

本成果は、NEDOの委託業務（JPNP19002）の結果得られたものである。また、試験にご協力いただいたJET、PCS メーカー各社、産総研 鈴木正一氏、菅原秀一氏、高橋正光氏には心より感謝申し上げます。

インバータ電源における 擬似慣性機能が保護機能に与える影響の検証

令和4年電気学会全国大会
@オンライン

March 21-23, 2022

喜久里 浩之*
織原 大
橋本 潤
高松 尚宏
大関 崇
(産業技術総合研究所)

松浦 隆祥
宮崎 聡
濱田 拓
宮崎 輝
(東京電力HD)

インバータの擬似慣性機能は 保護機能/試験に影響を与える可能性があり、その検証が必要

- 擬似慣性機能の特徴
 - 1秒未満の高速応答
 - 保護機能の動作時限と被っている（cf. スマートインバータの応答は数秒～数10秒程度）
 - 系統電圧・周波数・位相変化に伴う出力変化
 - 電流源の特性：Grid-following インバータ（GFL）、周波数変化に応答
 - 電圧源の特性：Grid-forming インバータ（GFM）、電圧・周波数・位相変化に応答

- **保護機能に関する現行の日本の認証試験（JET試験）では、このような特徴を持つインバータの適合性評価は考慮されていない**

蓄電池用 擬似慣性機能付きインバータ試作機 (GFL 2種類、GFM 3種類) でJET試験を実施した

	GFL 1	GFL 2	GFM 0	GFM 1	GFM 2
制御方式	DFDT	DFDT	VSM	Droop	VSM
定格容量 (kVA)	20	49.9	12	20	50
交流定格電圧 (V)	200	200	420	200	440

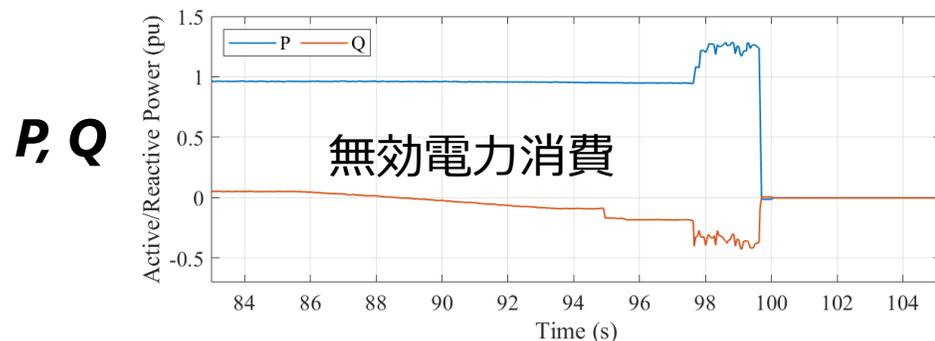
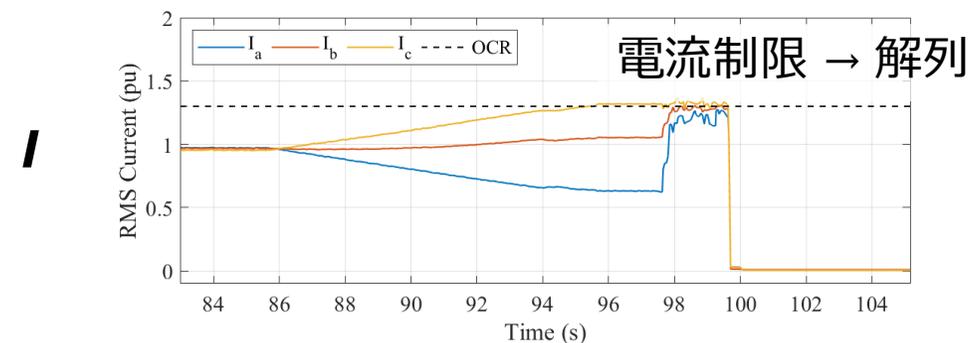
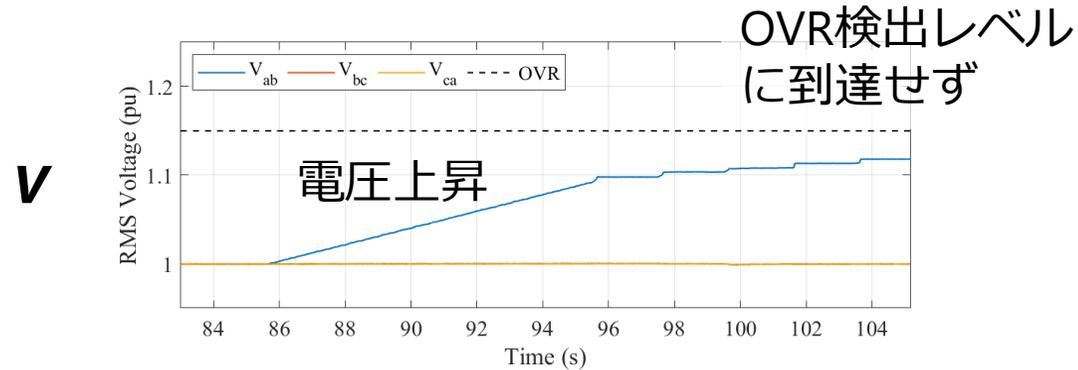


