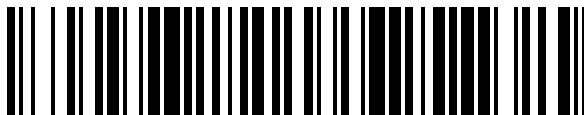


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 331 344**

21 Número de solicitud: 202630561

51 Int. Cl.:

H02M 3/00 (2006.01)

H02M 1/00 (2007.01)

H02M 3/158 (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22

Fecha de presentación:

11.03.2024

43

Fecha de publicación de la solicitud:

22.09.2026

71

Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE HUELVA (100,00%)

Dr. Cantero Cuadrado, 6

21071 Huelva (Huelva) ES

72

Inventor/es:

DURÁN ARANDA, Eladio;

DÍAZ MARTÍN, Cristian;

PÉREZ LITRÁN, Salvador y

MESA ALCOCER, Moisés Saúl

54

Título: **CIRCUITOS CONVERTIDORES RESONANTES CON INTERRUPTOR DE POTENCIA SIN TRANSFORMADOR**

ES 1 331 344 U

DESCRIPCIÓN

CIRCUITOS CONVERTIDORES RESONANTES CON INTERRUPTOR DE POTENCIA SIN TRANSFORMADOR

5

Campo del invento

La presente invención se refiere a nuevas configuraciones aplicables a sistemas de corriente continua (CC) para la conversión de tensión, y la obtención de dos tensiones de salida simétricas, bipolares o duales (SIDO) sin necesidad de utilizar un transformador, empleando técnicas y nuevos convertidores CC-CC resonantes.

Estado de la técnica

La técnica de conmutación suave y los convertidores CC-CC resonantes con los que se implementa esta técnica, son los que más han contribuido actualmente a reducir el espacio, el tamaño y el peso de estos sistemas, así como a aumentar la densidad de potencia de los sistemas de alimentación donde son empleados. Los convertidores resonantes utilizan inductores y condensadores (circuitos tanque LC) que provocan una variación sinusoidal de las formas de onda de tensión y corriente, reduciendo las pérdidas debidas a la conmutación. Esta técnica fue desarrollada como alternativa a la conmutación rectangular (técnica de conmutación dura), de tal forma que los dispositivos de potencia conmutan a alta frecuencia, manteniendo un rendimiento aceptable del convertidor -para carga ligera y a plena carga-, al minimizar las pérdidas de conmutación asociadas con las transiciones (transiciones de encendido/apagado).

En este sentido, los convertidores resonantes pueden ser clasificados como interruptores conmutados a corriente cero (ZCS, Zero-Current Switching) o como interruptores conmutados a tensión cero (ZVS, Zero-Voltage Switching). Alternativamente, dependiendo del dispositivo donde se realiza la acción resonante, los convertidores resonantes pueden clasificarse en convertidores multirresonantes (MRC, por sus siglas en inglés) cuando la acción resonante es realizada sobre el interruptor principal y el diodo de libre circulación, y por lo tanto, la condición ZVS/ZCS se puede obtener sobre ambos dispositivos, y convertidores cuasi resonantes (QRC), donde la condición ZVS o ZCS sólo se realiza sobre el interruptor principal.

En general, los convertidores cuasi resonantes (QRC) pueden ser derivados añadiendo un circuito tanque LC de alta frecuencia al interruptor principal, facilitando así la conmutación a corriente o a tensión cero, en dos diferentes versiones, tipo L o tipo M, dependiendo de cómo estén interconectados el interruptor principal y el tanque LC y de la forma en la que se produce: media onda y onda completa, dependiendo de si la acción resonante es de medio ciclo o de ciclo completo, para obtener la condición ZVS o ZCS. Estas configuraciones y topologías son bien conocidas por aquellos que son expertos en la materia, como se describe en [Liu, K., Oruganti, R., & Lee, F.C. (1985). *Resonant switches - Topologies and characteristics*. 1985 IEEE Power Electronics Specialists Conference, 106-116.] y en [Kwang-Hwa, Liu. *High frequency quasi-resonant converter techniques*. 1986. Ph. D. Thesis Virginia Polytechnic Institute and State University].

Por otro lado, los convertidores CC-CC de una entrada y dos salidas (SIDO) bipolares simétricas, están recibiendo un marcado interés en una amplia variedad de aplicaciones, en las que se requieren dos tensiones de salida de la misma magnitud, pero de diferente signo, a partir de una única alimentación de entrada, entre otras razones, porque los convertidores SIDO pueden proporcionar una tensión doble entre las tensiones de salida positiva y negativa. De esta forma, cada vez es más frecuente encontrar aplicaciones que requieren tensiones de 24 V a partir de buses intermedios de 12 V_{CC}, que a su vez alimentan las tensiones tradicionales de 1,8 V, 3,3 V y 5 V. En este contexto, los convertidores SIDO abarcan aplicaciones como las fuentes de alimentación industriales, de comunicaciones y de computación, vehículos eléctricos, iluminación LED, así como dispositivos médicos, sistemas fotovoltaicos y/o microrredes de corriente continua bipolares de baja tensión. En general, los convertidores SIDO son los más adecuados para aplicaciones donde el pequeño tamaño y la alta densidad de potencia son los aspectos fundamentales del diseño.

Adicionalmente, la combinación de convertidores básicos puede reducir la densidad de potencia, ya que permite combinar configuraciones básicas para obtener tensiones de salida bipolares con un único interruptor de potencia y requiere un menor número de componentes. Esta metodología de combinación de convertidores ha sido propuesta como solución en la conmutación rectangular, por ejemplo, en ES2608255A1, o en ES2676435A1, donde se contempla la combinación de estructuras simples, con la misma parte frontal, compartiendo nodos de conmutación y dando lugar a configuraciones combinadas con diferente relación de conversión.

