

太陽光発電と蓄電池設備を併設した 系統安定化装置の開発

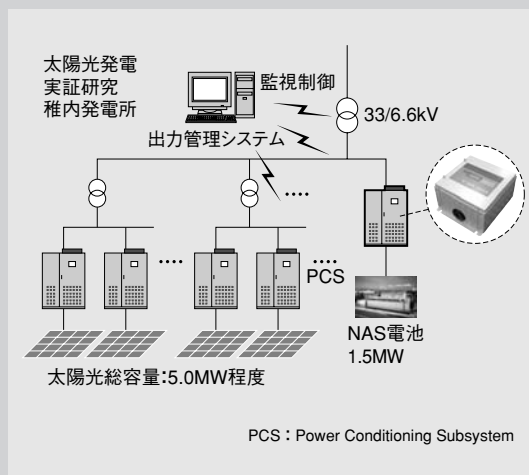
🔗 太陽光発電システム, NAS電池システム, 系統安定化

* 金山哲也 Tetsuya Kanayama ** 露木和生 Kazuo Tsuyuki * 伊藤孝充 Takamitsu Ito

概要

2006年度より(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構による「大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究」を実施しており、当社はプロジェクトメンバーの一員として自然変動電源である太陽光発電システム(以下、PVシステム)の系統安定化制御に関する実証研究を行っている。

当社は本研究の中で、PVシステムに蓄電池を併設することにより「天候状況により発電量が変動する不安定な電源」を安定した電源に変換する系統安定化装置を開発した。本装置の適用により円滑な系統連系を実現することで、大規模太陽光発電システムの普及促進に寄与することを目指す。



全体システム構成と制御端末装置

1. ま え が き

近年、地球環境に優しいエネルギー源として太陽光発電(PV: Photovoltaic)システム(以下、PVシステム)の導入量が増えている。しかし、自然変動電源であるPVシステムを1か所へ集中的に設置すると系統連系時の安定度が低下するなど、電力系統への影響が懸念されており、この技術課題を研究するため、2006年度から(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)による「大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究」を実施している。

当社は本研究の中で、PVシステムに蓄電池を併設することにより「天候状況により発電量が変動する不安定な電源」を安定した電源に変換する系統安定化装置を開発した。

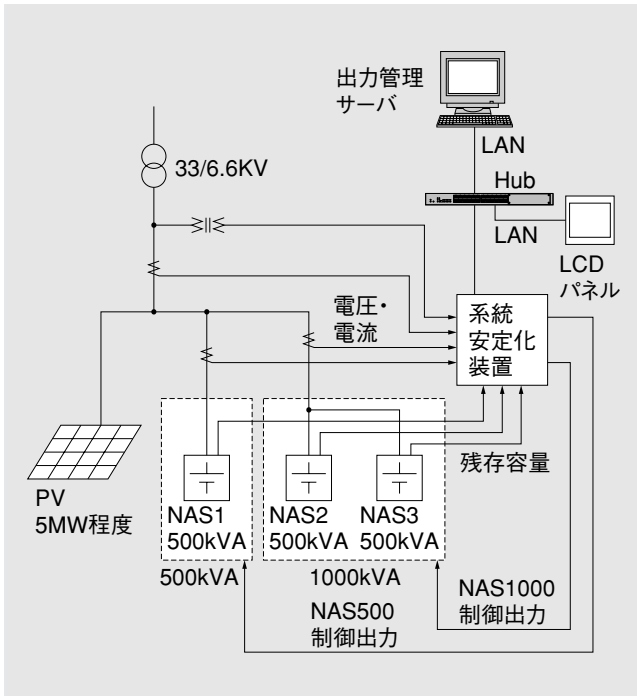
本稿では、この系統安定化装置の構成並びに機

能概要について紹介する。

2. システム構成

第1図に「大規模電力供給用太陽光発電系統安定化等実証研究」の全体システム構成を示す。PV出力5MW程度に対し、系統安定化技術検証のための電力貯蔵装置として1.5MWのNAS(ナトリウム-硫黄)電池システムを設置している。0.5MW機と1MW機の2台構成であるが、1MW機のNAS電池は内部で0.5MW×2系列に分かれており個別に制御できるため、全体としては0.5MW×3系列で充放電の制御が可能である。