JET試験で系統電圧・周波数・位相が変化する試験項目を実施した。
GFLは全項目で概ね適合。GFMは多くが不適合。3つの課題を明らかにした。

#	試験項目	GFL 1	GFL 2	GFM 0	GFM 1	GFM 2
1	交流過電圧及び不足電圧試験	P*	P	F	F	F
2	周波数上昇及び低下試験	P*	P	F	F	F
3	単独運転防止試験 1	P*	P*	-	F	P*
4	系統電圧急変試験	P	P	F	P	P
5	系統電圧位相急変試験	P	P	P	F	F
6	瞬時電圧低下試験 (FRT試験)	P*	P*	F	F	F
7	周波数変動試験 (FRT試験)	P	P	F	F	P

P : 適合 (Pass) 、 F : 不適合 (Fail) 、 - : 未実施
* 機器構成やロジック等の軽微な修正で適合が見込める

課題 1 系統電圧・周波数・位相変化時のOCRによる解列



GFM 0の交流過電圧試験結果

- 不適合判定の理由
 - 初期条件に到達不可：#1, 2
 - 運転継続不可：#4~7

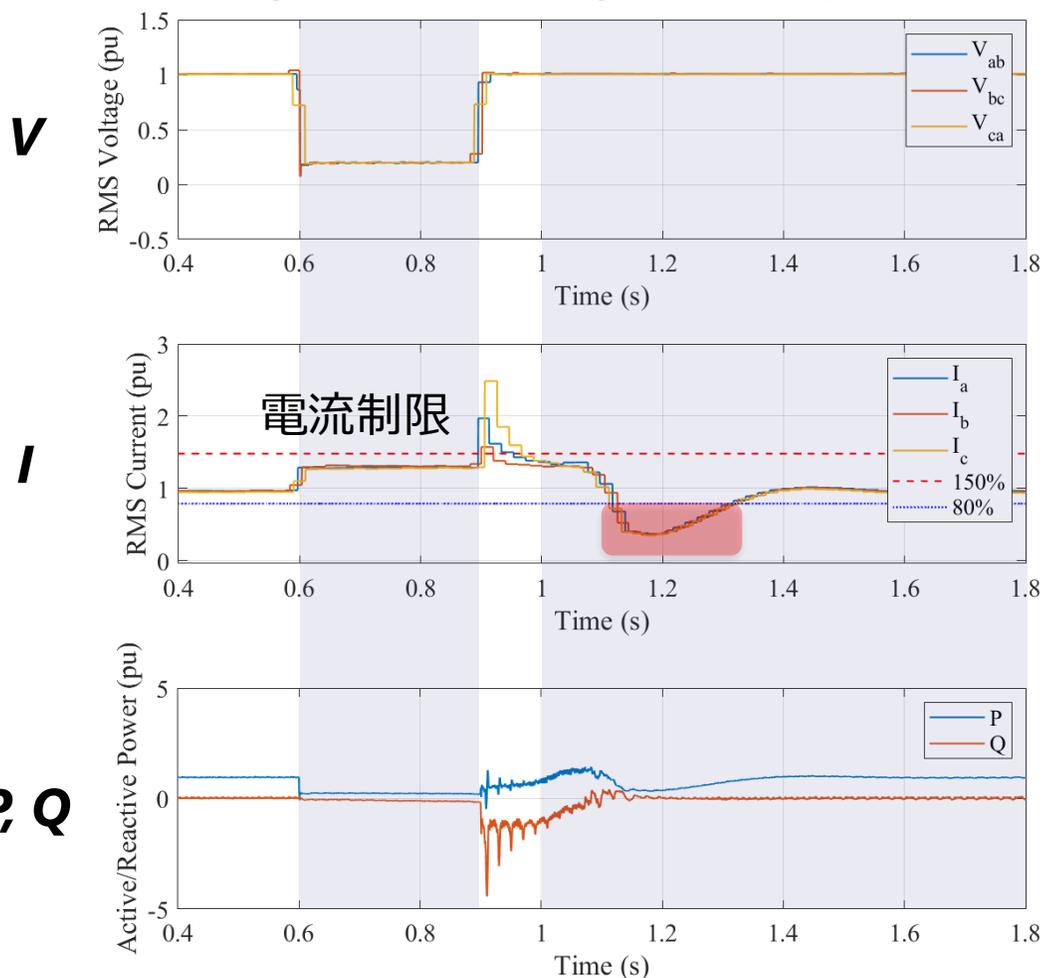
- OCRによる解列の理由
 - GFMが持つ電圧源の特性
 - 被験体GFMの電流制限機能に制限あり
 - 設定出力が 1.0 pu

