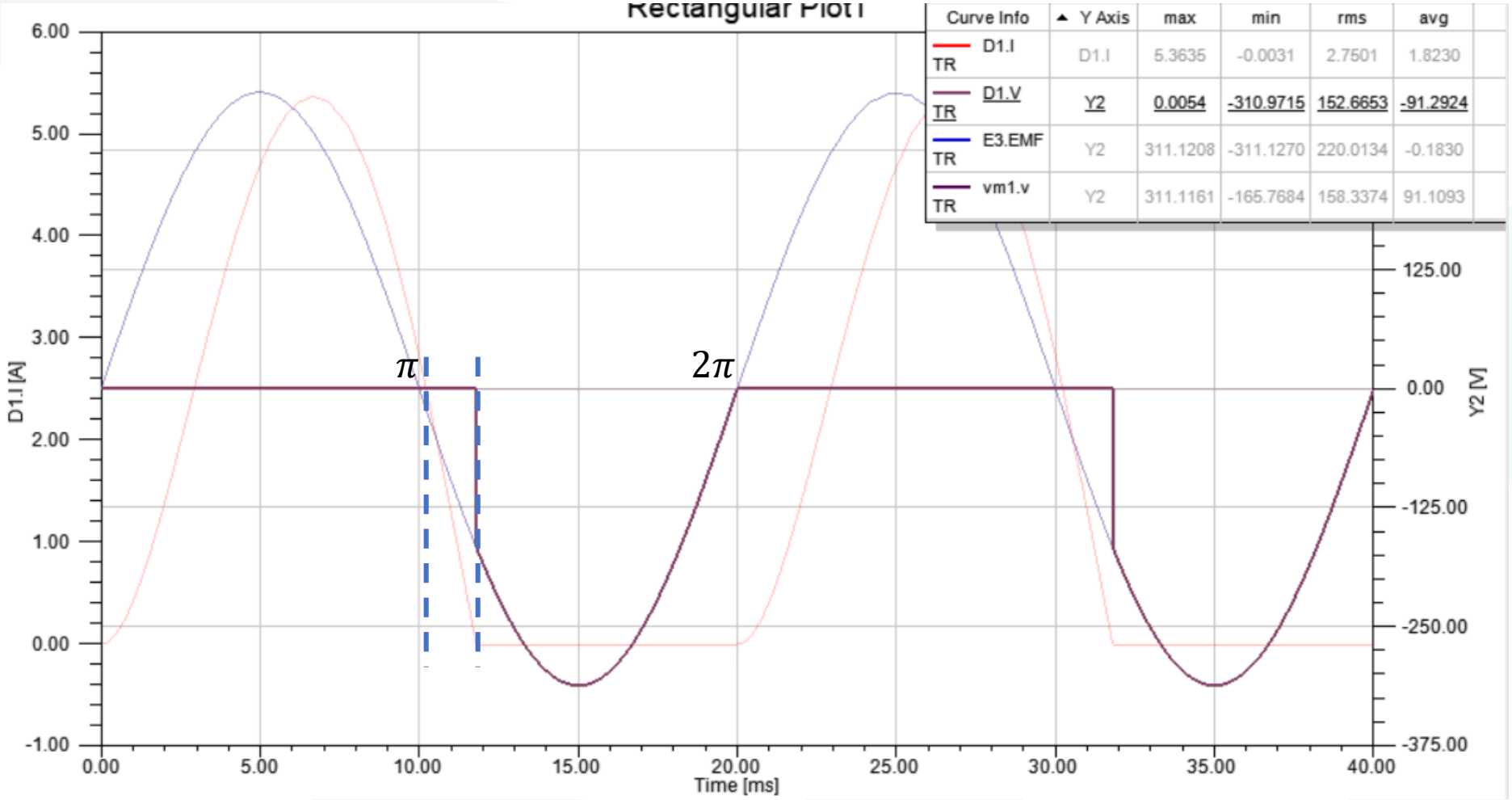
جهد الحمل

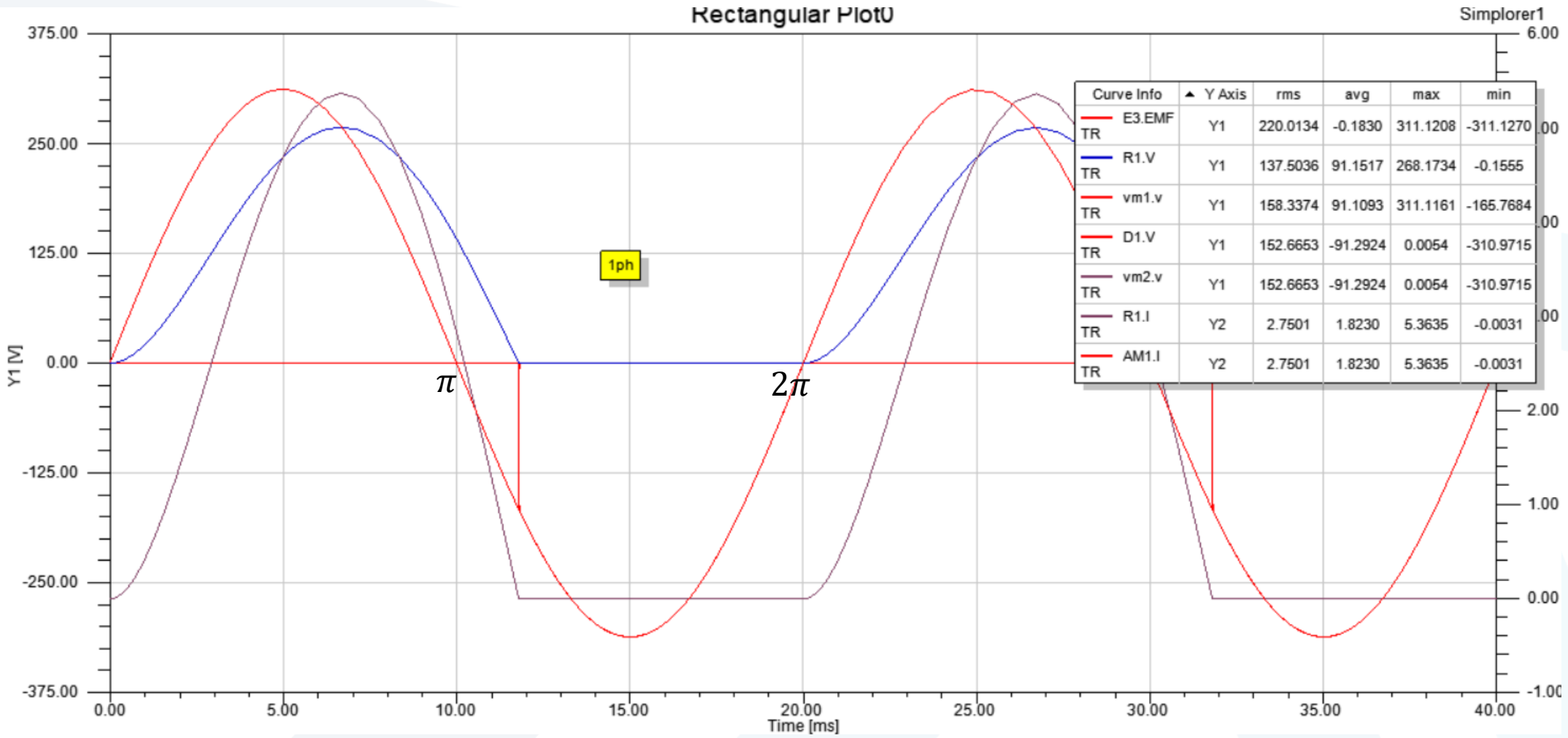
تيار الحمل

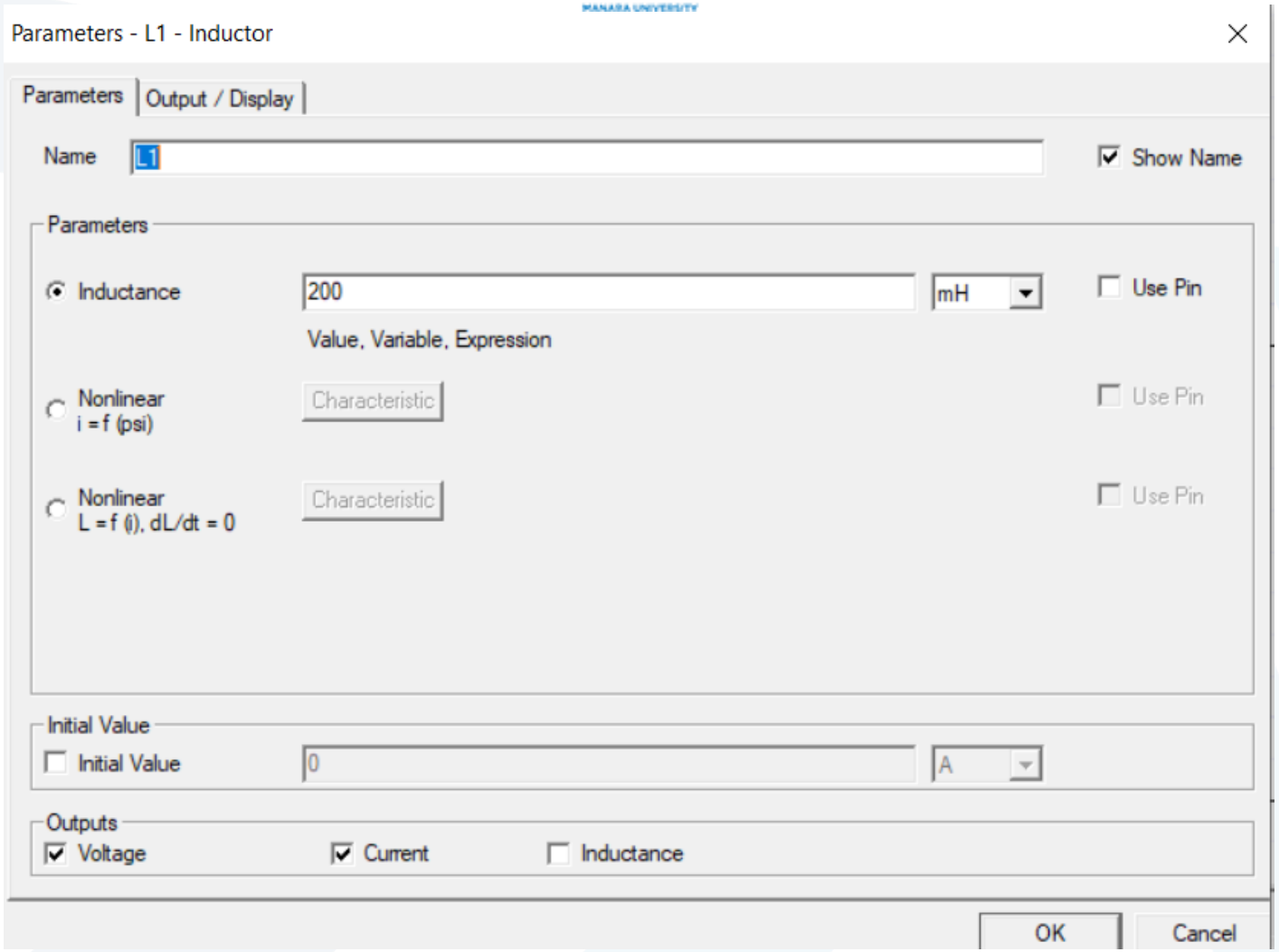

Rectangular Plot1
Curve Info | Y Axis | max | min | rms | avg
D1.I TR | D1.I | 5.3635 | -0.0031 | 2.7501 | 1.8230
D1.V TR | Y2 | 0.0054 | -310.9715 | 152.6653 | -91.2924
E3.EMF TR | Y2 | 311.1208 | -311.1270 | 220.0134 | -0.1830
vm1.v TR | Y2 | 311.1161 | -165.7684 | 158.3374 | 91.1093
D1.I [A]
Y2 [V]
Time [ms]
π
2π

