



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

Reguladores DC-DC Fotovoltaicos PWM

Apellidos y nombre: Velázquez Martí, Borja (borvemar@dmata.upv.es)¹

Departamento/Centro: ¹Departamento de Ingeniería Rural y Agroalimentaria
Universitat Politècnica de València

Índice general

1. Resumen de las ideas clave	2
2. Introducción	2
3. Objetivos	2
4. Reguladores DC-DC PWM Step Up o Boost	2
5. Reguladores DC-DC PWM Step Down	5
6. Criterios de selección de reguladores	6
7. Cierre	6
8. Bibliografía	6

1 Resumen de las ideas clave

La energía solar fotovoltaica es una energía renovable que supone una alternativa a las fuentes convencionales. Las instalaciones fotovoltaicas poseen una serie de elementos electrónicos necesarios para su correcto funcionamiento: paneles, reguladores, baterías, inversores, equipos de control, maniobra y seguridad. Este artículo tiene como objetivo definir los conceptos básicos que rigen el funcionamiento de los reguladores de corriente continua, llamados DC DC, utilizados en instalaciones fotovoltaicas para mantener constante la tensión a la que se cargan las baterías, y la tensión con la que se alimentan los inversores. Las variaciones de radiación recibida por los paneles y la variación de la carga de los receptores provocan variaciones de tensión que debe ser corregida en las instalaciones fotovoltaicas. Los elementos de corrección son los reguladores. En este documento se realiza la explicación básica de su funcionamiento.

2 Introducción

Los reguladores son dispositivos electrónicos que permiten mantener la tensión de salida constante siendo variable la tensión de entrada. Los reguladores cuya entrada y salida es corriente continua se denominan DC DC. Y son los de este tipo los que se utilizan para regular la tensión con la que se alimentan las baterías desde los paneles fotovoltaicos. Existen dos grupos de reguladores DC DC: los de Modulación de Ancho de Pulso (PWM, por sus siglas en inglés), y los de Adaptación al Punto de Máxima Potencia (MPPT). Los PWM trabajan con un voltaje medio fijo de entrada y se deben instalar unas placas que aporten dicho voltaje (24 V, 48 V), los MPPT trabaja buscando el punto de máxima potencia, es decir, que en función del voltaje de entrada se regula la intensidad para intentar aproximarse lo más posible a la potencia aportada por las placas.

Del grupo PWM existen dos tipos: los que amplían el voltaje, llamados Step Up o Boost; y los que lo disminuyen, llamados Step Down o Buck.

3 Objetivos

Una vez que el alumno se lea con detenimiento este documento, será capaz de:

1. Explicar el funcionamiento de los reguladores DC DC utilizados en instalaciones fotovoltaicas .
2. Definir los principios físicos y ecuaciones que regulan los elementos que conforman el circuito electrónico del regulador
3. Diferenciar los reguladores PWM Step Up o Boost y los reguladores PWM Step Down o Buck.

4 Reguladores DC-DC PWM Step Up o Boost

El circuito básico Step Up es como el que se muestra en la Figura 1. Está compuesto por una bobina de inductora en serie con un paralelo formado por un interruptor, un condensador y los receptores. Entre el interruptor y el condensador se coloca un diodo.

Si inicialmente el interruptor está abierto, el circuito está sometido a una tensión que dependerá del voltaje proporcionado por el generador de corriente continua. La intensidad de corriente dependerá de la impedancia de los receptores (R)(Ecuación 1).

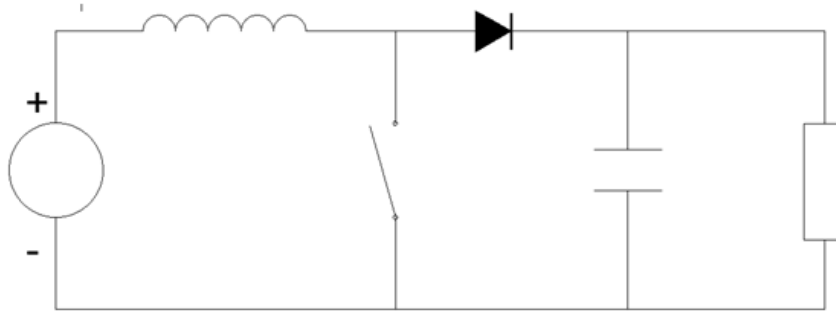


Figura 1: Esquema regulador DC DC, Step up, regulador Boost

$$I = \frac{V}{R} \quad (1)$$

Recordad que la bobina genera una caída de tensión si varía la intensidad (Ecuación 2). Si la intensidad es constante, la caída de tensión en la bobina es despreciable.

$$V_L = L \frac{dI}{dt} \quad (2)$$

En estas condiciones, el condensador estará cargado. Es decir, almacena una carga que va a depender de la capacidad del condensador, cuyo valor es constante.

$$C = \frac{Q}{V} \longrightarrow V = \frac{Q}{C} \quad (3)$$

Si se cierra el interruptor se provoca un cortocircuito de tal manera que la intensidad que pasa por la bobina crece de forma muy significativa puesto que su resistencia es muy pequeña. En esa situación el circuito está puentado por el interruptor. Es decir, toda la corriente se va por la rama del interruptor. La corriente que alimenta al condensador y receptores debería tender a ser nula. Entonces, al anularse la tensión del condensador este se descarga. La carga evacuada del condensador circula hacia los receptores, no hacia la bobina, gracias a la acción del diodo, dado que este elemento sólo permite la circulación de la corriente en un sentido. La tensión con la que se alimentan los receptores es la proporcionada por el condensador.