- 対策案
 - 電流制限機能を一定時間以上継続
 - 設定出力を下げる
 - 制御パラメタの変更

被験体GFLとの
大きな違い

課題 2 瞬時電圧低下からの復帰後の出力動揺

① 運転継続 ② 0.1s以内に80%



- 不適合判定の理由
 - ②を満たさない

- 出力動揺の理由
 - GFMが持つ電圧源の特性

- 対策案
 - 制御ロジックの変更
 - 制御パラメタの変更
 - 判定基準の変更

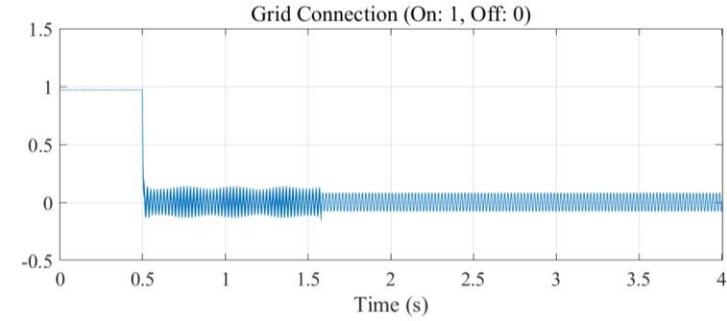
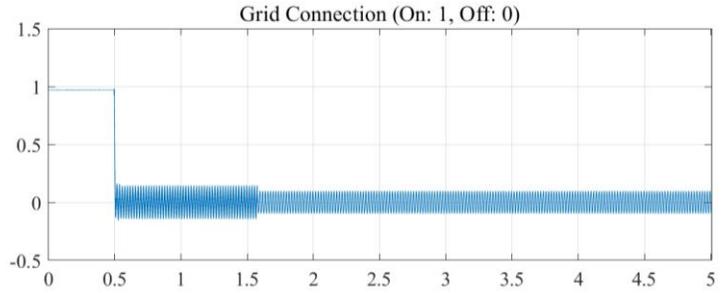
- 参考：電圧復帰後の出力動揺の判定基準
 - 許容：IEEE 1547/P2800、National Grid
 - 記載なし：EN50549

