

CAPÍTULO REIVINDICATORIO MODIFICADO
(Primer Examen de Fondo)

1. Un dispositivo para compensación de tensión en corriente directa que comprende:
 - un EDLC (2) con un terminal positivo y un terminal negativo;
 - un primer medidor de voltaje (9A) con velocidad de lectura en intervalos entre $1\ \mu s$ y $500\ ms$ y dispuesto operativamente en el EDLC (2);
 - un primer medidor de corriente (8A) con velocidad de lectura en intervalos entre $1\ \mu s$ y $10\ \mu s$ y dispuesto operativamente en el EDLC (2);
 - un conversor DC/DC (7A) con corriente de conmutación entre 500 Hz y 100 KHz, conectado al EDLC (2) y al primer medidor de corriente (8A); y
 - una unidad de cómputo (11A) conectada al conversor DC/DC (7A), al primer medidor de voltaje (9A) y al primer medidor de corriente (8A);

donde la unidad de cómputo (11A) está configurada para que con base en las señales del primer medidor de voltaje (9A) y del primer medidor de corriente (8A) verifique y registre la tensión de línea, las variaciones de voltaje y corriente del EDLC (2) y determine un diferencial de voltaje y corriente del EDLC (2) para controlar el conversor DC/DC (7A) y compensar la tensión en corriente directa.

2. El dispositivo de la Reivindicación 1, donde el conversor DC/DC (7A) está conectado a un acondicionador de fuente (6A) y el primer medidor de corriente (8A) conectado al acondicionador de fuente (6A).

3. El dispositivo de la Reivindicación 1, donde el conversor DC/DC (7A) está conectado a una unidad de protección y control (26) que tiene una entrada de potencia y una salida de potencia y el primer medidor de corriente (8A) conectado a la salida de la unidad de protección y control (26); la unidad de cómputo (11A) conectada a la unidad de protección y control (26), donde el conversor DC/DC (7A) está conectado a la salida de potencia de la unidad de protección y control (26).

4. El dispositivo de la Reivindicación 1, donde el conversor DC/DC (7A) está conectado a un dispositivo de arranque suave (3A) y la unidad de cómputo (11A) conectada al dispositivo de arranque suave (3A).
5. El dispositivo de la Reivindicación 1, donde el conversor DC/DC (7A) está conectado a un dispositivo de arranque suave (3A); una unidad de protección y control (26) con una entrada de potencia y una salida de potencia, el dispositivo de arranque suave (3A) conectado a la salida de la unidad de protección y control (26) y a la unidad de cómputo (11A); la unidad de protección y control (26) conectada a la unidad de cómputo (11A).
6. El dispositivo de la Reivindicación 3, donde en la unidad de protección y control (26) está conectado operativamente en su salida de potencia un segundo medidor de voltaje (4A) con velocidad de lectura en intervalos entre $1\mu s$ y $10\mu s$ y un segundo medidor de corriente (5A) con velocidad de lectura en intervalos entre $1\mu s$ y $10\mu s$; la unidad de cómputo (11A) está conectada al segundo medidor de voltaje (4A) y al segundo medidor de corriente (5A).
7. El dispositivo de la Reivindicación 1, donde el conversor DC/DC (7A) está conectado a un acondicionador de fuente (6A); un dispositivo de arranque suave (3A) está conectado al acondicionador de fuente (6A) y a la unidad de cómputo (11A); una unidad de protección y control (26) está conectada al dispositivo de arranque suave (3A), al acondicionador de fuente (6A) y a la unidad de cómputo (11A); un segundo medidor de voltaje (4A) dispuesto operativamente en la unidad de protección y control (26) y está conectado a la unidad de cómputo (11A); un segundo medidor de corriente (5A) dispuesto operativamente entre la unidad de protección y control (26) y el acondicionador de fuente (6A) y está conectado a la unidad de cómputo (11A).
8. Un método para compensación de tensión en corriente directa que comprende las siguientes etapas:

