

Lab1: Power in home appliances

Jorge Lambraño³, Julian Rojas², Juan Sánchez³

¹jelambrano, ²drojasj, ³paradac @uninorte.edu.co

Resumen—This report presents the design and implementation of a security box and a dimmer circuit using DIACs and TRIACs. The reader also can find the validation review with the theoretical model seen in class.

Palabras clave—Current, Power, Power Factor, Voltage, Waveform.

I. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal de esta práctica es realizar un análisis de la forma de onda y las mediciones de tres tipos diferentes de carga. Dentro de la caja de seguridad hay un fusible para proteger el equipo de cualquier corto circuito. Usamos una resistencia de 1Ω y 10 W para medir la corriente dividiendo la tensión entre 1 para obtener el valor actual. Todos los dispositivos electrónicos están compuestos de resistencias, condensadores e inductancias, un soldador es una carga lineal resistiva, requieren calor para funcionar. El voltaje medido sería el mismo que el de la fuente, pero la corriente variará según el consumo de energía del dispositivo. Esperamos la misma forma de onda para el voltaje y la corriente y ningún cambio de fase entre ellos.

Un taladro es una carga lineal inductiva, basado en el hecho de que los motores están hechos de bobinas. Debería haber un cambio de fase entre el voltaje y la corriente. La computadora portátil es una carga no lineal, la forma de onda del voltaje sería la misma, pero esperamos una forma diferente para la corriente.

La segunda parte consiste en diseñar y desarrollar un controlador de CA compuesto por un DIAC y un QUADRAC. Este tipo de circuito puede cambiar el voltaje RMS en los terminales de una carga lineal manipulando el ángulo de disparo del QUADRAC usando un potenciómetro. La carga ya no será lineal

debido al circuito resultante entre la bombilla y el controlador AC.

II. PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

II-A. Cálculos de Potencia

El objetivo de esta práctica es medir el consumo eléctrico de dispositivos cotidianos, tales como computadores portátiles, un pequeño taladro y un cautil. Teniendo en cuenta los valores altos de tensión y corriente que se pueden encontrar en instalaciones eléctricas domésticas, se tomaron todas las precauciones necesarias para garantizar seguridad a los dispositivos, instrumentos de medición y a las personas que realizan la medición. Para poder obtener los valores de tensión, corriente y corriente se diseñó un circuito que junto con el osciloscopio, es capaz de permitir la obtención de valores de tensión y corriente. El diseño del circuito se encuentra ilustrado en la Figura 1.

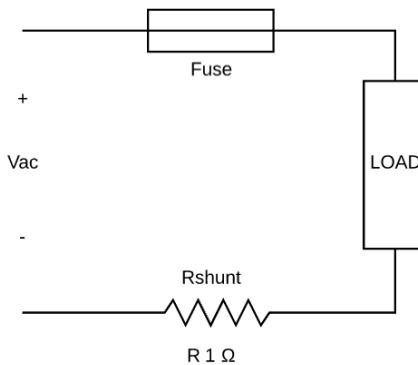


Figura 1: Circuito utilizado para la obtención de los valores de potencia y tensión.

$CH1$ y $CH2$ representan los canales del osciloscopio, *Phase* corresponde a la fase y *N* corresponde al neutro. V_{ac} representa la onda de $120 \text{ V}_{\text{rms}}$ que entrega la red eléctrica. *Fuse* representa un fusible cuyo valor se explicará más

Cuadro I: Power and current values of each device.

Dispositivo	Potencia (W)	Tensión (V _{rms})	Corriente (A _{rms})
Cautil	40	120	0.33
Taladro	130	120	1.08
Portátil	140	120	1.16
Bombillo	70	120	0.58
Resistencia	10	-	3.17

adelante, R_{shunt} representa una resistencia de potencia de 1Ω y 10 W . $LOAD$ corresponde al dispositivo al que vamos al que se va a realizar la medición.

Se puede observar del gráfico que el valor de tensión que cae en el dispositivo es la diferencia de los datos que se obtienen en los canales del osciloscopio. $V_D = CH1 - CH2$. Y la corriente que pasa a través del dispositivo es la razón entre la tensión que se obtiene en el canal $CH2$ y el valor de la resistencia. Esto es el valor del canal, puesto que la resistencia es de 1Ω . Esta información es muy útil para los cálculos de potencia que se explicarán más adelante.

Con respecto al calibre del alambre, fue seleccionado dependiendo de la máxima corriente que necesita cada dispositivo, de acuerdo con los parámetros eléctricos que se muestran en la descripción del dispositivo. Estos valores de corriente son mostrados en la Tabla I.