系統安定化装置は蓄電池設備内に設置し、LANを介して出力管理サーバからの制御指令に基づいてNAS電池の充放電制御を行う。出力管理サーバの負担軽減並びに応答性向上の目的から、数時間オーダのPV出力変動については出力管理サーバ、



第1図 全体システム構成

実証研究の現地システム構成を示す。特に系統安定化装置の周辺構成について詳細に記載している。

数秒～数十分オーダのPV出力変動については系統安定化装置で制御を行う。このため系統安定化装置でもフィードバック制御を行う必要があることから、送電点の電圧・電流並びにNAS電池の出力電流を取り込んでいる。

また、遠方／現場のどちらからでも制御が行えるよう、現場にはLCD (Liquid Crystal Display) パネルを設置し、出力管理サーバと同じ制御指令が出せるよう考慮している。

3. システム安定化装置

3.1 ハードウェア

第1表に系統安定化装置のハードウェア仕様を示す。装置内には制御の中核部となるCPU基板のほかに、主VT・CTの二次側出力を直接取り込むための補助VT・CTや端子台を実装している。アナログ入力はAC入力12ch (電圧2ch, 電流10ch), DC入力8ch, デジタル入出力はDI8ch, DO4chを実装している。そのほか伝送機能として10Base/100Base自動認識のLANポートを1ポート、複数台装置間でのサンプリング同期を考慮してGPS受信機能を標準で実装している。

3.2 制御内容

系統安定化装置は第2表に示すような有効電力

第1表 系統安定化装置のハードウェア仕様

実証研究で適用した系統安定化装置のハードウェア仕様で、外形寸法並びに外部機器との入出力に関する電気的仕様を示す。

項目	仕様
外観	
寸法	W350×H350×D200mm
電源	AC100V
内部構成	CPU基板, 補助VT・CT, 端子台
入力	AC入力 (AC110V電圧入力) : 2ch AC入力 (AC5A/1A電流入力) : 10ch DC入力 (DC4~20mA/1~5V入力) : 8ch DI (AC100V仕様) : 8ch
出力	DO (AC100V仕様) : 4ch
通信	LAN (10M/100M自動認識) : 1ch RS-232-C : 1ch
アナログ入力仕様	AC入力 6.4kHzサンプリング, 16bit A/D精度 DC入力 12.5Hzサンプリング, 16bit A/D精度
その他	GPS受信機能搭載 (1PPS信号による複数端末間でのサンプリング同期が可能)

第2表 制御項目一覧

系統安定化装置に実装されている制御機能項目を示す。

制御分類	制御項目	制御内容
有効電力	潮流変動抑制制御	送電端の出力変動を緩やかにする
	送電電力一定制御	送電端の出力を一定にする
無効電力	電圧一定制御	送電端の電圧を一定にする
	力率一定制御	送電端の力率を一定にする
	無効電力一定制御	送電端の無効電力を一定にする

制御2パターン、無効電力制御3パターンの制御機能を実装している。ここでは有効電力制御についての制御概要、並びに第1図で示した3系列のNAS電池充放電制御を1台の系統安定化装置で行う複数台制御方式について述べる。

3.2.1 潮流変動抑制制御

潮流変動抑制制御は、電力系統へ送電する電力の変動を抑制し、滑らかな(変動の少ない)電力として送電することを目的とした制御である。これにより電力系統への影響を緩和させることを目指している。具体的には第2図の制御ブロックで実現する。