- e- verificar que la tensión de línea esté entre un límite inferior de voltaje de operación y un límite superior de voltaje de operación pre-configurados por un usuario en un registro de memoria de una unidad de cómputo (11A) y pasar a la etapa (g); si la tensión de línea supera dichos límites de voltaje de operación se verifica una condición de detención;
- g- verificar que la variación de voltaje del EDLC (2) sea inferior a un límite de variación de voltaje del EDLC (2) y que la variación de corriente de carga del EDLC (2) sea inferior a un límite de variación de la corriente de carga del EDLC (2) pre-configurados por un usuario en un registro de memoria de la unidad de cómputo (11A);
si dichas variaciones no superan dichos límites verificar que la corriente de carga del EDLC (2) sea inferior a un límite de corriente de operación del EDLC (2) para controlar un convertor DC/DC (7A) y verificar el modo de funcionamiento del convertor DC/DC (7A), si dichas variaciones superan dichos límites entonces realizar una desconexión;
- h- verificar si el modo de funcionamiento del convertor DC/DC (7A) es modo *Boost*; si el modo de funcionamiento del convertor DC/DC (7A) es modo *Boost*, comprobar que el voltaje de carga del EDLC (2) esté en un rango definido por un límite superior de voltaje de operación del EDLC (2) y un límite inferior de voltaje de operación del EDLC (2) pre-programados por un usuario en un registro de memoria de la unidad de cómputo (11A) y mantener la corriente de carga del EDLC (2); y
- i- registrar los cambios de la corriente del EDLC (2), el voltaje del EDLC (2) y de la línea de tensión, y con base en dichos cambios determinar un diferencial de corriente y voltaje, donde la unidad de cómputo (11A) calcula en cada intervalo un valor promedio de voltaje y corriente con base en valores anteriores y actuales de voltaje y corriente;

donde la etapa (i) se ejecuta periódicamente de la etapa (e) a la etapa (h) con un intervalo entre 1 μ s y 10 μ s independientemente de las otras etapas, y

donde la variación de corriente se calcula con medidas de voltaje tomadas con un primer medidor de voltaje (9A) con velocidad de lectura en intervalos entre $1\ \mu\text{s}$ y $500\ \text{ms}$ y las variaciones de corriente se calculan con medidas de corriente de un primer medidor de corriente (8A) con velocidad de lectura en intervalos entre $1\ \mu\text{s}$ y $10\ \mu\text{s}$.

9. El método de la Reivindicación 8, donde después de la etapa (e) se incluye una etapa (f) donde se espera a que el voltaje del EDLC sea igual a un valor pre-configurado por un usuario en un registro de memoria de la unidad de cómputo y pasar a una etapa (a) antes de la etapa (e), en la que se espera una señal de inicio de una unidad de cómputo; y en la etapa (e) la verificación de la condición de detención se realiza verificando las siguientes condiciones:

- A- si se presenta un evento de detención pasar a la etapa (f); y
- B- si no se presenta un evento de detención repetir la etapa (e).

10. El método de la Reivindicación 8, donde en la etapa (g), dicha verificación se realiza siguiendo estas condiciones:

- B- si las variaciones de voltaje y corriente del EDLC no superan un límite de variación de voltaje de carga del EDLC ni un límite de variación de corriente de carga del EDLC comparar si la corriente de carga del EDLC es inferior a un límite de corriente de operación del EDLC pre-configurados por un usuario en un registro de memoria pasar a la etapa (h);
- C- si la corriente de carga del EDLC es superior al límite de corriente de operación del EDLC pre-configurado por un usuario, comprobar el modo de funcionamiento del convertidor DC/DC, si el modo de funcionamiento del convertidor DC/DC es modo *Boost*, y
- D- si la medida de la corriente de carga del EDLC es menor a un valor de la corriente del EDLC pre-configurado por un usuario en un registro de memoria durante un tiempo dado por un número K veces más un número N de datos en un instante de tiempo Δt , donde el número N de datos en un instante Δt de tiempo es menor a la mitad del periodo de la señal de PWM; y

F- si el modo de funcionamiento del conversor DC/DC no es modo *Boost* entonces se repite la etapa (g);
donde la duración del pulso de la señal de PWM está entre 0 μ s y 340 μ s.

11. El método de la Reivindicación 10, donde después de la etapa (e) se incluye una etapa (f) donde se espera a que el voltaje del EDLC sea igual a un valor pre-configurado por un usuario en un registro de memoria de la unidad de cómputo y pasar a una etapa (a) antes de la etapa (e), en la que se espera una señal de inicio de una unidad de cómputo; antes de la condición B de la etapa (g) se verifica la siguiente condición A:

A- si la variación de voltaje del EDLC supera un límite de variación de voltaje del EDLC o si la variación de corriente del EDLC supera un límite de variación de corriente de carga del EDLC pasar a la etapa (f).

12. El método de la Reivindicación 11, donde después de la condición D de la etapa (g) se verifica la siguiente condición E:

E- si no se cumple la condición D se pasa a la etapa (f), si se cumple la condición D se repite la etapa (g).