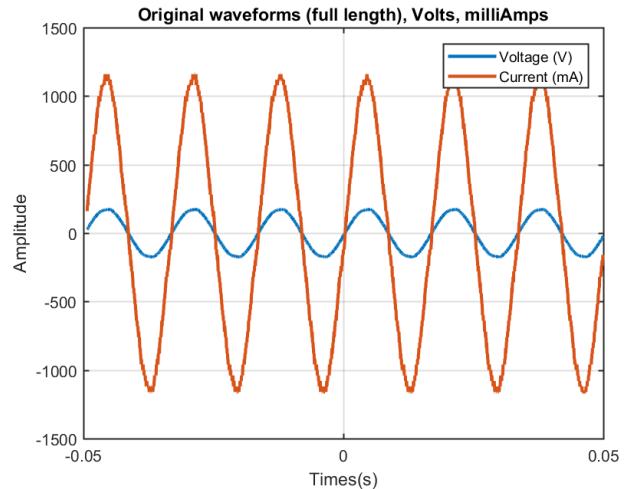
The circuit is inside a 4×4 box with a fuse holder to change the breaker, 4 measuring terminals; the white one for neutral, green one for ground and both black one for phase. The box is shown in the Figure 2.

For this practice three different loads are chosen to analize their voltage and current waveform: a soldering iron like resistive load, a drill like inductive load and a laptop like non-linear load. These loads are conected to an electrical outlet, using the power meter. Owing to high electrical network inertia, the voltage waveform do not depend on the load. For this reason, the voltage signal is similar in all measurings. However, current waveform depend on impedance load and voltage,

**Figura 2:** Circuit box.

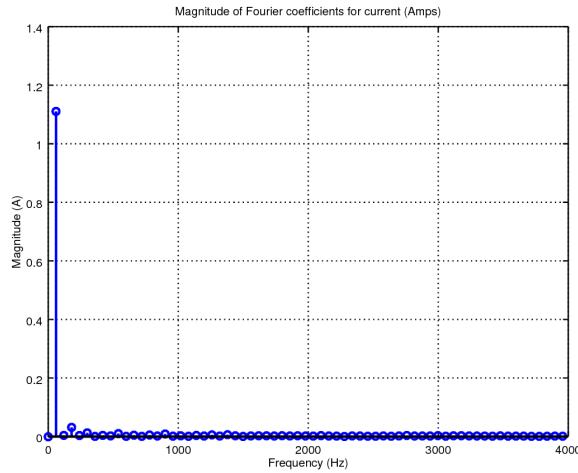
and the first parameter is realted to load features. Therefore, the power analysis will be centered on current waveform.

II-A1. Solderin Iron (resistive load): The current waveform is a pure sine signal and it does not present any distortion and between voltage and current there are not phase difference. This can be observed in the Figure 3.

**Figura 3:** Voltage and current waveforms of a resistive load.

Additionally, in a resistive load, product between current and voltage always is positive, this means that soldering iron is a power consumer and it is not able to supply energy.

Fourier Transform allow to identify harmonic components of current signal. According to Figure 4, current waveform of a resistive load only have a 60 Hz component and it does not have any different harmonic component. So, there are not distortion, the power factor PF is high and Total Harmonic

**Figura 4:** Fourier current coefficients for resistive load.

Distortion THD is very small. This is an important feature from resistive loads.

Listing 1: Output for resistive load.

```

T      = 0.0167 s
f0     = 59.9520 Hz
Vrms  = 123.3322 V
Irms  = 0.7860 A
S      = 96.9336 VA
Pavg  = 96.8309 W
P      = 96.8309 W
Q      = -1.8282 VAR
D_fast= 4.0701 VA
D      = 4.0562 VA
PF    = 0.9989
THD_V = 1.8878 %
THD_I = 4.0154 %

```

II-A2. Drill (inductive load): The current behaviour for inductive loads is different to resistive loads. Current waveform is not a pure sine signal, because there are harmonic components that change shape current signal. This can be observed in the Figure 5 and 6. The waveform present peaks as a result of current harmonic component: $3f_0$, $5f_0$, $7f_0$ and $9f_0$, where f_0 is fundamental frequency (60 Hz). In addition, there are an phase difference between both signal: current signal is slow respect to voltage signal.

