

Tabla de Contenido

| | |
|---|-----------|
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1. Motivación | 1 |
| 1.2. Objetivos | 2 |
| 1.2.1. Objetivo general | 2 |
| 1.2.2. Objetivos específicos | 2 |
| 1.2.3. Alcances | 2 |
| 1.2.4. Estructura del trabajo | 2 |
| 2. Marco teórico | 3 |
| 2.1. Características de una microrred | 3 |
| 2.2. Control <i>droop</i> | 4 |
| 2.3. Topologías de inversores | 5 |
| 2.3.1. <i>Grid-feeding</i> | 6 |
| 2.3.2. <i>Grid-forming</i> | 6 |
| 2.3.3. <i>Grid-supporting</i> | 7 |
| 2.3.3.1. Lazo de control de potencia | 8 |
| 2.3.3.2. Lazo de control de voltaje | 9 |
| 2.3.3.3. Lazo de control de corriente | 9 |
| 2.4. Diseño de filtro LC para inversores | 10 |
| 2.5. Estabilidad de pequeña señal en microrredes | 12 |
| 2.6. Criterio de estabilidad de <i>Middlebrook</i> | 12 |
| 2.7. Impedancia de pequeña señal | 12 |
| 3. Estado del arte | 14 |
| 3.1. Técnicas de medición de impedancia de pequeña señal de inversores | 14 |
| 3.1.1. Inyección de armónicos (técnica clásica) | 14 |
| 3.1.2. Inyección de onda cuadrada | 15 |
| 3.2. Caracterización teórica de la impedancia de pequeña señal de inversor con control <i>droop</i> | 17 |
| 3.3. Caracterización mediante simulaciones de la impedancia de pequeña señal de inversor con control <i>droop</i> | 20 |
| 4. Metodología | 22 |
| 4.1. Diseño | 22 |
| 4.2. Medición | 23 |
| 4.3. Validación | 23 |
| 5. Diseño | 24 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 5.1. | Diseño de filtro LC | 24 |
| 5.2. | Implementación en <i>PLECS</i> | 25 |
| 5.2.1. | Caso de estudio y escenarios | 25 |
| 5.2.2. | Diseño control <i>grid-supporting</i> | 26 |
| 5.2.3. | Resultados | 30 |
| 5.3. | <i>Typhoon HIL</i> | 31 |
| 6. | Medición | 34 |
| 6.1. | Programa de cálculo | 34 |
| 6.2. | Verificación del programa | 35 |
| 6.3. | Medición impedancia inversor en <i>PLECS</i> | 38 |
| 6.4. | Medición impedancia inversor en <i>Typhoon Hil</i> | 40 |
| 7. | Validación | 42 |
| 8. | Conclusiones | 45 |
| 8.1. | Trabajo futuro | 46 |
| | Bibliografía | 47 |
| | Anexos | 49 |
| A. | Procedimiento técnica de inyección de onda cuadrada | 49 |
| A.1. | Perturbación | 49 |
| A.2. | Fortescue del Fourier de corrientes armónicas | 49 |
| A.3. | Transformada de Park sobre Fourier de secuencias | 49 |
| B. | Código obtención de impedancia | 51 |