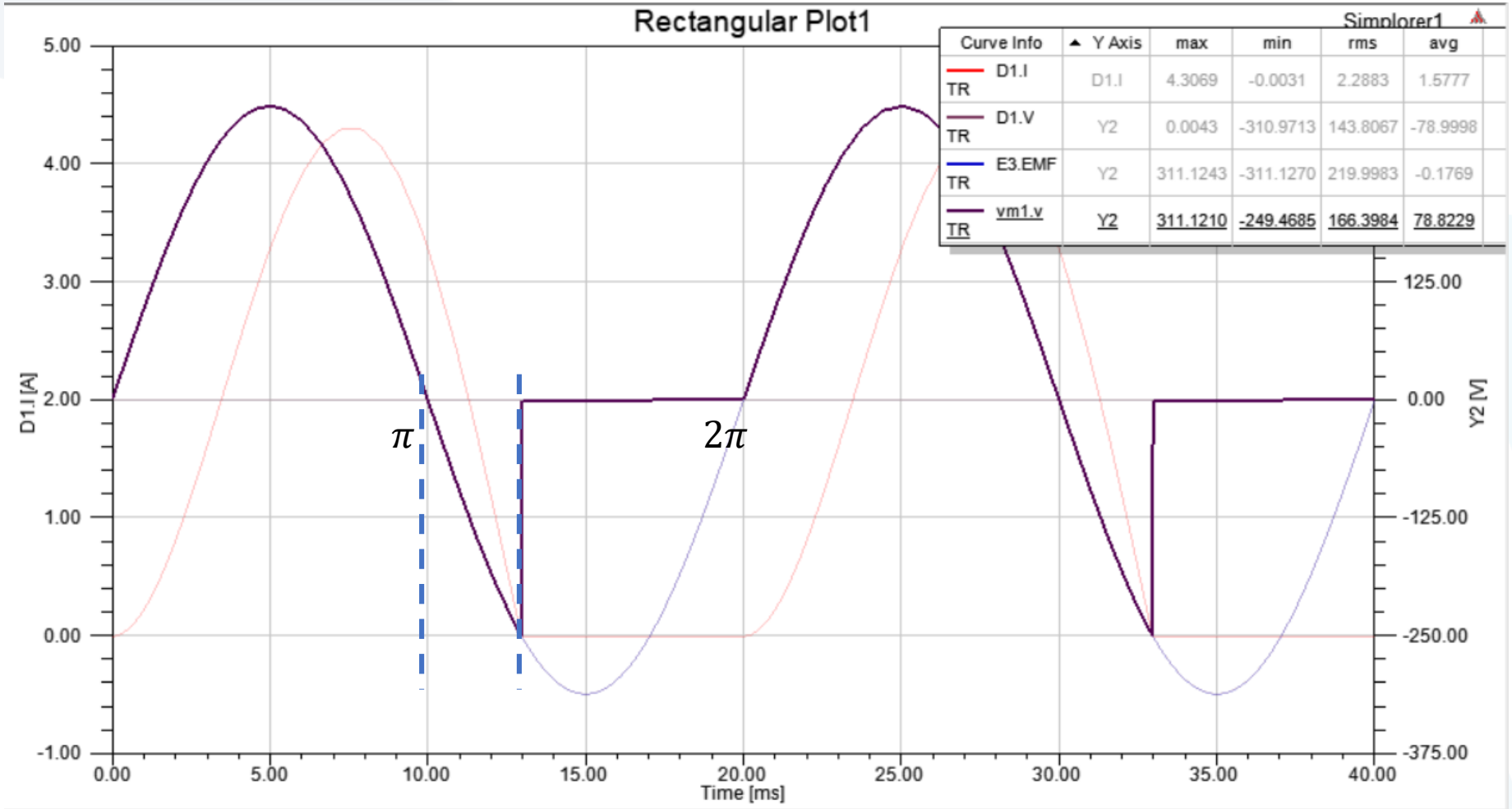
جامعة المنارة
MANARA UNIVERSITY

جهد الديود

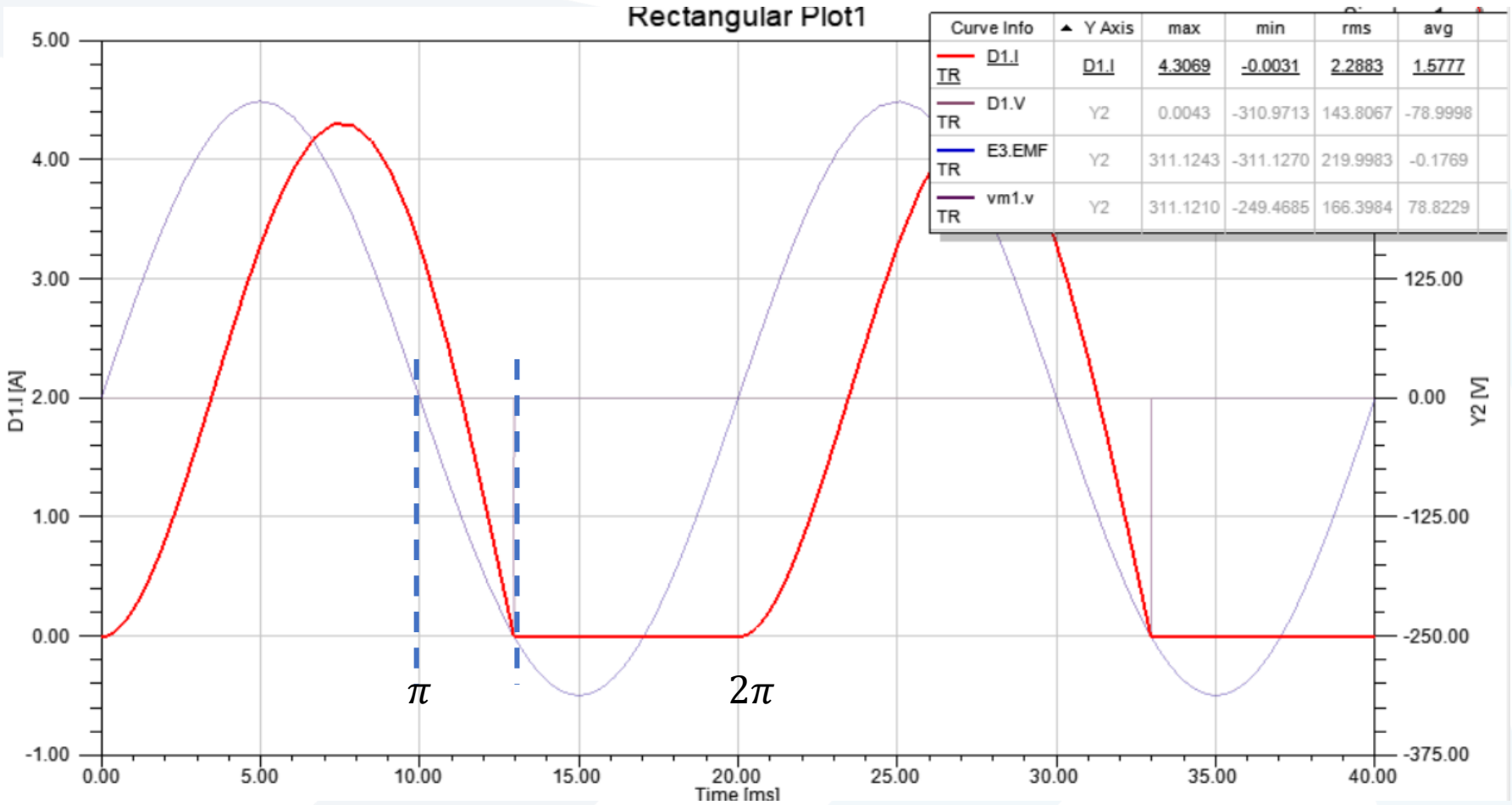



Rectangular Plot0
Simplorer1
Y1 [V]
Time [ms]
1ph
π
2π
Curve Info | Y Axis | rms | avg | max | min
E3.EMF TR | Y1 | 220.0134 | -0.1830 | 311.1208 | -311.1270
R1.V TR | Y1 | 137.5036 | 91.1517 | 268.1734 | -0.1555
vm1.v TR | Y1 | 158.3374 | 91.1093 | 311.1161 | -165.7684
D1.V TR | Y1 | 152.6653 | -91.2924 | 0.0054 | -310.9715
vm2.v TR | Y1 | 152.6653 | -91.2924 | 0.0054 | -310.9715
R1.I TR | Y2 | 2.7501 | 1.8230 | 5.3635 | -0.0031
AM1.I TR | Y2 | 2.7501 | 1.8230 | 5.3635 | -0.0031


Parameters - L1 - Inductor
Parameters
Output / Display
Name
L1
Show Name
Parameters
Inductance
200
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