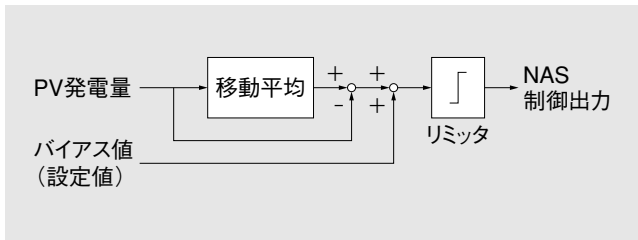
3.2.2 送電電力一定制御

送電電力一定制御は、電力系統へ送電する電力を目標値で定めた値に一定とすることを目的とした制御で、具体的には第3図の制御ブロックで実現する。

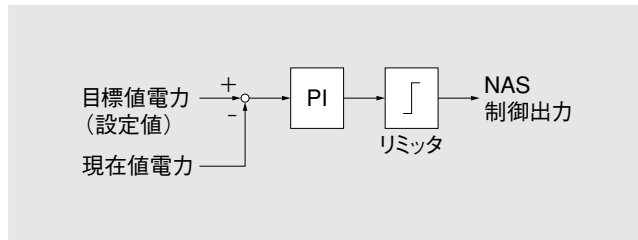
PI制御を用いて、発電所送電端の電力を出力管理サーバからの目標値に合わせるよう、NAS電池の充放電指令値を算出している。