En el artículo [Díaz-Martín, C.; Durán, E.; Litrán, S.P.; Álvarez, J.L.; Semião, J. *Single-Switch Non-Isolated Resonant DC-DC Converter for Single-Input Dual-Output Applications*. *Appl. Sci.* 2023, 13, 8798. <https://doi.org/10.3390/app13158798>] se presenta una nueva topología de convertidor CC-CC cuasi-resonante, que es el resultado de
 5 combinar configuraciones más simples de una sola entrada y salida. La topología propuesta es una combinación de las configuraciones resonantes Zeta y Buck-Boost, que permite generar un voltaje de salida bipolar utilizando un solo interruptor de alimentación. Además, el convertidor combinado puede funcionar en modos elevador y reductor y es un convertidor sin transformador, lo que permite una reducción de tamaño y un aumento de
 10 la densidad de potencia. Se ha realizado un análisis completo del convertidor propuesto y posteriormente verificado mediante simulación. Los resultados obtenidos muestran que esta nueva topología es adecuada para múltiples aplicaciones que requieren voltaje bipolar y alta densidad de potencia.

En [Díaz Martín, Cristian & Duran, E. & Ferrera, M.B. & Litrán, Salvador. (2023). *Convertidor CC – CC Cuasi Resonante de un Solo Interruptor para Aplicaciones de una Entrada y Salida Bipolar*. *SAAEI 2023.10.13140/RG.2.2.13425.25446*] tiene como objetivo contribuir al desarrollo de Convertidores CC-CC Resonantes con dos salidas Simétricas, Bipolares o Duales a partir de una única tensión de entrada (Single-Input Dual-Output,
 20 SIDO), utilizando una metodología basada en la combinación de topologías tradicionales: convertidores resonantes Zeta y Buck/Boost. En este sentido, se realiza un extenso trabajo analítico y experimental para el desarrollo y pruebas de un prototipo de laboratorio SIDO resonante, implementando una estructura combinada que utiliza un solo interruptor de potencia, que simplifica el control, regulación de voltajes de salida y proporciona
 25 menores pérdidas con densidad de potencia mejorada.

Sin embargo, en ninguno de los documentos citados en el estado de la técnica se proponen ocho nuevas configuraciones resonantes con Salida Bipolar: cuatro ZVS y otras cuatro ZCS, de las cuales también cuatro son de media onda y otras cuatro de onda
 30 completa, donde cuatro son de tipo M y otras cuatro de tipo L. Todo ello de acuerdo con las reivindicaciones que acompañan a la presente memoria descriptiva.

Explicación de la invención

La invención tiene por objeto desarrollar un convertidor CC-CC de una sola entrada y dos salidas duales, bipolares o simétricas, sin transformador. Estas configuraciones están

indicadas para suministros de potencia de corriente continua y, más concretamente, en aplicaciones que requieran dos tensiones de salida de la misma magnitud, pero de diferente signo, a partir de una única alimentación de entrada sin necesidad de un transformador. Este objeto de la invención se alcanza con el convertidor de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas.

La presente invención describe convertidores CC-CC resonantes de una sola entrada y dos salidas, sin necesidad de un transformador, con un único circuito resonante, que requiere para su funcionamiento de un único interruptor de potencia, con un único circuito de control. Esto redunda en un tamaño menor, un peso menor, mayor densidad de potencia y una simplicidad mayor respecto de los sistemas SIDO conocidos. Esto se consigue con un circuito resonante de corriente continua, con una fuente única de CC conectada en serie con un inductor y con un interruptor de potencia. De forma novedosa, las dos tensiones de salida simétricas comparten la fuente de corriente continua, el inductor de entrada, el interruptor de potencia y el circuito tanque resonante, en cualquier caso, sin necesidad de transformador. También se dispone de una tensión doble obtenida entre las tensiones de salida positiva y negativa.

La presente invención es aplicable, por tanto, en sistemas de alimentación CC-CC que requieran dos tensiones de salida simétrica del mismo valor, pero de distinto signo, y en el campo de la electrónica, bien directamente, bien en cualquiera de sus aplicaciones finales, como son las fuentes de alimentación industriales, las comunicaciones, la computación, la robótica, los vehículos eléctricos, iluminación LED, así como dispositivos médicos, sistemas fotovoltaicos, microrredes de CC bipolares de baja tensión, sistemas de asistencia avanzada al conductor (ADAS) para vehículos, como sistemas de detección (cámaras de marcha atrás y frontales) de ciclistas o peatones, y sistemas inteligentes de control de velocidad (suministros en este caso de 12 V y 24 V) donde el espacio disponible, el tamaño reducido y la alta densidad de potencia, son aspectos que se deben tener en cuenta.

Las soluciones consultadas, según el estado de la técnica, contemplan el uso de varios interruptores de potencia y/o un transformador para obtener dos tensiones de salidas duales, bipolares o simétricas (Symmetric Outputs, Bipolar Output, Single-Input Dual-Output (SIDO)), a partir de una única tensión de entrada. Las patentes ES2608255A1 y ES2676435A1, permiten dicha configuración, pero emplean técnicas de conmutación rectangular (hard switching) y proporcionan ventajas en muchas aplicaciones. Sin

embargo, las técnicas de conmutación resonantes (soft switching) consiguen conmutar al interruptor de potencia a mayor frecuencia, proporcionan menor tamaño y una mayor densidad de potencia. El gran número de patentes publicadas es un indicio de la importancia de los convertidores CC-CC SIDO.

5

Principalmente las ventajas de las estructuras cuasi resonantes desarrolladas se refieren al empleo de un solo interruptor, un solo circuito resonante, un solo circuito de control y proporcionan dos tensiones de salidas duales, bipolares o simétricas, sin la necesidad de utilizar un transformador. Además, la conmutación resonante (soft switching) consigue conmutar al interruptor de potencia a mayor frecuencia y a corriente o tensión cero, manteniendo un rendimiento aceptable, proporcionando menor tamaño, menor peso y una mayor densidad de potencia. Principalmente debido, a la reducción de las pérdidas asociadas con la conmutación (switching losses) y un funcionamiento a mayor frecuencia, lo cual redundará en un menor tamaño de los componentes empleados en la conversión.

15

Frente al estado de la técnica, la presente invención propone ocho nuevas configuraciones de convertidores CC-CC resonantes de una entrada y dos salidas simétricas, sin transformador, con una única fuente de CC conectada en serie con un inductor, con un interruptor de potencia junto con el diodo asociado y un solo circuito resonante, donde cuatro son de configuración ZVS y otras cuatro de configuración ZCS.