13. El método de la Reivindicación 8, donde en la etapa (h) si el modo de funcionamiento del conversor DC/DC es modo *Boost* entonces se verifican las siguientes condiciones:

B- si la medida de la corriente de carga del EDLC es menor a un valor de la corriente del EDLC pre-configurado por un usuario en un registro de memoria durante un tiempo dado por un número K veces más un número N de datos en un instante Δt de tiempo, donde el número N de datos en un instante Δt de tiempo es menor a la mitad del periodo de la señal de PWM;

C- si se cumple la condición B se compara la corriente promedio con la corriente máxima de operación del EDLC;

D- si la corriente promedio es menor que la corriente máxima de operación del EDLC se incrementa el ciclo útil de la señal PWM del conversor DC/DC y se repite

la etapa (h), si la corriente promedio es mayor que la corriente máxima de operación del EDLC entonces se repite la etapa (h);

E- si no se cumple la condición B entonces se disminuye el ciclo útil de la señal de PWM del convertor DC/DC y se compara la corriente promedio con la corriente máxima de operación del EDLC; y

F- si la corriente promedio es menor que la corriente máxima de operación del EDLC se incrementa el ciclo útil de la señal PWM del convertor DC/DC y se repite la etapa (h), si la corriente promedio es mayor que la corriente máxima de operación del EDLC se repite la etapa (h);

donde la duración del pulso de la señal de PWM está entre 0 μ s y 340 μ s.

14. El método de la Reivindicación 13, donde antes de la etapa (h) se incluye una etapa (a) en la que se espera una señal de inicio de una unidad de cómputo; en la etapa (h), antes de verificar la condición B se verifica la siguiente condición A:

A- si el voltaje de carga del EDLC no está en el rango definido por un límite superior de voltaje de operación del EDLC y un límite inferior de voltaje de operación del EDLC pre-configurados por un usuario en un registro de memoria, se baja la corriente aplicando una rampa con duración inferior a un segundo a un régimen entre 300 V/s y 900 V/s y se pasa a la etapa (e); y si el voltaje de carga del EDLC está en del rango definido por dichos límites, entonces se verifica una medida de la corriente de carga del EDLC y se verifica la condición B.

15. El método de la Reivindicación 8, donde en la etapa (h) si el modo de funcionamiento del convertor DC/DC no es modo *Boost* entonces se realiza la verificación de las siguientes condiciones:

B- si el voltaje de carga del EDLC no supera un voltaje de carga máximo del EDLC pre-configurado en un registro de memoria entonces se compara si la tensión de línea es mayor que el voltaje de operación del EDLC, si la tensión de línea es mayor que el voltaje de operación del EDLC entonces se compara la corriente promedio con la corriente máxima de operación del EDLC;

- C- si la corriente promedio es mayor que la corriente máxima de operación del EDLC entonces se disminuye el ciclo útil de la señal PWM del convertor DC/DC; y
- D- si la corriente promedio es menor que la corriente máxima de operación del EDLC entonces se incrementa el ciclo útil de la señal PWM del convertor DC/DC y se repite la etapa (h).

16. El método de la Reivindicación 15, donde antes de la etapa (h) se incluye una etapa (a) en la que se espera una señal de inicio de una unidad de cómputo; en la etapa (h) antes de la condición B se incluye la siguiente condición A:

- A- comparar el voltaje de carga del EDLC con un voltaje de carga máximo del EDLC pre-configurado por un usuario en un registro de memoria, si el voltaje de carga del EDLC supera dicho límite de voltaje entonces se baja la corriente aplicando una rampa con duración inferior a un segundo a un régimen entre 300 V/s y 900 V/s y se pasa a la etapa (e).

17. El método de la Reivindicación 16, donde en la etapa (h) después de la condición D se incluye la siguiente condición E:

- E- si no se cumple la condición B entonces se baja la corriente aplicando una rampa con duración inferior a un segundo a un régimen entre 300 V/s y 900 V/s y se pasa a la etapa (e).

18. El método de la Reivindicación 8, donde antes de la etapa (e) se incluye una etapa (a) en la que se espera una señal de inicio de una unidad de cómputo para pasar a la etapa (e).