3.2.3 複数台制御方式

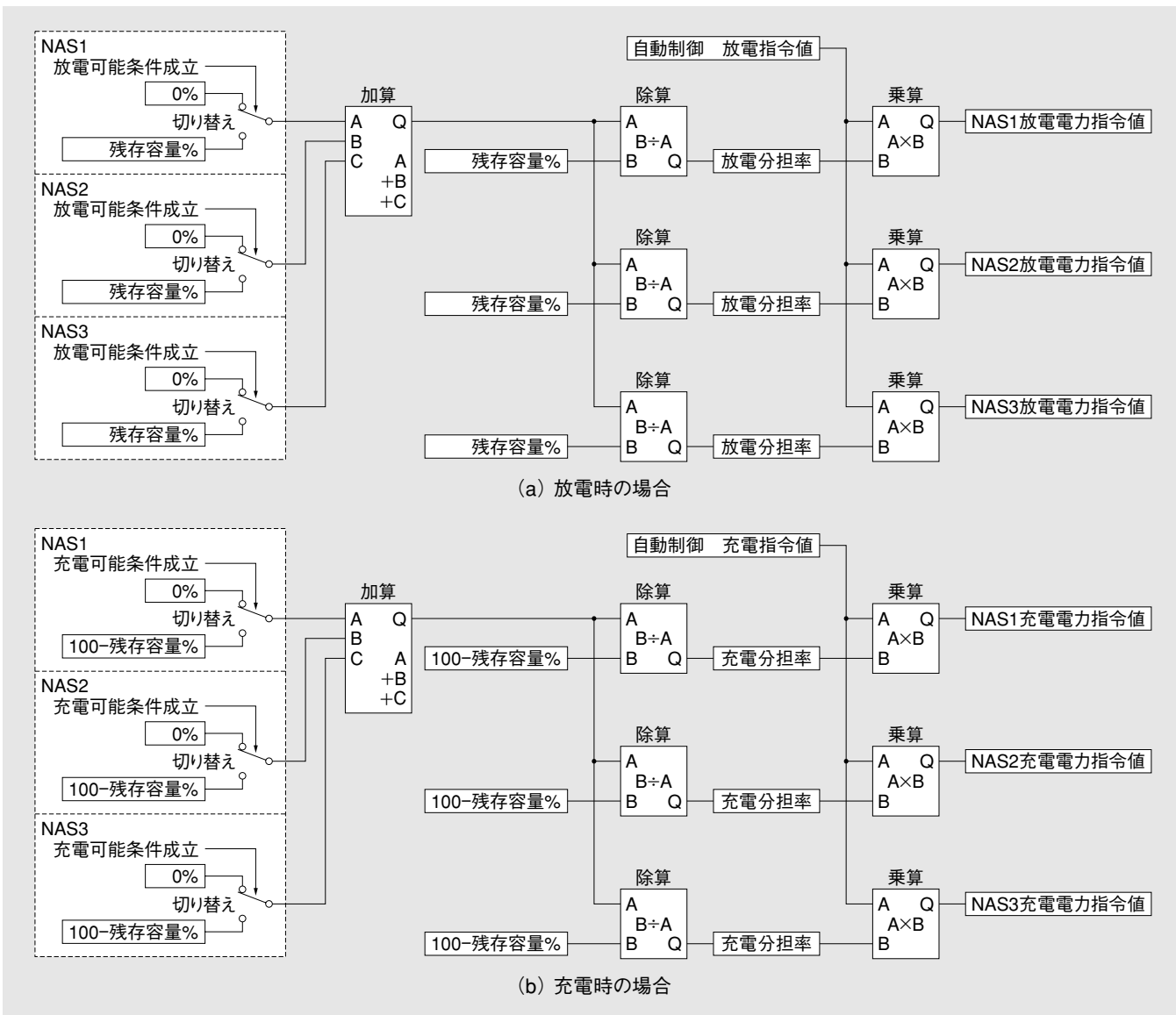
2項で記載した通り、系統安定化装置は3系列の



第2図 潮流変動抑制制御の制御ブロック図
潮流変動抑制制御を行う際は、本ブロック図に基づいて制御を行う。



第3図 送電電力一定制御の制御ブロック図
送電電力一定制御を行う際は、本ブロック図に基づいて制御を行う。



第4図 出力指令値配分ロジック
(a) 放電時の場合
放電制御における系統安定化装置の出力指令値配分ロジックを示す。
(b) 充電時の場合
充電制御における系統安定化装置の出力指令値配分ロジックを示す。

第3表 出力指令値配分の例

3系列あるNAS電池の残存容量が均一でない場合の出力指令値配分例を示す。

(NAS出力=1000kW充電の場合)

	NAS1	NAS2	NAS3
残存容量(%)	20	30	50
充電分担率	0.4	0.35	0.25
充電電力指令値(kW)	400	350	250

NAS電池に対して充放電制御を行う。この時、充放電可能出力を最大限に維持し、且つNAS電池同士の寿命を均一とするため、特定のNAS電池に充放電制御が集中しないよう適切な制御を行う必要がある。以下にその制御方式の概要を述べる。

(1) 基本的な考え方 **第4図**にNAS電池残存容量を均一とするための出力指令値配分ロジックを示す。要約すると充電時は残存容量の少ない電池を優先的に充電し、逆に放電時は残存容量の多い電池を優先的に放電させる配分計算をしており、メンテナンスなどで一部のNAS電池が充放電を停止している場合や、充電リセットにより各NAS電池の残存容量が均一でなくなった場合でも短期間で均一な残存容量に戻す制御を行っている。

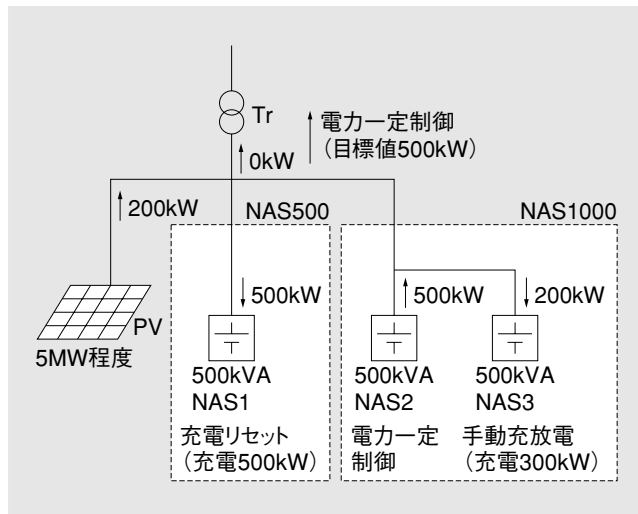
第3表に各NAS電池の残存容量が均一でない場合の出力指令値配分例を示す。全体として1000kWの充電を行うケースであるが、残存容量の最も少ないNAS1を優先して充電するよう出力配分の計算を行っている。