20

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones la palabra «comprende» y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención. En este sentido, el solicitante no conoce ningún circuito similar a la invención, ni ningún circuito que sea tan ventajoso.

25

Los siguientes ejemplos y dibujos se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que limiten la presente invención. Además, la presente invención cubre todas las posibles combinaciones de realizaciones particulares y preferidas aquí indicadas, en la medida en que entren dentro del alcance de las reivindicaciones.

30

Breve descripción de las figuras

35

FIG.1 describe un convertidor ZVS-QR combinado de media onda tipo M.

FIG.2 describe un convertidor ZVS-QR combinado de onda completa tipo M.

FIG.3 describe un convertidor ZVS-QR combinado de media onda tipo L.

FIG.4 describe un convertidor ZVS-QR combinado de onda completa tipo L.

FIG.5 describe un convertidor ZCS-QR combinado de media onda tipo M.

FIG.6 describe un convertidor ZCS-QR combinado de onda completa tipo M.

5 FIG.7 describe un convertidor ZCS-QR combinado de media onda tipo L.

FIG.8 describe un convertidor ZCS-QR combinado de onda completa tipo L.

Explicación detallada de un modo de realización de la invención

10 Tal y como se ha descrito con anterioridad, la presente invención se refiere a nuevas configuraciones aplicables a sistemas de corriente continua (CC) para la conversión de tensión y la obtención de dos tensiones de salida simétricas, bipolares y duales sin necesidad de utilizar un transformador, empleando técnicas y convertidores CC-CC resonantes, con un solo interruptor. Es, por tanto, aplicable en sistemas de alimentación
15 CC-CC que requieran dos tensiones de salida simétricas del mismo valor, pero de distinto signo.

Las estructuras desarrolladas no aisladas están constituidas por una única entrada y dos salidas. En todas las realizaciones prácticas se muestra el mismo número de
20 componentes y dispositivos en la parte frontal: una fuente de corriente continua (V_G), un inductor (L_1), un interruptor de potencia (Q) y un circuito tanque resonante (L_R , C_R), dando lugar a nuevas configuraciones de una sola entrada y dos salidas simétricas (R_{load1} y R_{load2}) sin transformador.

25 En la presente invención se han derivado ocho topologías resonantes combinadas, que no requieren ni de transformador, ni de varios inductores de entrada, ni de varios interruptores controlados, ni de varios circuitos resonantes. Por ejemplo, en las FIGS.1-4 se muestran distintas configuraciones de un convertidor ZVS-QR (interruptor conmutado a tensión cero cuasi resonante) y en las FIGS. 5-8 se muestran distintas configuraciones
30 de un convertidor ZCS-QR (interruptor conmutado a corriente cero cuasi resonante).

En todas las realizaciones se proporcionan dos tensiones de salida bipolares o simétricas (R_{load1} y R_{load2}) sin transformador, al mismo tiempo que proporcionan una doble tensión obtenida entre las tensiones de salida positiva y negativa (R_{load3}) desde una sola entrada
35 (V_G) con un único interruptor de potencia (Q), una sola inductancia de entrada (L_1) y un único tanque resonante (L_R , C_R).

En todas las topologías hay una parte frontal y una parte posterior. La parte frontal tiene en todos los circuitos los mismos elementos: una fuente de corriente continua (V_G), un único inductor de entrada (L_1), un único interruptor de potencia (Q) junto con un diodo asociado (D_Q) y un único tanque resonante (L_R , C_R). Es precisamente en dicha parte frontal donde se realiza la acción resonante originada por el único tanque resonante (L_R , C_R) y la conmutación a corriente o tensión cero del interruptor de potencia, en función de cada realización específica.

La parte posterior, sin embargo, es idéntica en todas las topologías de las FIGS. 1-8, formada por dos condensadores de enlace (C_1 , C_2), dos inductores de filtro (L_2 , L_3), dos diodos de libre circulación (D_1 , D_2) y tres cargas (R_{load1} , R_{load2} , R_{load3}).

La principal ventaja de las configuraciones descritas es que se permite la implementación de salidas bipolares con un solo interruptor de potencia (Q) controlable empleando la técnica de conmutación suave. Esto puede ser una solución interesante para muchas aplicaciones que requieren un tamaño pequeño y una alta densidad de potencia. Las ventajas y desventajas de cada configuración deben ser analizadas y comparadas individualmente para cada caso y aplicación específica.

Desde un punto de vista general, los convertidores ZVS-QR (FIGS. 1-4) son más utilizados que los convertidores ZCS-QR (FIGS. 5-8) principalmente porque la capacidad parásita asociada con el interruptor (Q) puede incorporarse como parte del condensador resonante requerido. Además, en los convertidores ZCS-QR, la carga almacenada en la capacidad parásita asociada al interruptor (Q) se disipa en el propio interruptor (Q) en conducción.

Las configuraciones tipo L (FIGS. 3-4-7-8) y tipo M (FIGS. 1-2-5-6) tienen un comportamiento similar. El condensador resonante (C_R) de las configuraciones tipo M está sometido a una tensión de pico más baja, aunque bipolar. La principal ventaja de los convertidores ZCS-QR tipo L es que, para algunas configuraciones, el condensador resonante (C_R) puede ser asociado a la capacidad parásita del diodo de libre circulación (D_Q).

Con respecto a las versiones de media onda (figuras 1, 3, 5 y 7) y de onda completa (figuras 2, 4, 6 y 8), para las mismas condiciones, el funcionamiento de onda completa requiere una frecuencia de conmutación más baja (mayor período de conmutación) de

funcionamiento y proporcionan una regulación de carga significativamente mejor que las versiones de media onda. Las configuraciones ZVS-QR de onda completa (figuras 2 y 4) y las ZCS-QR de media onda (figuras 5 y 7) requieren de un diodo (D_S) adicional para realizar la acción resonante, el cual no es necesario en el resto de las configuraciones.

