

Tarea 1

Modelamiento, implementación y Control de Micro-redes AC

Profesor: Alex Navas Fonseca
Auxiliares: Matías Alegría, Benjamín Moreno.

Introducción

Hoy en día, dependemos de la electricidad para hacer más cómodas nuestras vidas. Sin embargo, existen comunidades remotas hacia las cuales no se ha extendido la red eléctrica. En algunas de estas comunidades, el acceso a la energía eléctrica es un lujo que pueden darse por unas cuantas horas al día utilizando generadores basados en combustibles fósiles. Por otra parte, el uso de estas tecnologías se ve aún más limitado por el creciente costo del combustible.

El concepto de micro-red se comienza a utilizar en la literatura técnica para denominar a la integración de sistemas de generación distribuidos, sistemas de almacenamiento y cargas controlables operando de forma coordinada. Este concepto se ha vuelto importante para la integración de fuentes de energía renovable no convencionales a la red. Una micro-red puede operar conectado a la red eléctrica o de forma autónoma (i.e., desconectado de la red), y debe tener la capacidad de asegurar una transición exitosa entre ambos modos de operación. Cuando una micro-red no puede conectarse a la red eléctrica (por ejemplo, si están separadas por una gran distancia), se denomina micro-red aislada. Las micro-redes aisladas operan siempre en modo autónomo.

La correcta operación de la micro-red depende del diseño de sus lazos de control. Para una correcta operación, las micro-redes utilizan una estructura de control jerárquico con tres niveles: primario, secundario, y terciario. El nivel de mayor jerarquía es el control terciario encargado de gestionar el flujo de potencia entre la micro-red y la red principal, además de encargarse de encontrar el punto de operación económico óptimo para la micro-red; es también el control más lento. El control secundario recibe su referencia desde el control terciario y se encarga de compensar las desviaciones de voltaje y frecuencia causadas por el control primario. El control primario es el nivel más bajo de la jerarquía. Este controlador está encargado de regular el voltaje y la frecuencia de las unidades de generación, lograr la capacidad de conectar y utilizar los recursos de generación distribuida, y mitigar el fenómeno de corrientes circulantes que puede dañar los convertidores de potencia. En el control primario se encuentran lazos de control interno de voltaje y corriente que envían la tensión de referencia a los moduladores encargados de generar las señales de conmutación de los convertidores de potencia conectados a cada unidad de generación distribuida.

En la Figura 1 se observa el diagrama de bloques de los lazos de control primario para una micro-red aislada. En este también se presentan la estructura interna que considera cada una de las unidades de generación (o DG_i , como se tiene en la Figura 2), esta contiene los componentes eléctricos y mediciones necesarias que se utilizaran en los lazos de control. Además, cada inversor tiene su propio lazo de control droop, el cual se encarga de generar las referencias de tensión y frecuencia para los lazos internos del inversor.