(2) 系統充電禁止時、異制御モード混在時の制御
通常は3系列すべてのNAS電池を使用して潮流変動抑制制御、送電電力一定制御の有効電力制御を行うが、メンテナンスなどで任意のNAS電池を強制的に充放電させる場合(手動充放電)や充電リセット中などは、異なるモードの充放電制御が混在する。更に今回の実証研究では系統からの電力を電池に充電しない制約(系統充電禁止)があり、これを遵守するため系統充電禁止時の制御方法についても考慮する必要がある。以下に系統充電禁止時、異制御モード混在時の制御方法を紹介する。

(a) 優先順位 充放電制御に下記優先順位を持たせ、系統充電禁止時には優先順位の低い制御モードから出力調整を行うことにした。

充電リセット>手動充放電>有効電力自動制御^(注1)

(b) 制御例 **第5図**に異制御モード混在中に系



第5図 異制御モード混在時の制御例

3系列あるNAS電池がすべて異なる制御モードで、且つ第4図に示した出力指令値配分ロジックを考慮した時の制御例を示す。

統充電禁止となった場合の制御例を示す。送電電力一定制御で目標値を500kW(発電方向)とした時の制御例である。3系列あるNAS電池の内、送電電力一定制御を行うのはNAS2のみで、NAS1は充電リセット、NAS3は手動充放電を行っているため、有効電力制御から除外されている。

NAS1とNAS3の充電電力合計値(設定値)は800kWであるがPV出力が200kWのため、そのままでは系統から100kWを充電することになり系統充電禁止を守れない。そこで前記(a)の優先順位に従いNAS3の充電電力を200kWに減らすことで系統充電禁止を守るよう制御している。

