

模擬慣性機能付きインバータの 周波数応答評価試験のための PHILシミュレーションに基づく試験環境の構築

喜久里 浩之,織原大,高松尚宏,大関崇,橋本潤,大谷謙仁 (産業技術総合研究所) 松浦隆祥,宮崎聡,濱田拓,森健二郎 (東京電力ホールディングス)



同期発電機の並列容量減少による系統の慣性低下

- 系統事故時の周波数の変化率(RoCoF)と変化量が増大
- 分散電源の単独運転検出機能等の不要動作により周波数低下が助長される





インバータ電源(IBR)の模擬慣性機能

RoCoFの増大,周波数最下点(Nadir)の低下を緩和するための機能
 サブ秒程度の応答性が必要



Source: 「OCCTO, 第19回需給調整市場検討小委員会 資料2-2, 2020.09.29」をもとに作成 https://www.occto.or.jp/iinkai/chouseiryoku/jukyuchousei/2020/2020 jukyuchousei 19 haifu.html



IBR模擬慣性機能の評価が必要

- 模擬慣性機能は多数提案されている
- IBR 比率変更時の RoCoF 増大, Nadir 低下の緩和効果の検証が必要

□ IBRと系統の相互影響が検証できる評価法が必要

■機能要件や機能試験法に関する今後の議論につなげたい

	radio. 1. A categorization result of control stategies for inverter against frequency instability												
No.	Control algorithms	1) Capability		2) Control structure		3) Frequency responce							
		Load	Grid	Primal control	Reference phase	Inertia	Damping	Result of categorization					
		sharing	independent	output	signal								
1	Synchronverter	0	0	(a)	(a)	0	0						
				Volt. & Freq.	Internal								
2	Ise Lab	0	0	(a)	(a)	\bigcirc	0	① Forming-Volt.CtrlSwing Eq.based					
				Volt. & Freq.	Internal	0							
3	Freq. Droop	0	0	(a)	(a)	0	0						
				Volt. & Freq.	Internal								
4	dVOC	0	0	(a)	(a)	\circ	0						
				Volt. & Freq.	Internal	0							
5	Matching	0	0	(a)	(a)	0	×	2					
				Volt. & Freq.	Internal			Forming-Volt.CtrlOther					
6	VSG (KHI Lab)	0		(a)	(b)	0	0						
				Volt. & Freq.	Grid								
7	VSG (Δω-P)	×	×	(b)	(b)	0	0						
				Power or Curr.	Grid			③ following-Curr.CtrlSwing Eq. based					
8	dω/dt-P	×	×	(b)	(b)	0	×						
				Power or Curr.	Grid								
9	Δ ω-Ρ	×	×	(b)	(b)	×	0						
				Power or Curr.	Grid	~							
10	Optimising-PLL	×	×	(b)	(b)	×	×	4					
				Power or Curr.	Grid	~		following-Curr.CtrlOther					

表1 周波数変動対策インバータの制御アルゴリズム分析および分類結果 Table 1 A categorization result of control strategies for inverter against frequency instability

上村 他, 「電力系統の周波数変動対策インバータの制御アルゴリズム分類に関する一検討」, 令和2年電気学会全国大会, 2020



IBRと系統の相互影響が検証できて柔軟性・信頼性が高い評価法

シミュレーション



Hardware-in-the-loop (HIL) シミュレーション





IBR模擬慣性機能評価のためのPHIL試験環境

- Power hardware-in-the-loop (PHIL) simulationに基づく試験(PHIL試験)
 では安定性と精度がトレードオフ
- 安定かつ十分な精度になるようなインターフェースの設計が必要





PHIL試験環境を構築し,精度検証のためにシミュレーションと比較



	G ₀	G ₁	G ₂	G ₃
Rated capacity (MVA)	10	120	120	60
Initial output (pu)	0.5	0.8	0.8	0.8



PHIL試験とシミュレーションの比較結果



- 閉ループ試験を安定に実行可能
- 次の指標が概ね一致することが 確認できた
 周波数,有効電力出力の波形
 Nadir 到達時刻,値
 RoCoF 発生時刻,値
- 比較対象(w/o VSG)との差に比べ てPHIL試験とシミュレーションの差 が十分に小さい



まとめ

- 系統の慣性低下の対策としてIBRの模擬慣性機能の開発が進んでいる
- IBR模擬慣性機能の評価法が必要
 - □ IBR比率を変更しながらIBRと系統の相互作用を評価したい
- 模擬慣性機能評価のためのPHIL試験環境を構築した
 - PHIL試験とシミュレーションの結果比較によりPHIL試験の精度を検証した
 - 安定かつ(主要な評価指標であるRoCoF, Nadir を評価するために)十分な精度であることを確認した
- 今後の予定
 - □ PHIL試験(単機,組合せ),JET試験,基本試験
- 謝辞
 - ■本成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務 (JPNP19002)の結果得られたものである。