El funcionamiento amplificador del regulador se basa en la capacidad que tienen las bobinas inductoras de reaccionar ante cualquier cambio de tensión, intentando mantener la corriente constante a toda costa. Cuando la elevada corriente pasa a través de la bobina por estar el circuito puentado, se genera un campo magnético. Este campo magnético supone un almacenamiento de energía. Si el interruptor se vuelve a abrir, la bobina devolverá la energía magnética modificando el voltaje (Ecuación 2) para mantener invariable la intensidad.

Cuando el interruptor se vuelve a abrir, la tensión entre las placas del condensador aumenta significativamente porque queda influenciada por diferencia de tensión de la fuente y la caída de tensión provocada por la bobina. Entonces se carga muy rápidamente. Recuérdese que por el condensador no circula corriente, sino que sólo almacena carga. Sin embargo, cuando el interruptor se vuelve a cerrar la descarga se realiza más lenta debido a la impedancia de los receptores.

La tensión en los bornes de los receptores depende de la capacidad del condensador, de tal manera que las posibles variaciones de voltaje en la fuente quedan atenuadas, permaneciendo constante la tensión que se proporciona a los receptores. La tensión en los receptores aumenta debido a que a la tensión de alimentación hay que aumentarle la diferencia de voltaje que proporciona la bobina. Por eso es amplificador.

Si abrimos y cerramos el circuito con el interruptor con una frecuencia elevada, la carga rápida y la descarga lenta hace que el voltaje de salida se estabilice con poca oscilación (Figura 2).

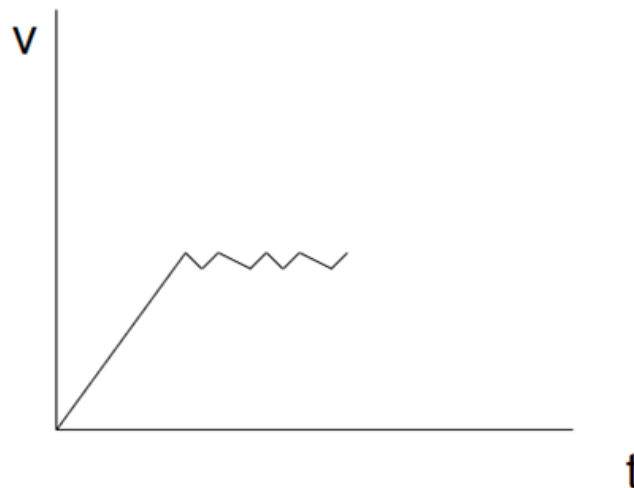


Figura 2: Fase de carga y descarga con la abertura y cierre del interruptor con ciclos rápidos

La modulación de pulso significa que se altera la frecuencia de oscilación, haciendo que los tiempos de conexión del interruptor sean cortos, y los tiempos de abierto sean más largos, adaptando la tensión en función de la carga. La tensión conseguida quedará influenciada por la carga. De acuerdo a la carga habrá que regular la frecuencia de abertura y cierre del interruptor. Esto se puede regular mediante un sistema de retroalimentación (feedback) llamada PWM, modulación de ancho de pulso (Figura 3).

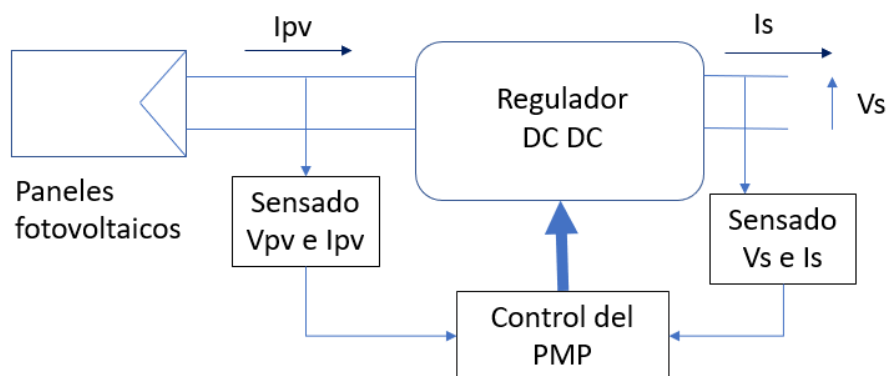


Figura 3: Esquema del sistema de modulación del pulso

5 Reguladores DC-DC PWM Step Down

En la Figura 4 se muestra el circuito regulador reductor de voltaje Step Down. En este caso el interruptor se pone en serie con la bobina, estando el condensador y la carga en paralelo. En principio si se necesita menos voltaje del que proporciona la fuente, es posible aprovechar el tiempo de carga y descarga del circuito para reducir el voltaje.