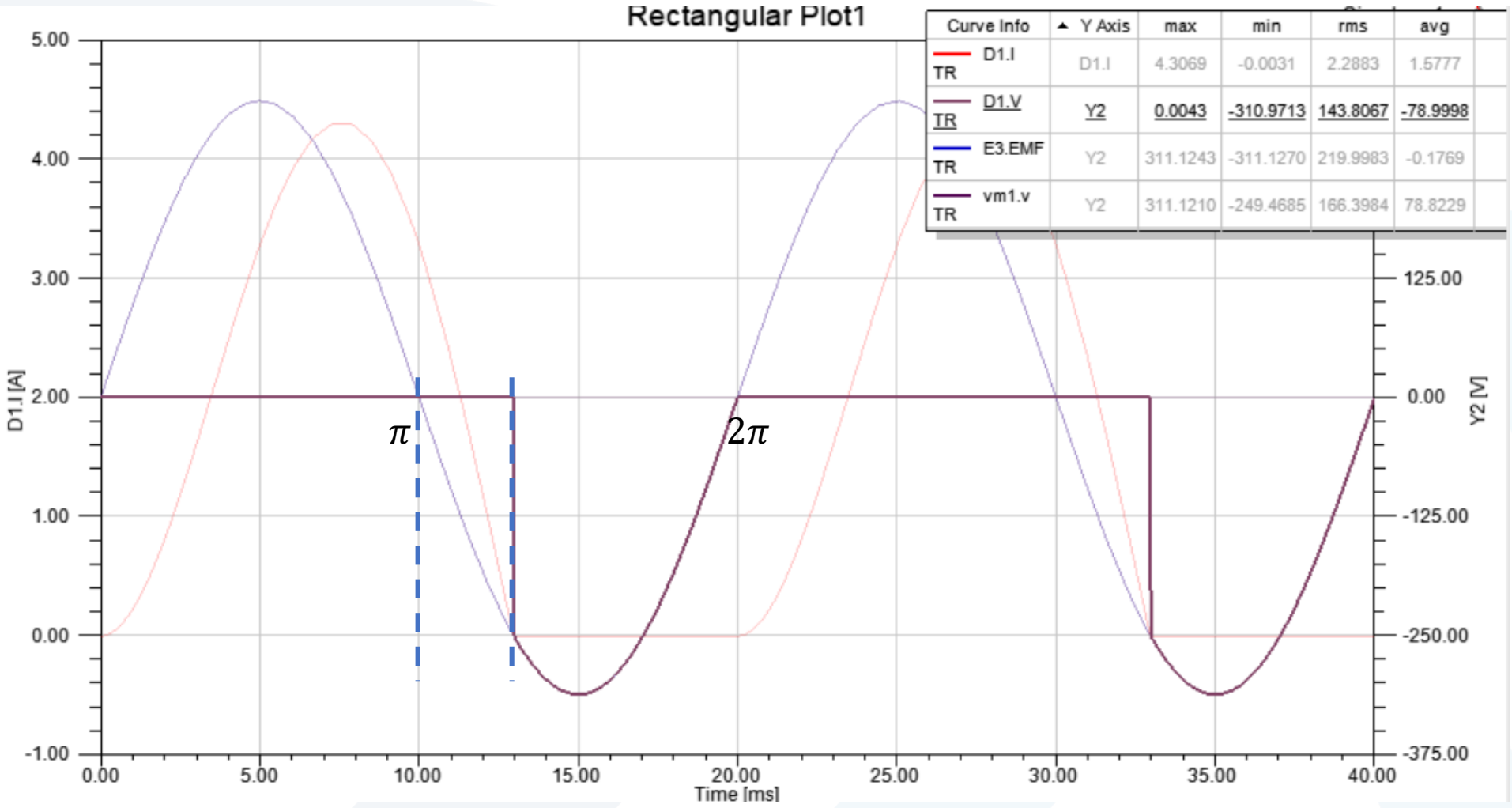

Rectangular Plot1
Simplorer1
Curve Info | Y Axis | max | min | rms | avg
D1.I TR | D1.I | 4.3069 | -0.0031 | 2.2883 | 1.5777
D1.V TR | Y2 | 0.0043 | -310.9713 | 143.8067 | -78.9998
E3.EMF TR | Y2 | 311.1243 | -311.1270 | 219.9983 | -0.1769
vm1.v TR | Y2 | 311.1210 | -249.4685 | 166.3984 | 78.8229
D1.I [A]
Y2 [V]
Time [ms]
π
2π

جهد الحمل


Rectangular Plot1
Curve Info | Y Axis | max | min | rms | avg
D1.I TR | D1.I | 4.3069 | -0.0031 | 2.2883 | 1.5777
D1.V TR | Y2 | 0.0043 | -310.9713 | 143.8067 | -78.9998
E3.EMF TR | Y2 | 311.1243 | -311.1270 | 219.9983 | -0.1769
vm1.v TR | Y2 | 311.1210 | -249.4685 | 166.3984 | 78.8229
D1.I [A]
Y2 [V]
Time [ms]
5.00
4.00
3.00
2.00
1.00
0.00
-1.00
125.00
0.00
-125.00
-250.00
-375.00
0.00
5.00
10.00
15.00
20.00
25.00
30.00
35.00
40.00
π
2π