GFM 0の瞬時電圧低下試験 (FRT試験) 結果 三相短絡・残電圧20%

課題 3 単独運転防止機能と擬似慣性機能の両立が困難

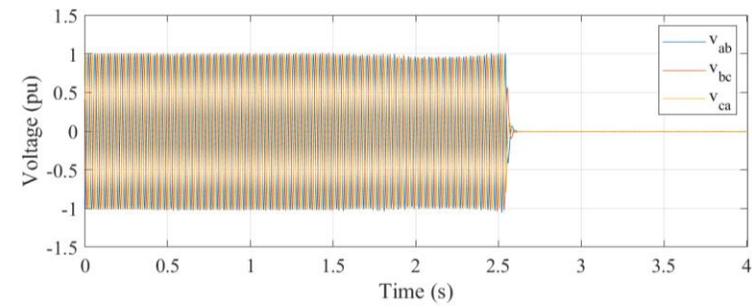
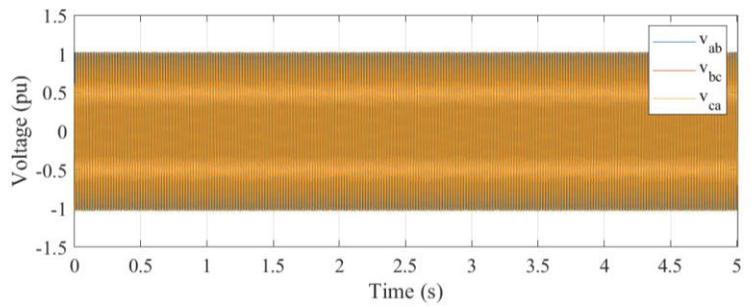
- **GFM 0**は未実装、**GFM 1**は不適合だが周波数安定化、**GFM 2**は適合だが周波数不安定化

系統接続
状態

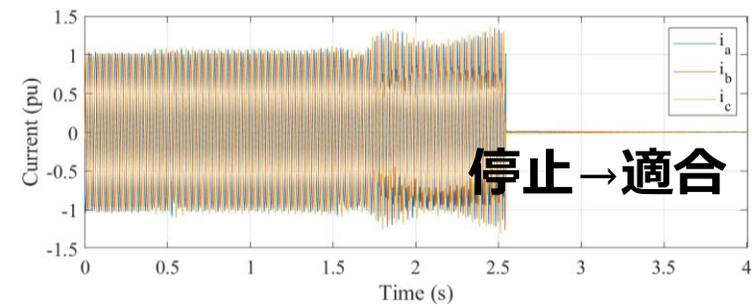
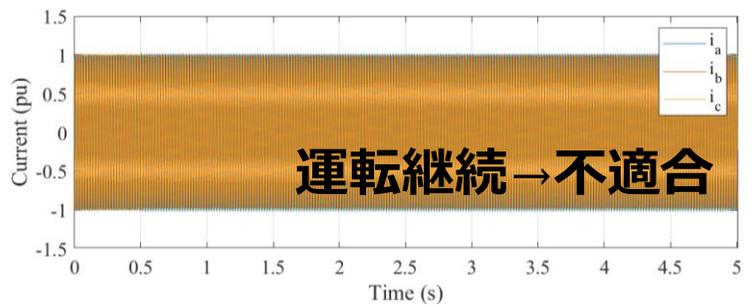