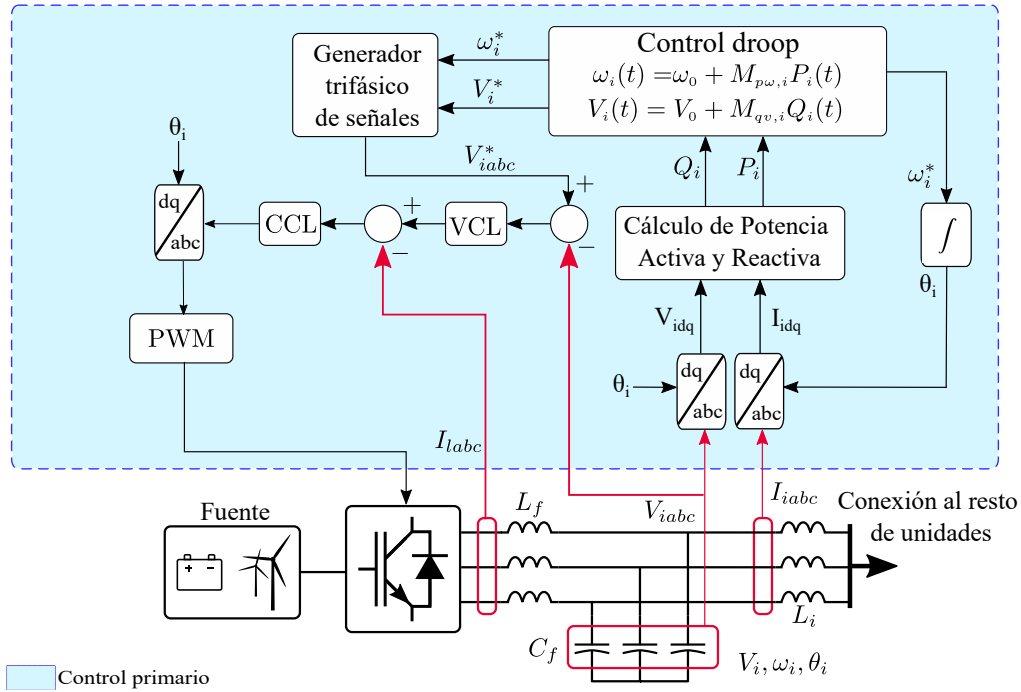


Figura 1: Diagrama de control de una micro-red.

La Figura 3 se muestra la implementación de un control secundario centralizado para una micro-red aislada. El lazo de control secundario es común para las unidades de generación distribuidas. Este controlador recibe la referencia de frecuencia y tensión de la micro-red, que se comparan con los valores de frecuencia y tensión medidos (ω_i y V_i , respectivamente). Esto con el fin de obtener las señales de restauración para corregir las desviaciones de frecuencia y tensión al lazo de control droop.

En este trabajo, se estudiará una micro-red compuesta por tres unidades de generación distribuida en paralelo y cargas RL. En particular, se les pedirá en esta tarea que diseñen los lazos de control interno para cada unidad de generación (DG_i), sus lazos de control droop, y un control secundario centralizado. Además, deberán implementar las transformadas abc/dq y diseñar un PLL (phase locked loop) para medir la frecuencia de la micro-red.

Pregunta 1: Diseño control interno de corrientes y voltajes (30 %)

Utilizando los parámetros de la tabla 1 construya la mico-red de la figura 2 en PLECS para resolver todas las preguntas.

- Construya la transformación abc a $\alpha\beta$ y de $\alpha\beta$ a dq.
- Construya un bloque para medir la potencia activa y reactiva de cada unidad de generación utilizando las variables en coordenadas dq.

Tabla 1: Parámetros de la micro-red a simular.

Variable	Valor
Tensión nominal	220 [V _{rms}]
Frecuencia nominal	50 [Hz]
Inductancia de filtro (L_f)	0.85 [mH]
Capacitancia de filtro (C_f)	70 [μF]
Inductancia de línea (L_l)	2.5 [mH]
Carga local 1 (Z_1)	$50 + j0.0999$ [Ω]
Carga local 2 (Z_2)	$22 + j0.1832$ [Ω]
Carga local 3 (Z_3)	$15 + j0.0953$ [Ω]

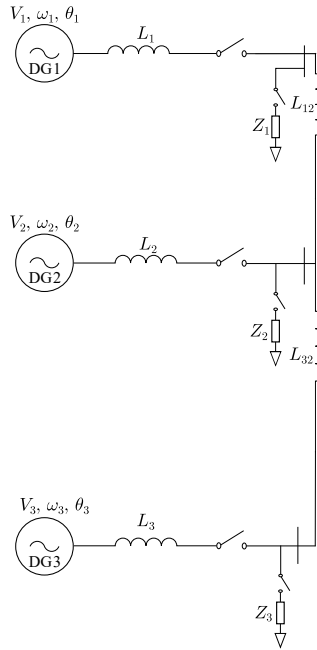


Figura 2: Micro-red a simular.

- Diseñe el lazo de control PI para la corriente con un rango de frecuencia entre 200 [Hz] y 1000 [Hz], y un coeficiente de amortiguamiento entre 0.5 y 0.9.
- Diseñe el lazo de control PI para el voltaje con tal de que opere de forma desacoplada con el lazo de control de corriente. Justifique la elección de los parámetros utilizados.
- Simule los lazos de control diseñados y analice su desempeño ante cambios de referencias.

HINT: se recomienda en PLECS utilice subsistemas para que pueda reutilizar los lazos de control del primario para los DGs que conforman la MG.

Pregunta 2: Diseño control primario, control droop (40 %)

- Utilizando la potencia máxima, los rangos de frecuencia y los rangos de tensión de la tabla 2, calcule la pendiente droop. Simule la micro-red utilizando la misma

pendiente de droop para las 3 unidades ante conexión y desconexión de cargas y analice resultados, ¿Qué ocurre con la potencia?