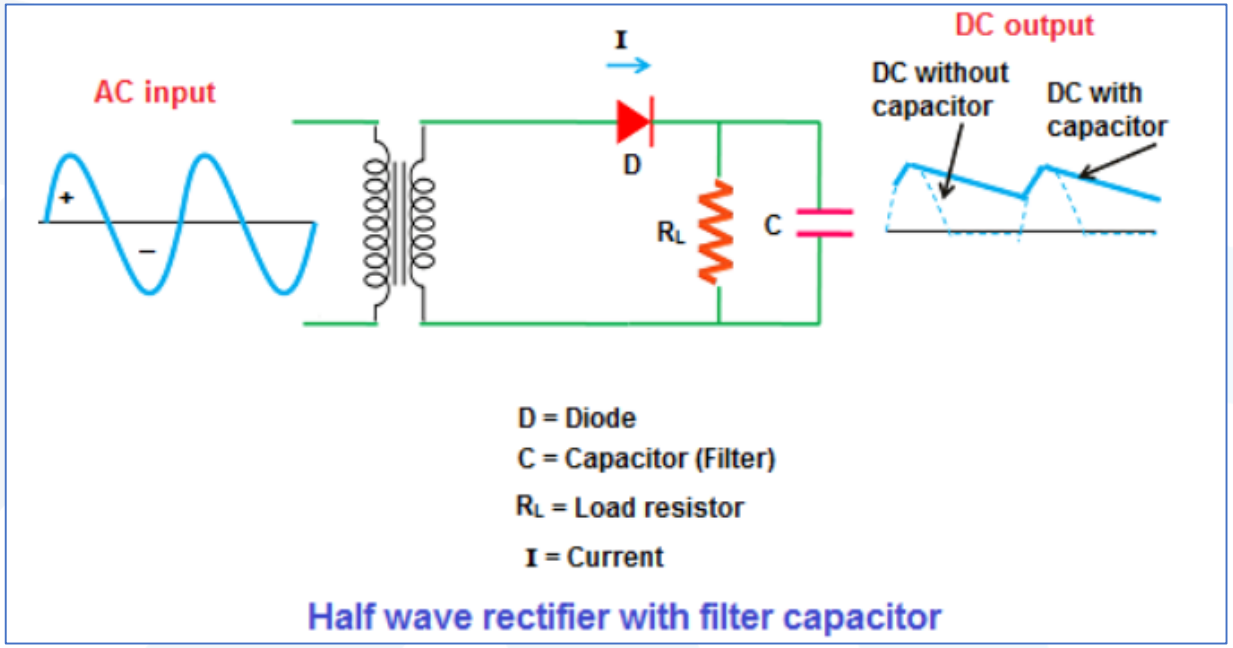
تيار الحمل

جهد الديود


Rectangular Plot1
Curve Info | Y Axis | max | min | rms | avg
D1.I TR | D1.I | 4.3069 | -0.0031 | 2.2883 | 1.5777
D1.V TR | Y2 | 0.0043 | -310.9713 | 143.8067 | -78.9998
E3.EMF TR | Y2 | 311.1243 | -311.1270 | 219.9983 | -0.1769
vm1.v TR | Y2 | 311.1210 | -249.4685 | 166.3984 | 78.8229
D1.I [A]
Y2 [V]
Time [ms]
π
2π

Half wave rectifier with capacitor filter

- A filter converts the pulsating direct current into pure direct current.
- In half wave rectifiers, a capacitor or inductor is used as a filter to convert the pulsating DC current to pure DC.
- The output voltage produced by a half wave rectifier is not constant; it varies with respect to time. In practical applications, a constant DC supply voltage is needed.
- The capacitor placed at the output side smoothen the pulsating DC current.



مزايا :

- نستخدم مكونات قليلة جدًا في تركيب الدارة. لذا فإن التكلفة منخفضة للغاية.
- سهل البناء.

عيوب:

- فقدان الطاقة: ما يقرب من نصف الجهد المطبق يضيع في مقوم نصف الموجة. يسمح بمرور نصف الموجة إما بدورة نصف موجبة أو نصف دورة سلبية. لذلك يتم إهدار نصف الدورة المتبقية.
- تيار مستمر نابض: التيار المستمر الناتج عن مقوم نصف الموجة ليس تيارًا مستمرا نقيًا ؛ إنه تيار مستمر نابض ليس مفيدًا كثيرًا.
- ينتج جهد خرج منخفض.
- وجود قيمة مستمرة لتيار المنبع

جَامعة المَنارة
MANARA UNIVERSITY

انتهت المحاضرة