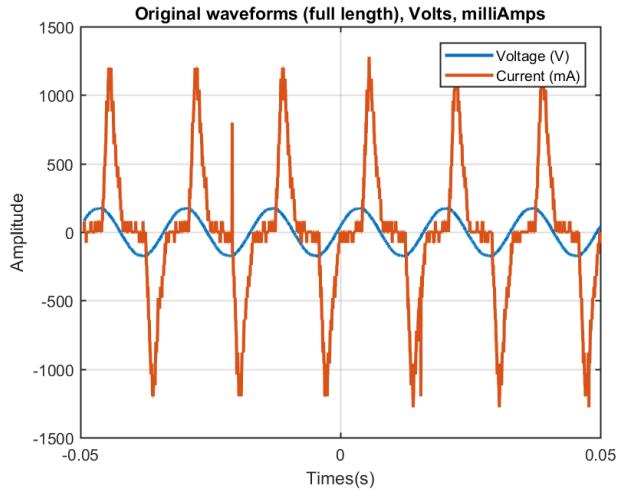
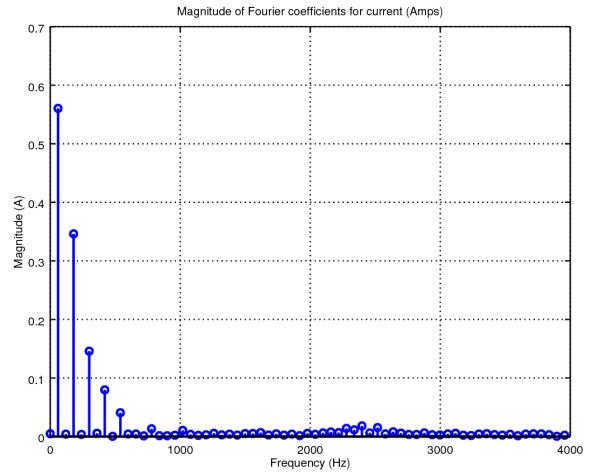
In contrast to resistive load, the power factor value is very low and reactive power Q and THD_I are very high. According to Listing 2, for this device, Reactive Power Q is higher than Active Power P . This high Q value mean that drill is a reactive element.

Listing 2: Output for inductive load.

```

T      = 0.0167 s

```

**Figura 5:** Voltage and current waveforms of a inductive load.**Figura 6:** Fourier current coefficients for inductive load.

```

f0      = 59.9520 Hz
Vrms  = 123.8850 V
Irms  = 0.4831 A
S      = 59.8537 VA
Pavg  = 30.4372 W
P      = 30.4372 W
Q      = 38.7767 VAR
D_fast= 33.9472 VA
D      = 33.9434 VA
PF    = 0.5085
THD_V = 1.8561 %
THD_I = 69.7550 %

```

II-A3. Laptop (non-linear load): Finally, according to Figure 7, current signal of non-linear load do not present any sine shape. The current waveform present peaks more narrow than inductive peaks loads. Those peaks presents a high harmonic components which can be observed in the Figure 8. The harmonic components of non-linear load are much higher than harmonic components of inductive load.

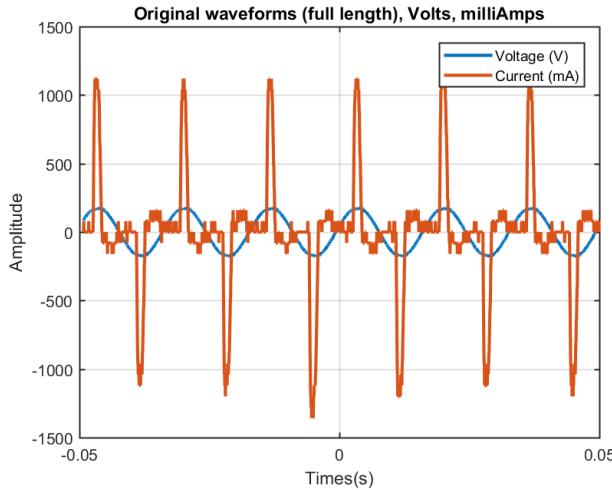


Figura 7: Voltage and current waveforms of a non-linear load.