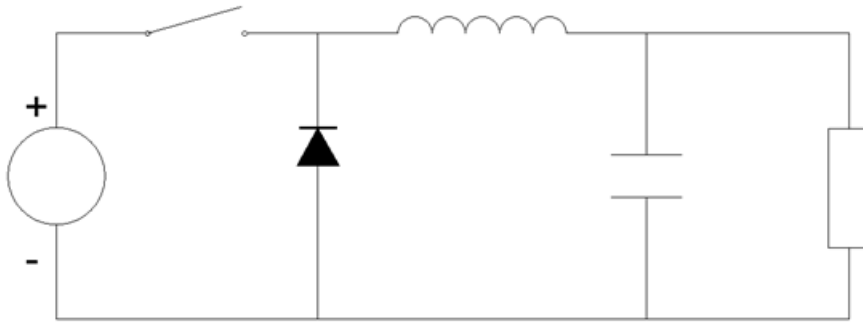


Figura 4: Esquema del sistema de modulación del pulso

Cuando el interruptor está cerrado, el condensador se carga, habiendo una tensión definida por la fuente menos la que cae por la bobina. Cuando está en abierto, el condensador se descarga reduciéndose la tensión. Dado que la bobina que reacciona ante los cambios de tensión, en el estado del interruptor en abierto ralentiza la descarga del condensador ya que intenta mantener la intensidad. Para ello toma la corriente de descarga a través del diodo en paralelo generando un bucle (Figura 5).

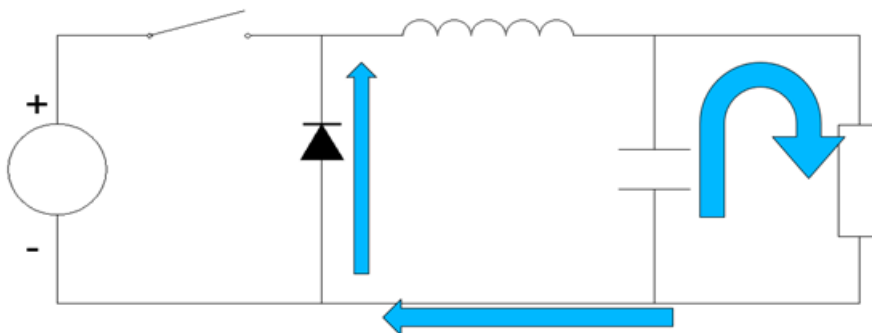


Figura 5: Esquema del sistema de modulación del pulso

Igual que en el Step Up, en el Step Down, la frecuencia o pulso se regula de tal modo que el tiempo de cerrado es mas bajo que el tiempo de abierto, lo que provoca un pequeño rizado en la corriente. Como la reducción de voltaje y los ciclos de abertura y cierre adecuados van a estar influenciados por la carga, se suele colocar un sensor para retroalimentación que regula los ciclos de abertura y cierre mediante un microprocesador. De tal manera que abriendo y cerrando el circuito con ciclos de frecuencia elevada se consigue que el voltaje se mantenga oscilando entre pequeños valores alrededor del voltaje deseado.

6 Criterios de selección de reguladores

Los criterios de selección del regulador en una instalación fotovoltaica son:

1. Tensión de entrada: La tensión de la fuente no puede superar este valor.
2. Intensidad nominal: La corriente no puede superar este valor.
3. Potencia máxima a la entrada: Es la energía capaz de regular por unidad de tiempo.
4. Eficiencia: Es el porcentaje de energía que desde la entrada es emitida hacia el resto de la instalación (baterías o inversores)

7 Cierre

En los esquemas expuestos, se muestra el funcionamiento de los reguladores utilizados en las instalaciones fotovoltaicas. Los cuales utilizan las propiedades eléctricas de los condensadores y las bobinas para regular la tensión a la salida del dispositivo, ante variaciones de tensión en la fuente generadora.

Se ha explicado cómo las secuencias de apertura y cierre del circuito posee efectos de variación de corriente que modifican la tensión cargando y descargando el condensador a distinta velocidad.

Como ejercicio de autoevaluación, tras la lectura del artículo es conveniente que el alumno explique el funcionamiento de cada circuito. Por otro lado, puede consultar catálogos de reguladores fotovoltaicos.

8 Bibliografía

Fernández Salgado, J. M. (2009). Tecnología de las energías renovables (No. P06 FER 18361). Ediciones Mundi-Prensa; A. Madrid Vicente Ediciones.

Lamigueiro, O. P. (2013). Energía solar fotovoltaica. Creative Commons ebook.

Mendez Muñoz J., Cuervo Garcia R.(2018) Energía solar fotovoltaica (+CD-rom)(7ª ed.) Ed. Fundación Confemetal

Van Campen, B., Guidi, D., Best, G. (2000). Energía solar fotovoltaica para la agricultura y el desarrollo rural sostenibles. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.