REIVINDICACIONES

1.- Un circuito convertidor resonante que comprende una parte frontal y una parte posterior, donde la parte frontal consiste en una fuente única de corriente continua (V_G) conectada en serie con un único inductor de entrada (L_1), un único interruptor de potencia (Q) junto con un diodo asociado (D_Q) y un único circuito tanque resonante (L_R , C_R); y donde la parte posterior consiste en dos condensadores de enlace (C_1 , C_2), dos inductores de filtro (L_2 , L_3), dos diodos de libre circulación (D_1 , D_2) y tres cargas (R_{load1} , R_{load2} , R_{load3})

caracterizado porque

el circuito convertidor resonante está configurado para proporcionar dos tensiones de salida bipolares o simétricas (R_{load1} , R_{load2}) al mismo tiempo que proporciona una doble tensión (R_{load3}) obtenida entre las tensiones de salida positiva (R_{load1}) y negativa (R_{load2}) desde la fuente única de corriente continua (V_G).

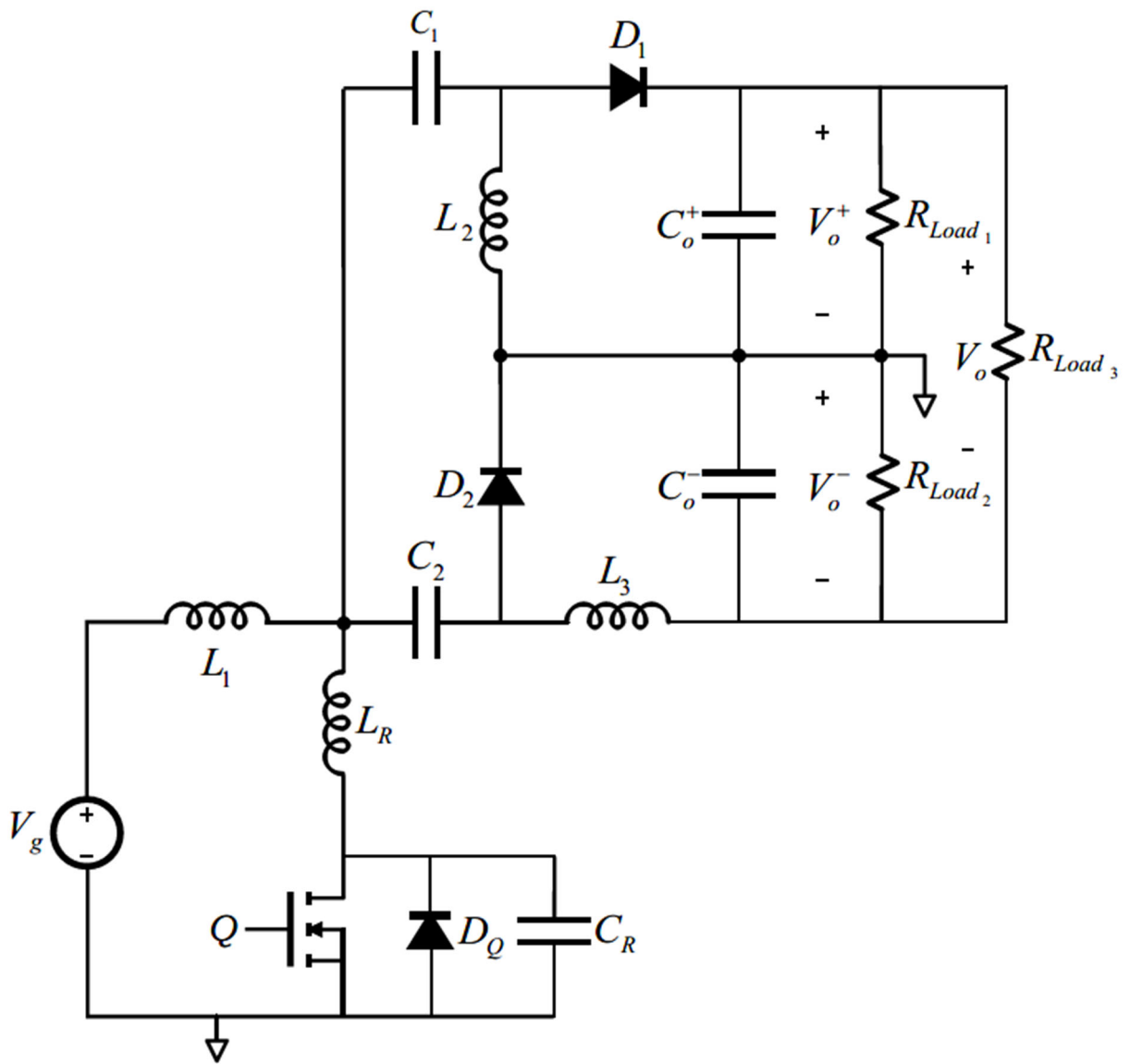


Fig. 1

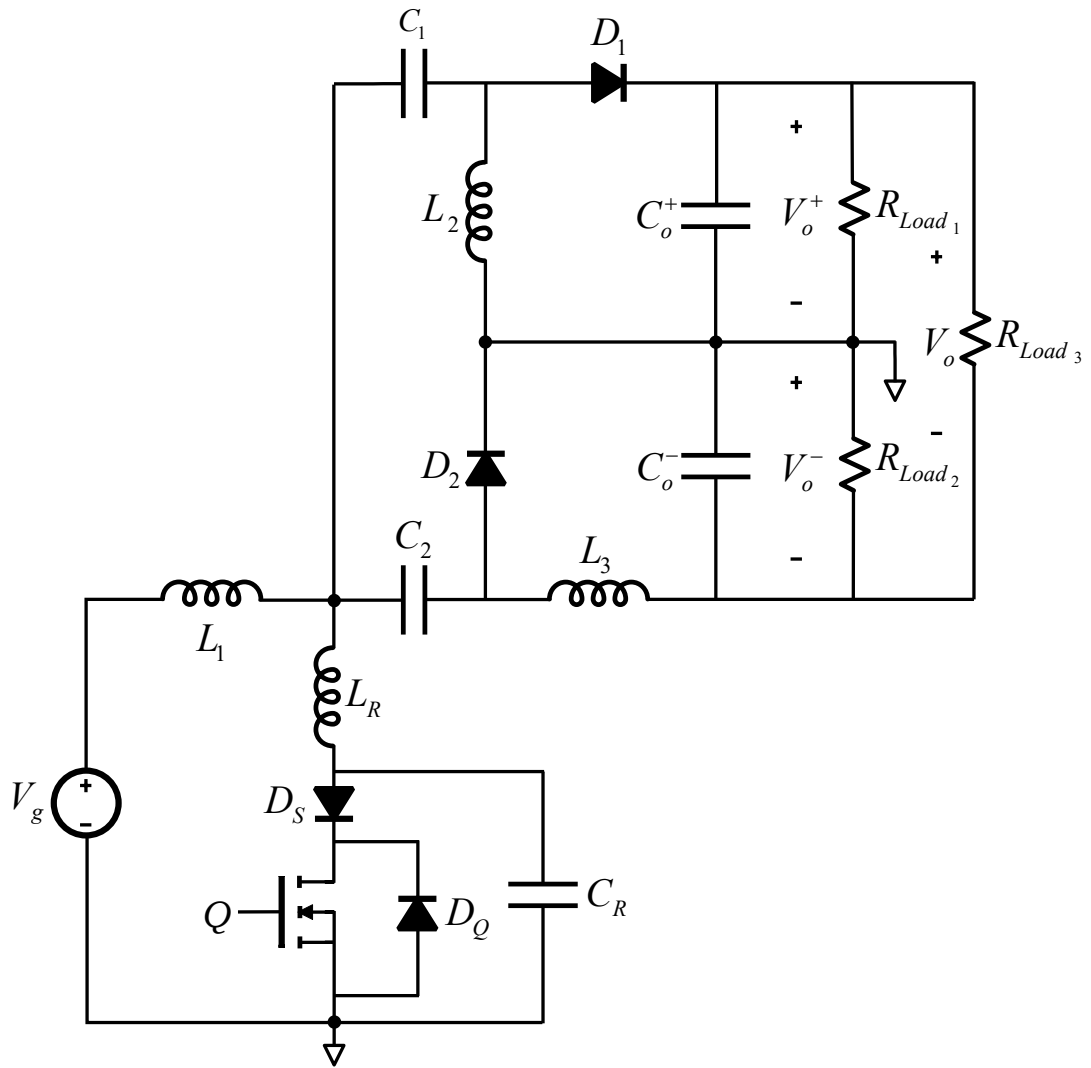


Fig. 2

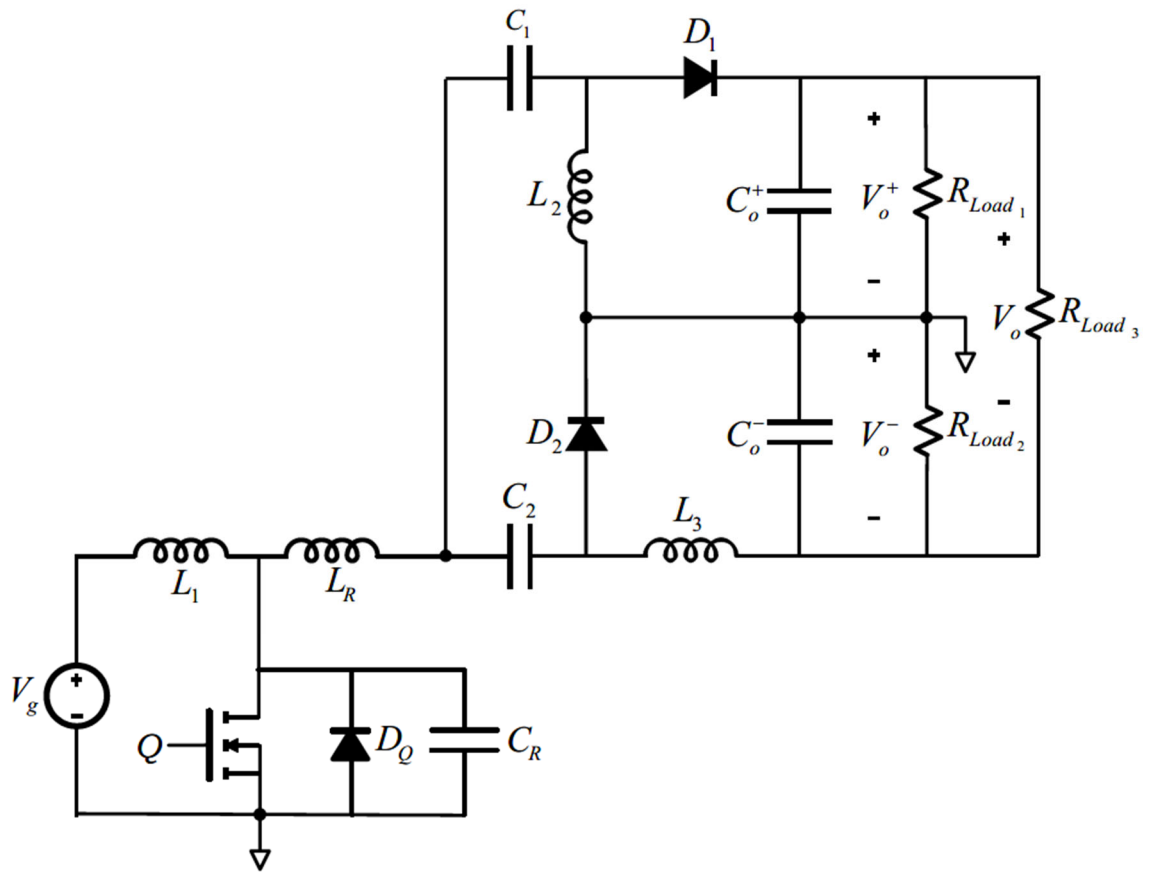