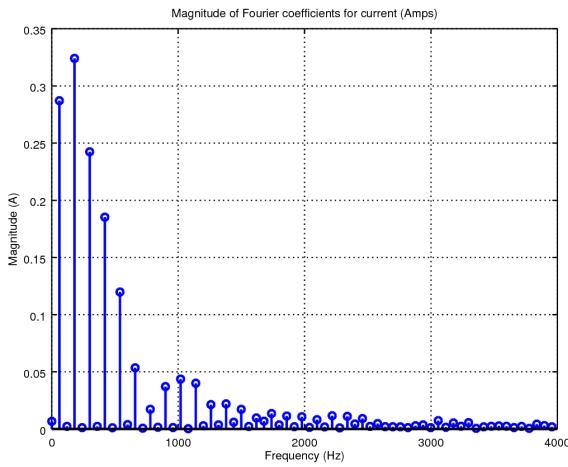


Figura 8: Fourier current coefficients for non-linear load.

Nevertheless, a laptop does not have reactive elements like electrical coils, the power factor values is very low. The electronics circuits inside a laptop (or other complex electronic device) do not respond linear way. For this reason, current waveform presents a lot of distortion, as a result, Harmonic Power D and THD_I value are very high while PF is small.

Listing 3: Output for non-linear load.

T	=	0.0167 s
f0	=	59.9520 Hz
Vrms	=	124.3447 V
Irms	=	0.3916 A
S	=	48.6915 VA
Pavg	=	23.9965 W
P	=	23.9965 W
Q	=	-5.7979 VAR
D_fast	=	41.9692 VA
D	=	41.9644 VA

Cuadro II: Power measures from different controller values

	P (W)	Q (VAR)	D (VA)	S (VA)	PF	THDI (%)
NoCtrl	77.24	-3	3	77.36	0.999	4.01
Pos 0	74.2	0.1	5.1	74.37	0.998	6.23
Pos 1	69.8	10.5	17.29	72.68	0.96	23.99
Pos 2	53.64	23.48	31.41	66.45	0.807	53.48
Pos 3	40.19	27.81	35.69	60.51	0.664	73.58
Pos 4	30.47	28.41	37.36	55.96	0.545	89.63

$$\begin{aligned} PF &= 0.4928 \\ THD_V &= 2.2668 \% \\ THD_I &= 164.9239 \% \end{aligned}$$

II-B. AC controller

For the second part of the practice, a circuit using thyristors was designed to control the amount of power delivered to the light bulb. The input is the 120 V AC and the output is an AC waveform where there is a delay angle before triggering the AC voltage. The phase control is done with a potentiometer. The circuit designed is shown in the Figure 9.

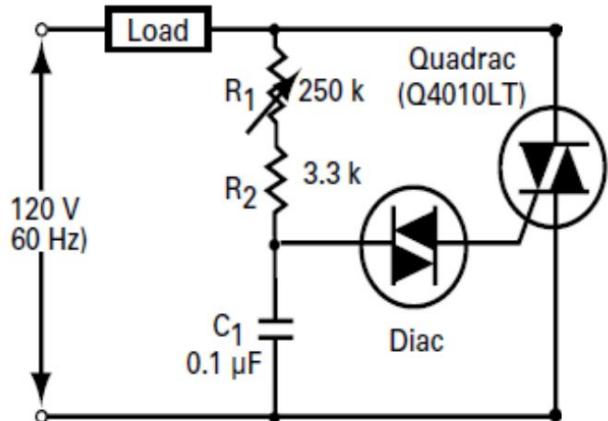


Figura 9: AC controller circuit.

III. CONCLUSIONES

La carga resistiva muestra un factor de potencia de casi unitario. La carga inductiva tiene una forma de corriente rizada gracias al tipo de motor que se utiliza en el taladro. La carga no lineal muestra una forma de onda rizada que depende del circuito dentro del dispositivo electrónico.

El dimmer permite regular la potencia de la bombilla. Teniendo en cuenta que una bombilla es resistiva, la efectividad depende del voltaje y la corriente que se encuentra en éste.

El circuito controla la alimentación de la bombilla encendiendo y apagando durante las regiones positiva y negativa de la señal sinusoidal de entrada. Durante la parte negativa de la señal de entrada, se obtendrá el mismo tipo de respuesta, ya que tanto el DIAC como el QUADRAC se pueden disparar en la dirección inversa. Al variar la resistencia R, es posible controlar el ángulo de conducción.

Acerca de las cargas inductivas y no lineales, no se debe utilizar el circuito dimmer, ya que ambos dependen del factor de potencia y de la forma de onda de tensión y corriente.

Los dispositivos electrónicos, como el DIAC y el QUADRAC, permiten construir circuitos para controlar la potencia de una carga resistiva.

REFERENCIAS

- [1] H. Kopka and P. W. Daly, *A Guide to L^AT_EX*, 3rd ed. Harlow, England: Addison-Wesley, 1999.