

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivo general	2
1.2.1. Objetivos específicos	2
1.3. Alcances	2
1.4. Estructura del documento	3
2. Marco referencial	4
2.1. Equivalentes dinámicos tradicionales en SEP	4
2.1.1. Métodos de identificación de coherencia	5
2.1.1.1. Simulación en el dominio del tiempo	6
2.1.1.2. Coherencia modal	6
2.1.1.3. Coherencia lenta	6
2.1.1.4. Enlaces débiles	6
2.2. Transformación DQ	7
2.2.1. Transformación de Clarke	7
2.2.2. Transformación de Park	7
2.3. Clasificación de convertidores	8
2.3.1. Convertidores <i>grid-following</i>	8
2.3.2. Convertidores <i>grid-forming</i>	9
2.3.3. Convertidores <i>grid-supporting</i>	10
2.4. Tipos de modelos para convertidores	11
2.4.1. Modelos de conmutación	11
2.4.2. Modelos promedio	11
2.4.2.1. Modelos de pequeña señal	12
Lineal-invariante en el tiempo	12
Lineal-periódico en el tiempo	13
2.4.2.2. Modelos de gran señal	13

	Promediación de variables de estado	14
	Promediación de circuito	14
2.4.3.	Modelos de secuencia positiva (<i>Positive-sequence</i>)	15
2.4.4.	Modelos de fasores dinámicos	15
2.4.5.	Modelos basados en datos	16
3.	Métodos de reducción y agregación de inversores	17
3.1.	Agregación de inversores con el mismo PC	17
3.1.1.	Parámetros escalados	18
3.1.1.1.	Reduced-order Structure-preserving Model for Parallel-connected Three-phase Grid-tied Inverters	18
3.1.1.2.	Reduced-order Aggregate Model for Parallel-connected Single- phase Inverters	20
3.1.1.3.	A Reduced-order Aggregated Model for Parallel Inverter Sys- tems with Virtual Oscillator Control	21
3.1.1.4.	Reduced-order Aggregate Model for Parallel-connected Grid- tied Three-phase Photovoltaic Inverters	22
3.1.2.	Basados en coherencia	24
3.1.2.1.	A Coherency-Based Equivalence Method for MMC Inverters Using Virtual Synchronous Generator Control	24
3.1.2.2.	Structure-Preservation Model Aggregation for Two-Stage In- verters Based Large-Scale Photovoltaic System	27
3.1.3.	Agregación enfocada en la interacción de inversores	30
3.1.3.1.	Emulation of Multi-Inverter Integrated Weak Grid via Interaction- Preserved Aggregation	31
3.2.	Agregación de inversores con distinto PC	32
3.2.1.	Basados en coherencia	33
3.2.1.1.	Reduced-Order Harmonic Modeling and Analysis of Droop- Controlled Distributed Generation Networks	33
3.2.1.2.	Coherency Identification and Aggregation in Grid-Forming Droop-Controlled Inverter Networks	36
3.2.1.3.	Dynamic Aggregation Modeling of Grid-Connected Inverters Using Hamilton's-Action-Based Coherent Equivalence	40
3.2.1.4.	Dynamic Aggregation Modeling for Droop Control Inverter Based on Slow Coherency Algorithm	43
3.2.2.	Otros	44
3.2.2.1.	Dynamic Aggregation of Grid-Tied Three-Phase Inverters	44

3.2.2.2.	Reduced-Order and Aggregated Modeling of Large-Signal Synchronization Stability for Multiconverter Systems	46
4.	Metodología	47
5.	Métodos implementados y caracterización del inversor	49
5.1.	Selección de métodos	49
5.2.	Método 1: inversores grid-following en paralelo	50
5.3.	Método 2: inversores grid-following distribuidos	51
5.4.	Caracterización del inversor	54
5.4.1.	Modelo general del inversor	54
5.4.2.	Filtro LCL	55
5.4.3.	PLL	57
5.4.4.	Controlador de potencia	58
5.4.5.	Control de corriente	60
6.	Casos de estudio y modelación en PLECS	62
6.1.	Casos de estudio del método paralelo	62
6.1.1.	Escenario 1: dos inversores en paralelo conectados a la red	62
6.1.2.	Escenario 2: diez inversores en paralelo	64
6.2.	Casos de estudio del segundo método	65
6.2.1.	Caso base	65
6.2.2.	Variaciones en las impedancias de las líneas	67
6.3.	Modelación en PLECS	68
6.3.1.	Inversor	68
6.3.1.1.	Inversor de fuente de voltaje	68
6.3.1.2.	PLL	69
6.3.1.3.	Controlador de potencia	70
6.3.1.4.	Control de corriente	71
6.3.2.	Red equivalente	71
7.	Resultados y análisis	73
7.1.	Conmutación	73
7.2.	Método 1: Agregación de inversores en paralelo	74
7.2.1.	Caso 1: Dos inversores	75
7.2.2.	Caso 2: Diez inversores	82
7.3.	Método 2: Agregación inversores distribuidos	83
7.3.1.	Caso base	83

7.3.2. Variación impedancias 1	87
7.3.3. Variación impedancias 2	89
8. Conclusiones	91
8.1. Trabajo futuro	92
Bibliografía	93
Anexo	104