- Cambie las pendientes de droop para que cada unidad de generación tenga una pendiente distinta y analice resultados, ¿Qué ocurre con la potencia?
- Encuentre la pendiente máxima recomendada por alguna norma técnica en el control primario y a partir de ello, analice la importancia de la pendiente droop.

Tabla 2: Parámetros para el cálculo de las curvas de droop.

Variable	Valor
Potencia activa máxima	2.4 [kW]
Potencia reactiva máxima	1.2 [kvar]
Variación de frecuencia	0.1 % - 30 %
Variación de tensión	0.1 % - 30 %

Pregunta 3: Diseño control secundario centralizado (30 %)

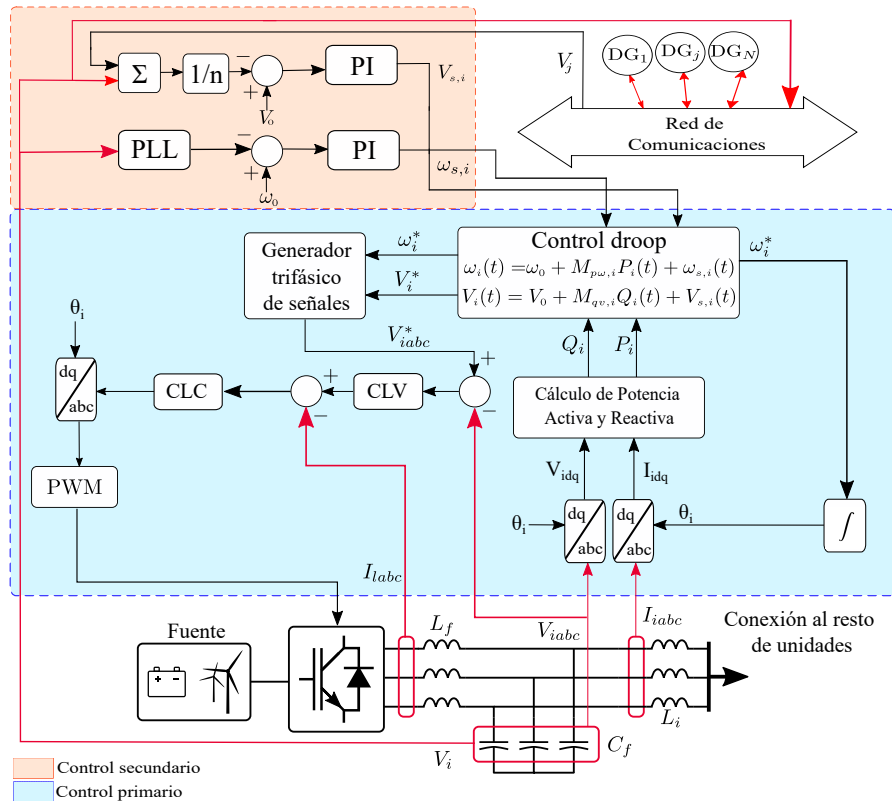


Figura 3: Micro-red a simular con secundario centralizado incluido.

- Diseñe un PLL para medir la frecuencia de la red y compare su medición con la frecuencia estimada en el control primario. Adicionalmente, haga una prueba donde

las 3 unidades de generación partan desconectadas de la red y conéctelas a la red al mismo tiempo, analice lo medido por el PLL en dicho instante.

- b) Diseñe el controlador secundario de restauración de frecuencia, de manera tal que opere desacoplado del control primario.
- c) Diseñe el controlador secundario de restauración de tensión para el promedio de tensión de la micro-red. Analice los resultados y responda: ¿Es posible que las tensiones de las unidades de generación lleguen al valor nominal?
- d) Implemente el PLL y el control secundario centralizado de frecuencia en su simulación de la micro-red y analice la evolución del sistema ante diferentes impactos de carga.

Extras

- a) Reemplace las inductancias de línea por líneas puramente resistivas y analice el sistema. ¿Hay algún problema? De ser así, realice las acciones necesarias para que el sistema funcione adecuadamente.
- b) Utilizando alguna técnica de la literatura, encuentre la pendiente crítica que haga inestable el sistema.

Entrega

Para la entrega de la tarea se solicita hacer entrega de un archivo *.zip* que contenga los siguientes documentos:

- Una simulación PLECS funcional para cada una de las preguntas.
- Breve reporte ejecutivo abordando lo solicitado en la tarea, de máximo 20 páginas, no se necesita introducción ni metodología.

La Fecha de entrega de la tarea es el: 11 de septiembre.