19. El método de la Reivindicación 8, donde antes de la etapa (e) se incluye una etapa (b) para cerrar protecciones en una unidad de protección y control, y verificar que la tensión de línea, la corriente de carga de un EDLC se encuentren en un rango de voltaje y corriente pre-configurados por un usuario en un registro de memoria de una unidad de cómputo, si no se encuentran en dicho rango de valores pre-configurados se repite (b), de lo contrario se ejecuta la etapa (e).

20. El método de la Reivindicación 19, caracterizado porque la etapa (b) comprende las siguientes sub-etapas:

- i- cerrar protecciones de la unidad de protección y control;
- ii- comparar la tensión de línea y el voltaje mínimo de la línea de transmisión pre-configurado por un usuario en la unidad de cómputo, si la tensión de línea es menor que el voltaje mínimo de la línea de transmisión repetir la etapa (b), si la tensión de línea es mayor que el voltaje mínimo de la línea de transmisión pasar a la sub etapa (iii); y
- iii- comparar la corriente de almacenamiento del EDLC medida con un medidor de corriente con un valor pre-configurado en la unidad de cómputo, si la corriente de almacenamiento del EDLC es mayor que dicho valor pre-configurado repetir la etapa (b) y si la corriente de almacenamiento del EDLC es menor que dicho valor pre-configurado pasar a la etapa (c).

21. El método de la Reivindicación 11, donde antes de la etapa (e) se incluye una etapa (c) para verificar si el voltaje del EDLC es igual a un límite inferior de voltaje de operación del EDLC pre-configurado en un registro de memoria y verificar que la corriente de carga sea igual a la corriente de carga mínima, estas verificaciones se hacen siguiendo las siguientes condiciones:

- B- si el voltaje del EDLC es diferente a dicho límite inferior de voltaje de operación del EDLC pre-configurado, entonces verificar que la corriente de carga del EDLC se mantenga en un valor de un porcentaje de la corriente máxima de operación del EDLC pre-configurado en un registro de memoria;
- C- si la corriente de carga del EDLC es menor que dicho valor de la corriente máxima de operación del EDLC entonces se incrementa el ciclo útil de una señal PWM para controlar el convertidor DC/DC; y
- D- si la corriente de carga del EDLC es mayor que dicho valor de la corriente máxima de operación del EDLC entonces se disminuye el ciclo útil de la señal PWM para controlar el convertidor DC/DC y se repite la etapa (c).

22. El método de la Reivindicación 21, donde antes de la etapa (e) se incluye una etapa (d) para accionar un dispositivo de arranque suave con base en un valor dado por la resta entre la tensión de línea y el voltaje de operación del EDLC empleando la unidad de cómputo.

23. El método de la Reivindicación 22, donde en la etapa (c) antes de la condición B se verifica la siguiente condición A:

A- si el voltaje del EDLC es igual a dicho límite inferior de voltaje de operación del EDLC pre-configurado entonces pasar a la etapa (d).

24. El método de la Reivindicación 22, caracterizado porque la etapa (d) comprende las siguientes sub etapas:

- i- esperar a que la tensión de línea sea igual a un valor de un porcentaje definido del voltaje de operación del EDLC por un usuario; y
- ii- quitar la resistencia de carga y pasar a la etapa (e).

25. El método de la Reivindicación 8, donde la etapa (i) comprende las siguientes sub etapas:

- i- registrar el valor de la medida de corriente instantánea del EDLC con el segundo medidor de corriente;
- ii- calcular el cambio de la corriente instantánea del EDLC (ΔI) con la diferencia entre el valor de la sub etapa anterior (h) (i_t) y el valor anterior de la medida de corriente instantánea del EDLC ($i_{(t-1)}$), con la siguiente ecuación implementada en la unidad de cómputo:

$$\Delta I = i_t - i_{t-1}$$

- iii- calcular la corriente promedio del EDLC $\bar{I}$ restando el valor de la medida de corriente instantánea del EDLC más antiguo i_{t-N} , con la siguiente ecuación implementada en la unidad de cómputo:

$$\bar{I} = I - \frac{i_{t-N}}{2^N}$$

iv- reorganizar un vector de valores de medidas de corriente instantánea con la siguiente ecuación implementada en la unidad de cómputo:

$$i_{1-N} = i_{t-N*1} \dots i_{t-1} = i_t$$

v- recalcular la corriente promedio del EDLC $\bar{I}$ sumando el valor de la medida de corriente instantánea del EDLC actual i_{t-1} , con la siguiente ecuación implementada en la unidad de cómputo:

$$\bar{I} = \bar{I} + \frac{i_{t-1}}{2^N}$$

vi- volver a la sub etapa (i).