Fig. 3

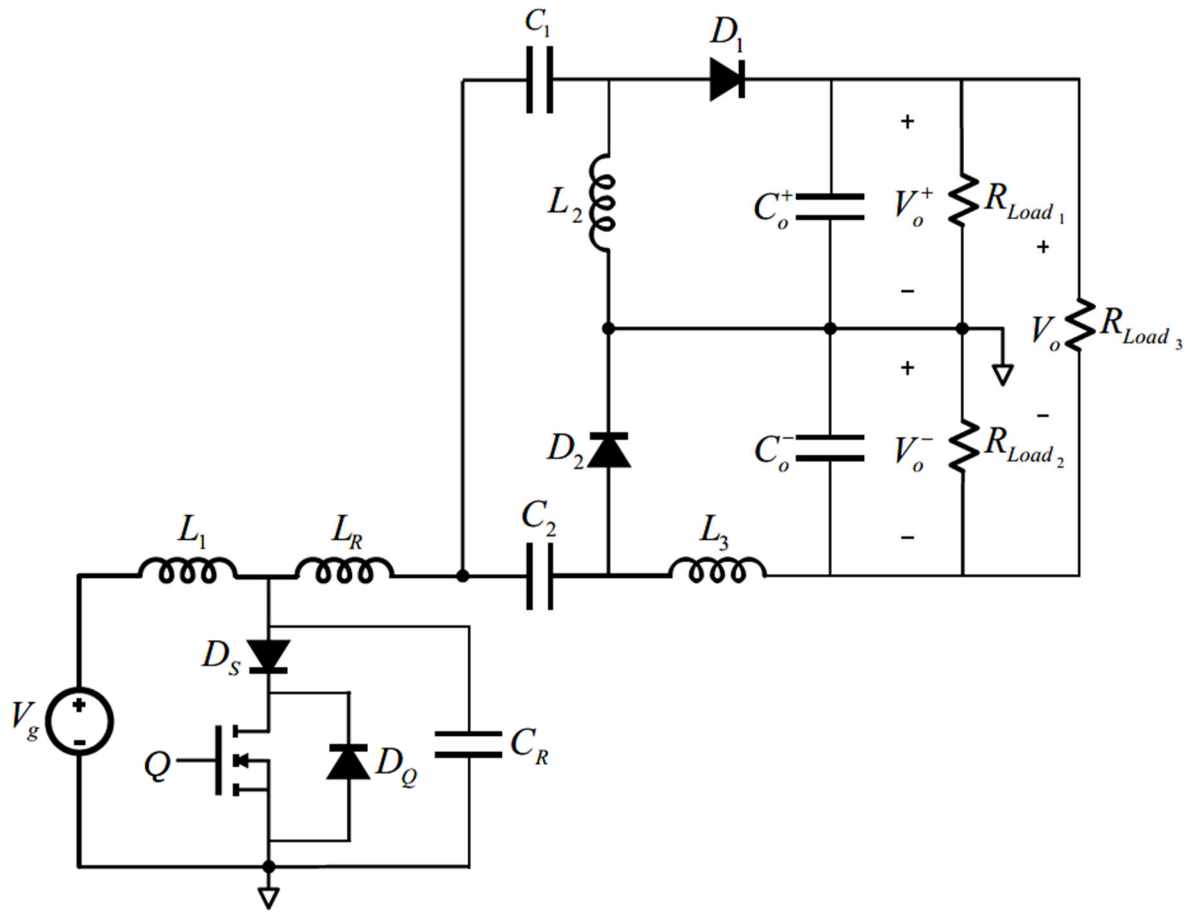


Fig. 4

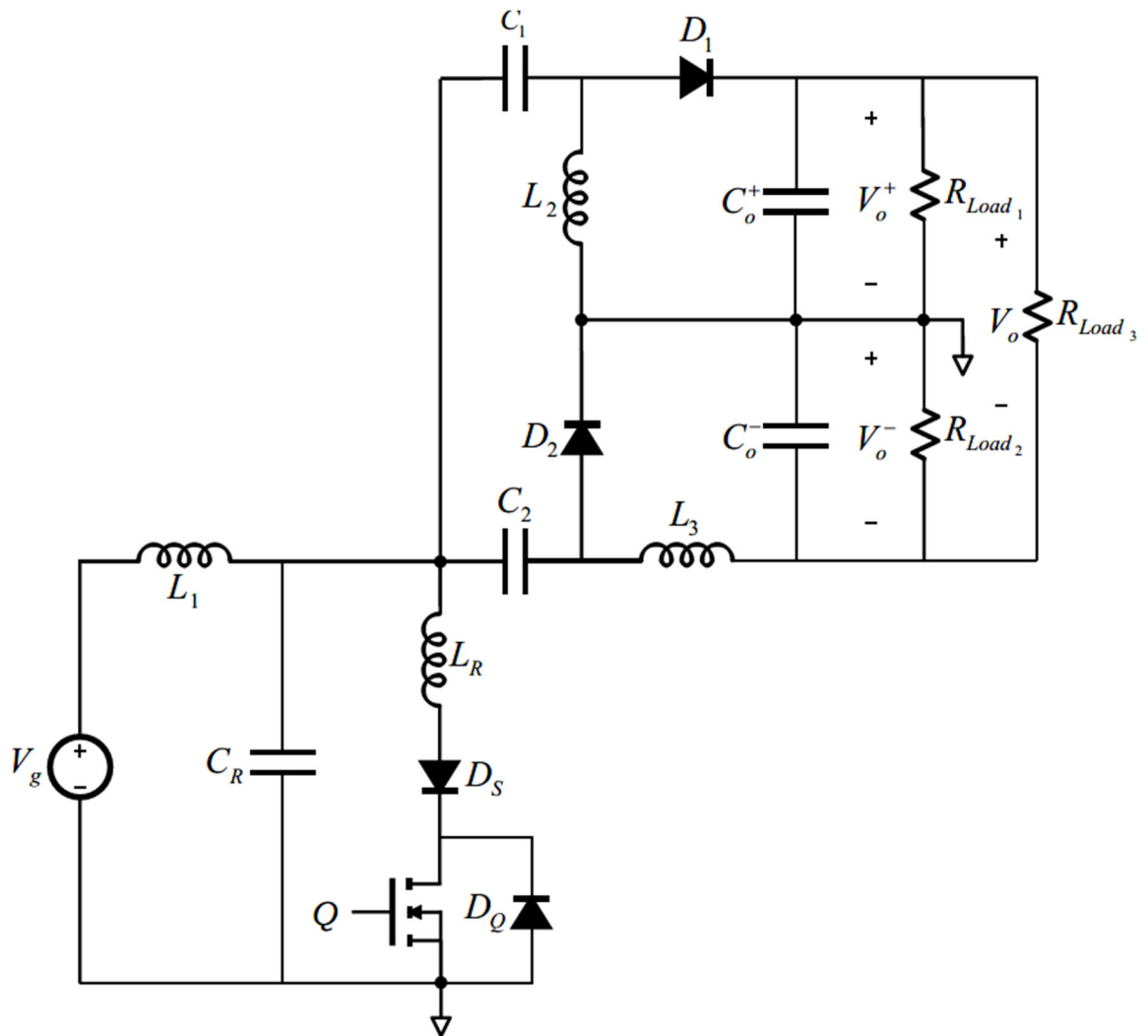


Fig. 5

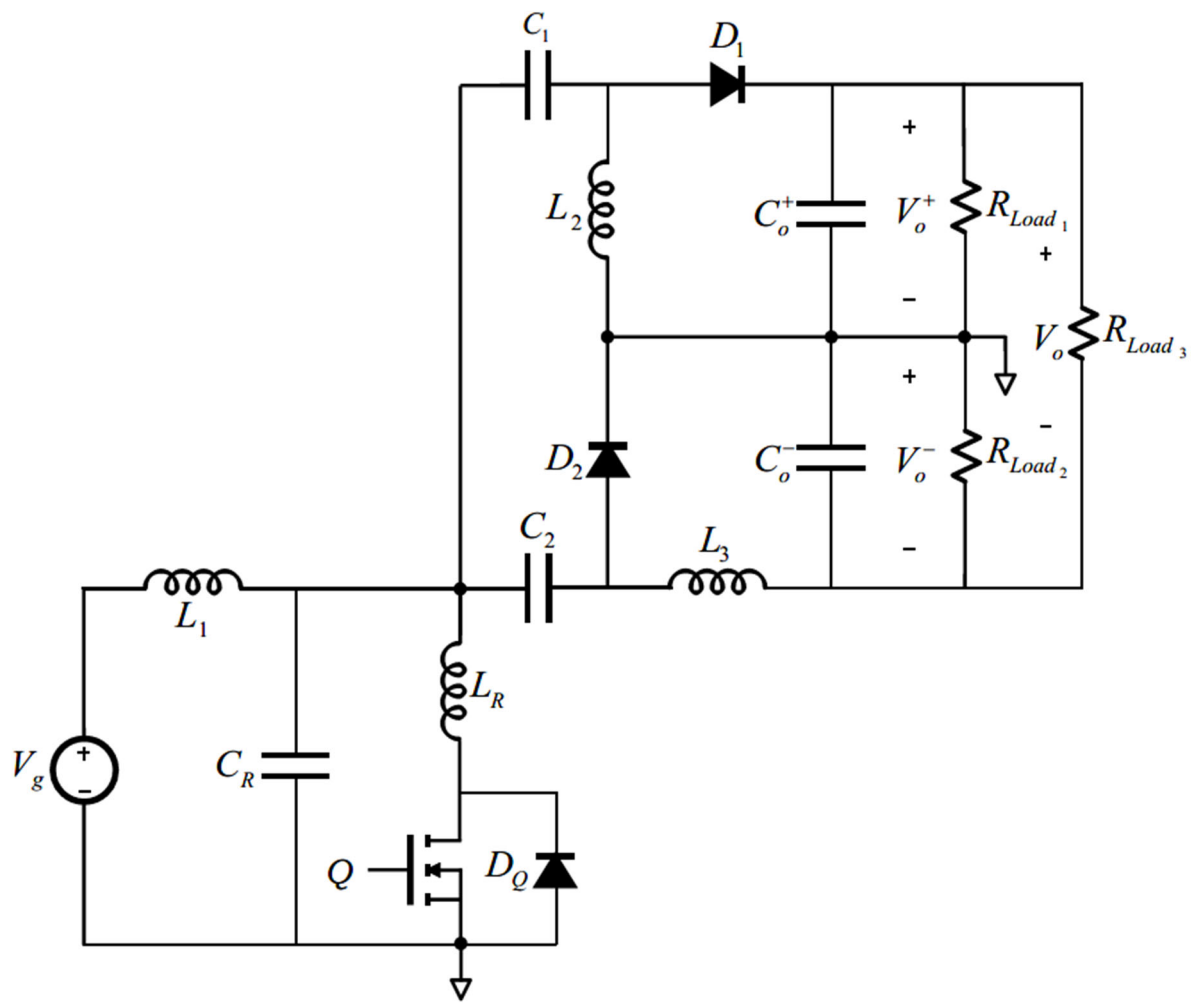


Fig. 6

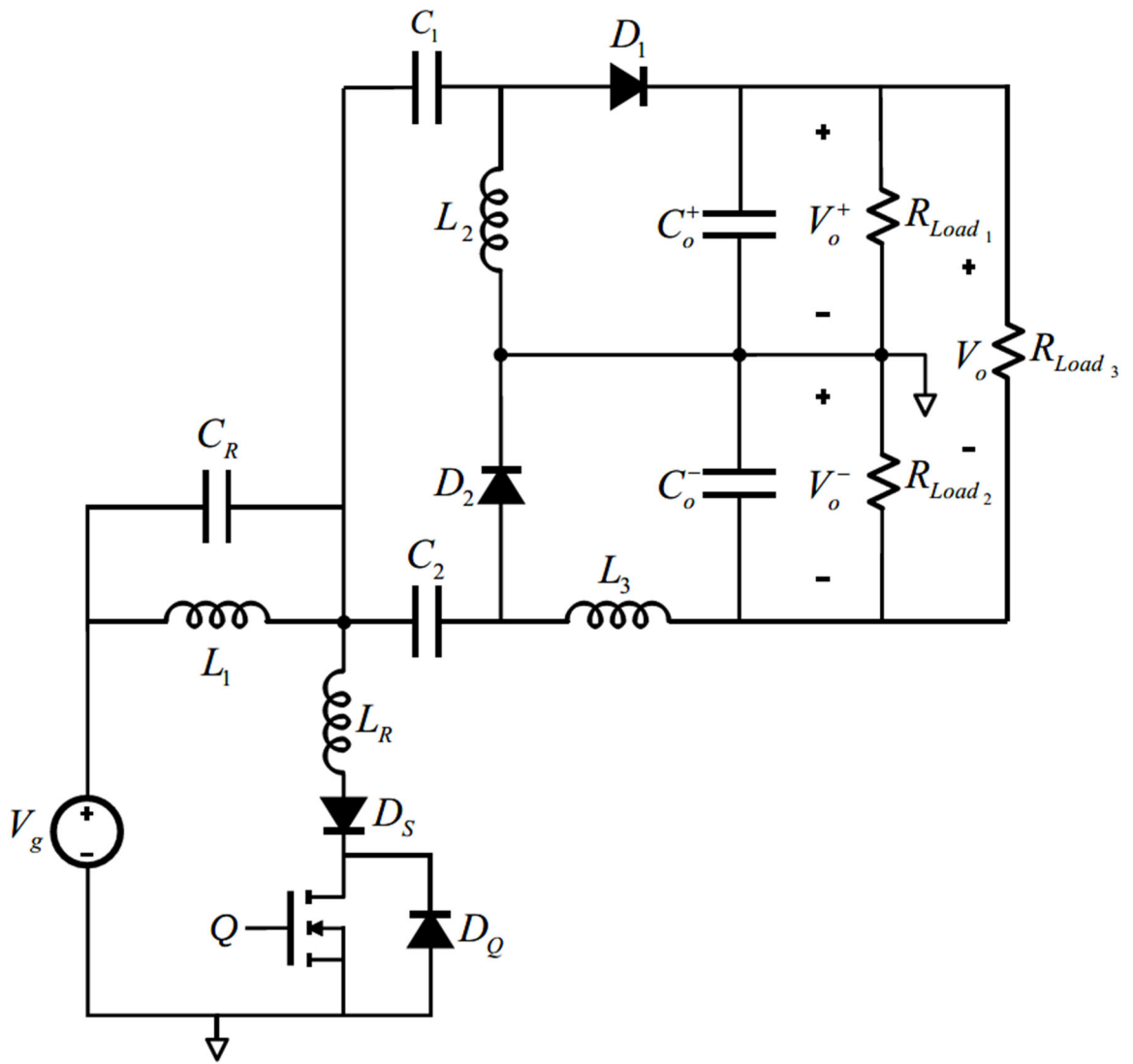


Fig. 7

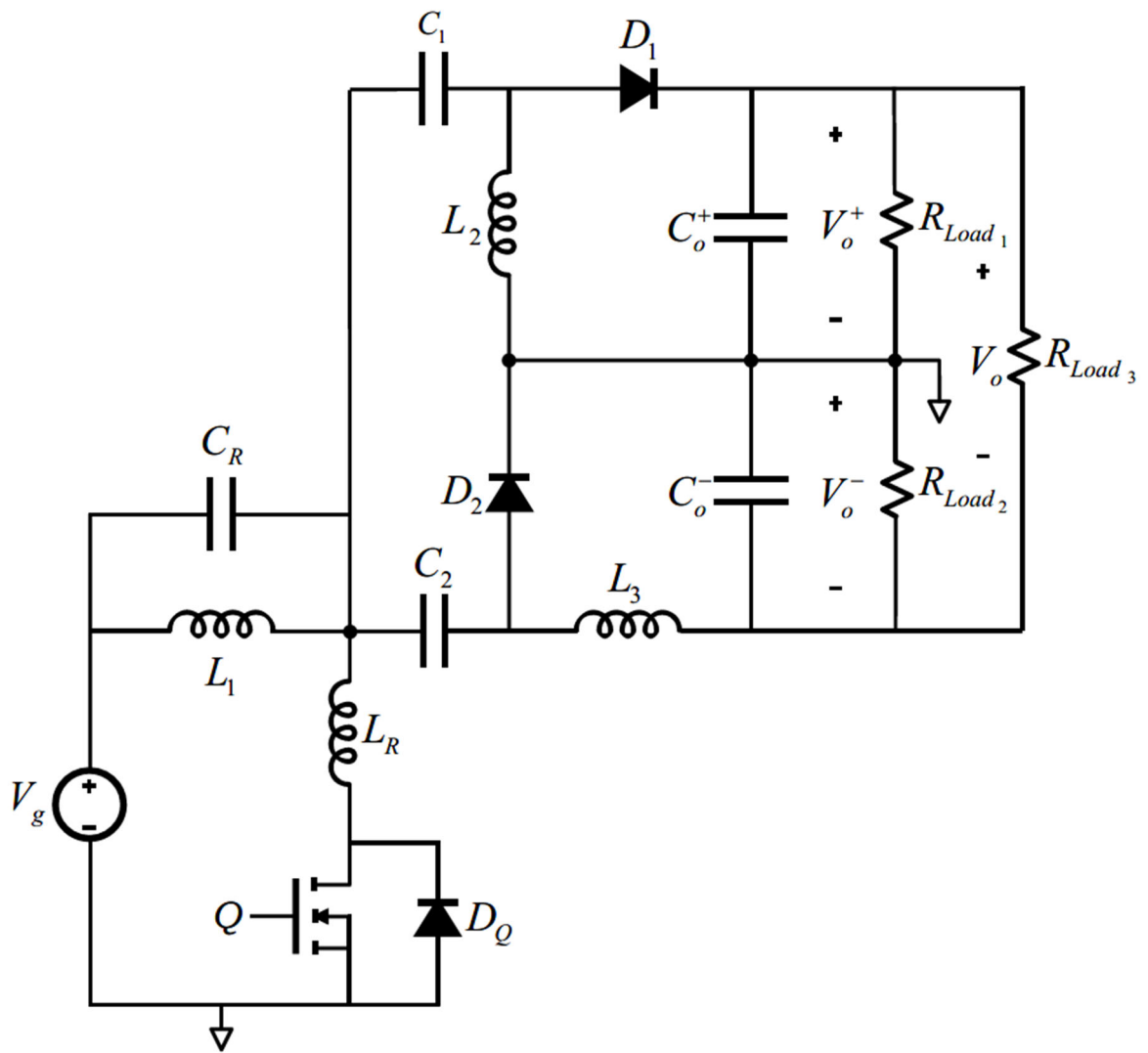


Fig. 8