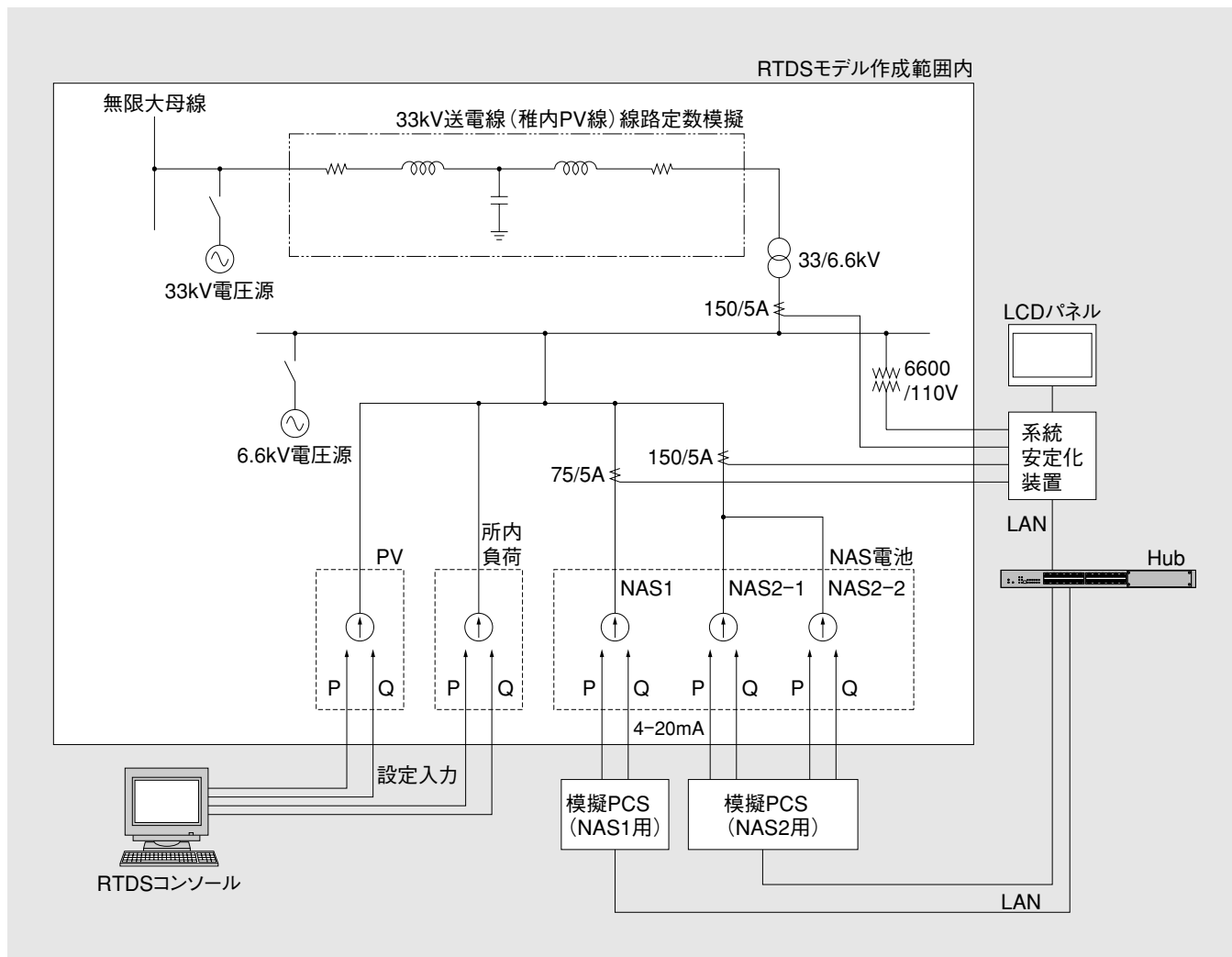
4. 装置検証

4.1 検証システム

システム安定化装置は常に送電点電力、NAS電池出力などの系統状態を見ながらフィードバック制御を行うため、検証では制御系の応答速度や電力系統の過渡現象といった動的要素までを考慮する必要がある。

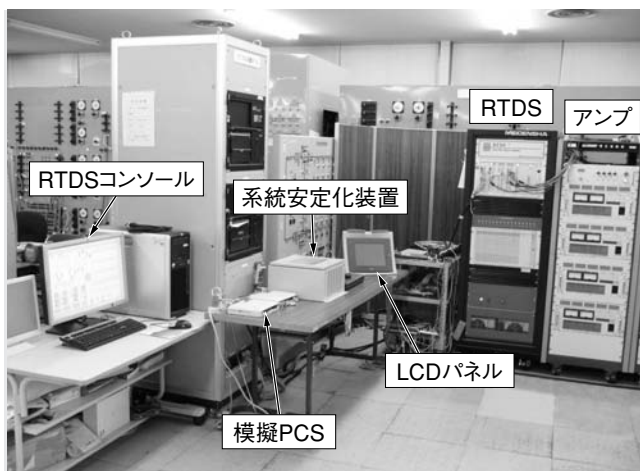
そこで**第1図**で示した全体システム構成と同じモデルシステムをRTDS (Real-Time Digital Simulator) で作成し、動的要素までを含めた装置応動が確認できる検証システムを構築した。**第6図**に検証システムの構成図を示す。