単独運転防止
試験結果

v



i



運転継続 → 不適合

停止 → 適合

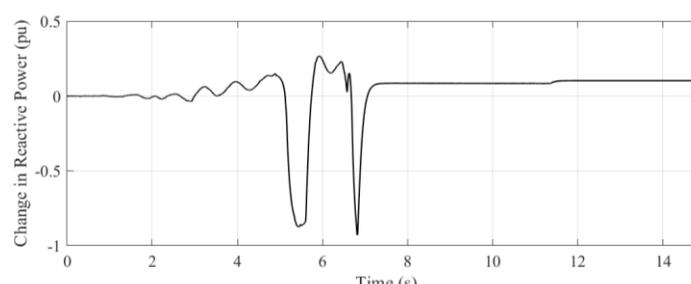
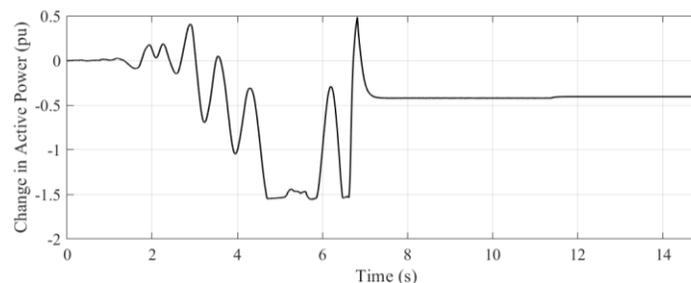
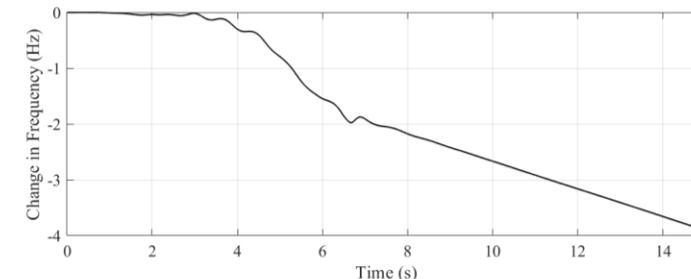
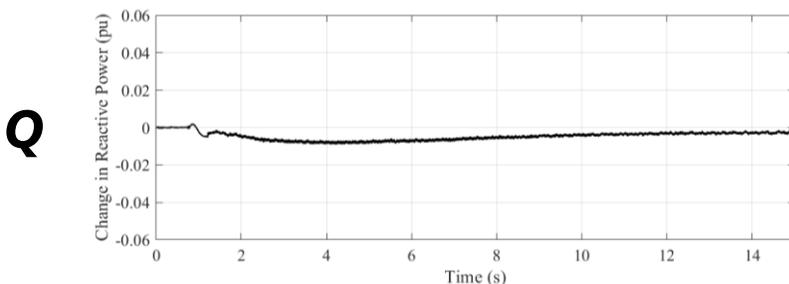
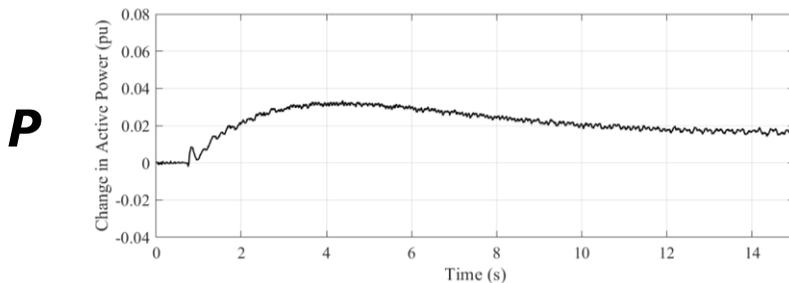
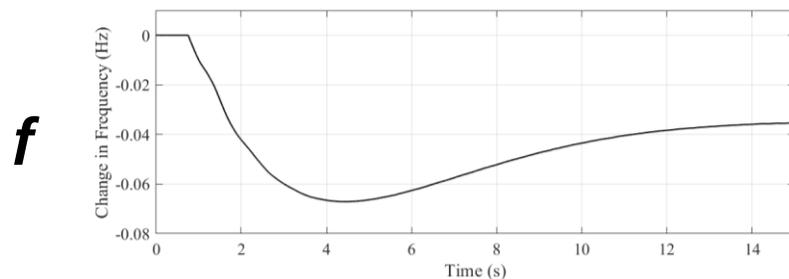
GFM 1

GFM 2

課題 3 単独運転防止機能と擬似慣性機能の両立が困難

- **GFM 0**は未実装、**GFM 1**は不適合だが周波数安定化、**GFM 2**は適合だが周波数不安定化

単独運転検出
有効時の
PHIL試験結果
(喜久里 他、2022)