NAS電池出力は3系列ともシステム安定化装置からの出力指令に連動し、そのほかのパラメータ(PV出力・所内負荷)はRTDSコンソールから設定で変



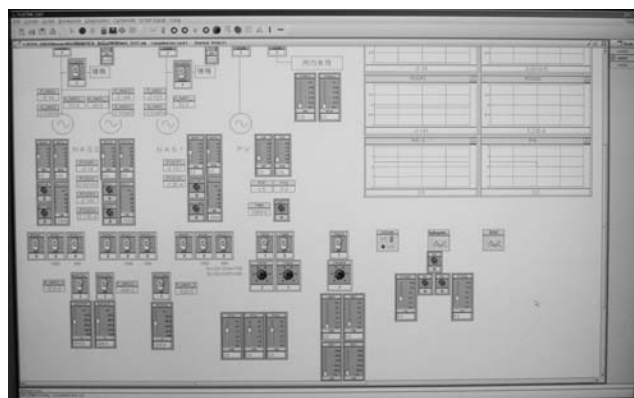
第6図 検証システム構成図

系統安定化装置の制御応動を検証するための社内検証システム構成を示す。



第7図 検証システム外観

第6図で示した検証システムの外観を示す。

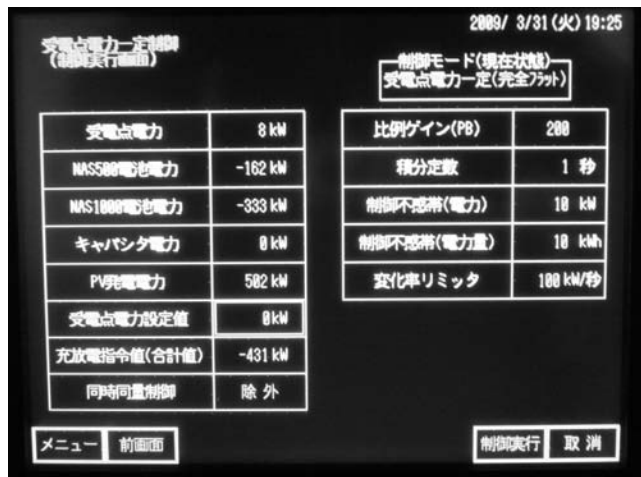


第8図 RTDSコンソール画面

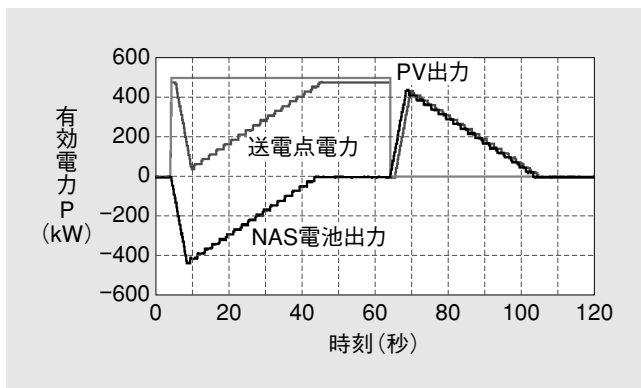
第6図で示した検証システム中のRTDSコンソール画面を示す。

化できるよう構築した。RTDSコンソールはCSVファイルからの数値読み込みにも対応しており、例えば、現地で収集・記録したPV発電パターンを読み込んで再現試験を行うことも可能である。系

統安定化装置への制御指令はLCDパネルからの操作で行う。第7図に検証システムの外観、第8図にRTDSコンソール画面、第9図にLCDパネルの画面例を示す。



第9図 LCDパネルの制御画面例
第6図で示した検証システム中のLCDパネル画面(送電電力一定制御の制御実行画面)例を示す。



第10図 社内検証結果例(潮流変動抑制制御)
社内検証システムによる潮流変動抑制制御の制御応動例を示す。PV出力の急変に対して送電点電力をNASの充放電で滑らかにしている。

4.2 検証結果

第10図に検証システムによる社内検証結果例を示す。潮流変動抑制制御の検証結果で、PV出力を0kW→500kW→0kWに急変させたときの応動である。PV出力の急変に対して送電点電力を緩やかに変化させるよう制御しているのが分かる。急変直後の数秒間に変動抑制が追従できていない領域が存在するが、これは系統安定化装置の制御遅れによるものであり、今後はこの領域を狭めていくため制御系の高速化を図るなど、応答性を改善していく予定である。

5. む す び

PVシステムに併設された蓄電池設備の充放電制御を行う系統安定化装置について、その構成と機能概要を紹介した。今回開発した系統安定化装置は、PVだけでなく風力発電などの自然エネルギーに対する系統安定化装置にも適用できるものと期待している。電力系統との系統連系を安定させることにより、今後普及が期待される自然エネルギーの導入促進に寄与することを目指して研究に取り組んでいく所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

(注記)

注1：潮流変動抑制制御又は送電電力一定制御

《執筆者紹介》



金山哲也 Tetsuya Kanayama

保護・制御装置のシステム企画に従事



露木和生 Kazuo Tsuyuki

保護・制御装置のソフトウェア開発に従事



伊藤孝充 Takamitsu Ito

新エネルギーの系統連系に関する研究開発に従事