GFM 1
電源脱落后に周波数安定化

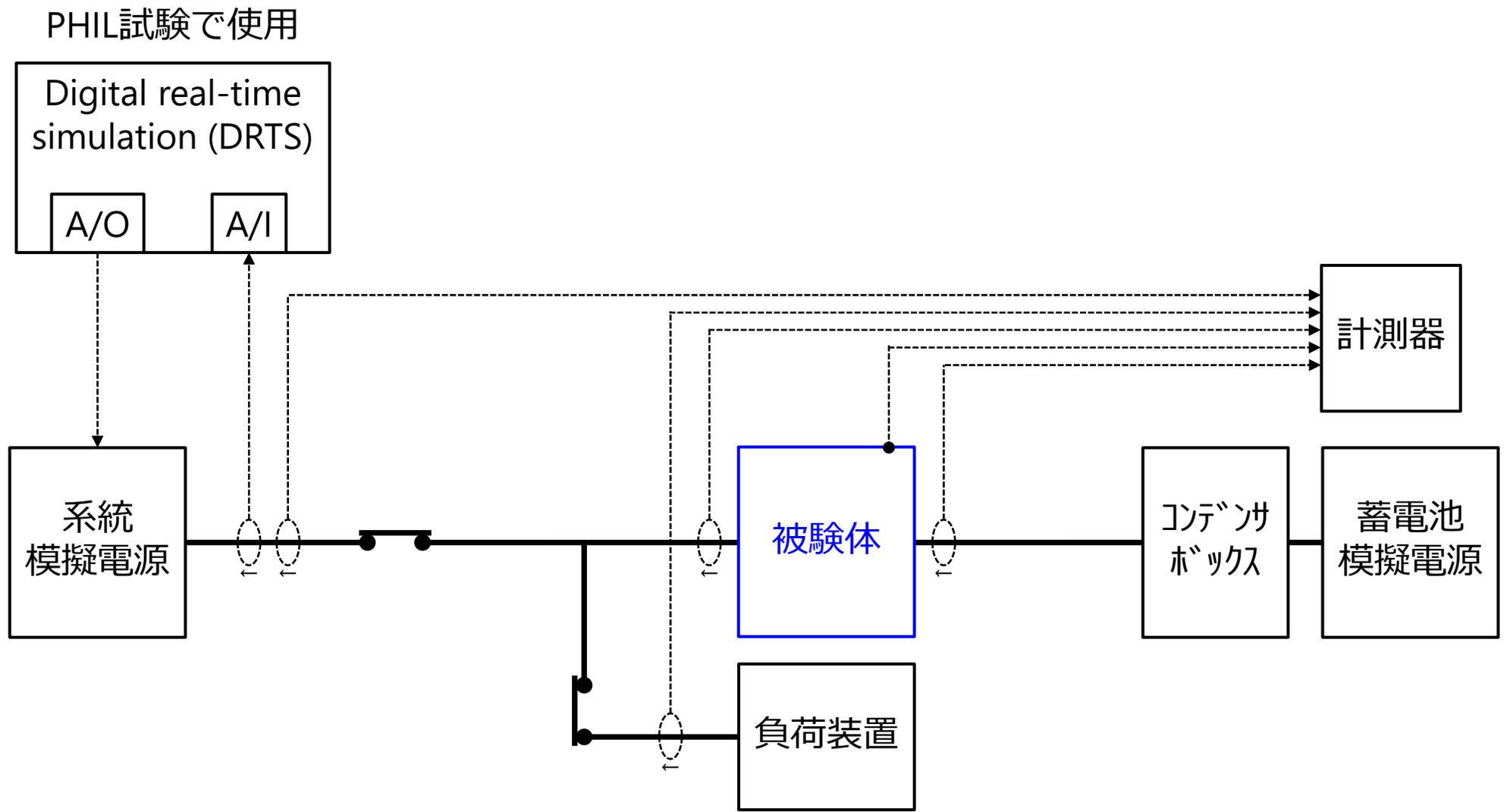
GFM 2
電源脱落后に周波数不安定化

まとめ

- インバータの**擬似慣性機能が保護機能/試験**に与える影響を検証した
 - JET試験の**系統電圧・周波数・位相が変化する試験**項目を実施
 - **GFLは概ね適合、GFMは多くが不適合**
- **GFMに関する3つの課題**を明らかにした
 - 課題1：系統電圧・周波数・位相変化時の**OCR**による解列
 - 課題2：瞬時電圧低下からの復帰後の**出力動揺**
 - 課題3：**単独運転防止機能**と擬似慣性機能の両立が困難
- **現行の試験では、GFMのような電圧源の特性を持つインバータは考慮されていない**
 - 連系する電圧階級に合わせた**GFMの機能要件の検討**が必要
 - 試験手順、判定基準等の**試験側の見直し**も含めた議論が必要

Appendix

(参考) 試験機器構成の概略図



単独運転防止試験で使用

試験環境概観

