

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 5 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560331

研究課題名(和文)分散電源・能動的負荷を含む負荷系統の動特性オンライン把握

研究課題名(英文)Online Evaluation of dynamic model of distribution system including dispersed generators and active loads.

研究代表者

白井 康之(Shirai, Yasuyuki)

京都大学・エネルギー科学研究科・教授

研究者番号：60179033

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、実際の系統に微小な電力擾乱を注入し、その応答から配電系統の動特性を把握する手法(微小擾乱注入手法)の開発、提案を行った。本手法は、配電系統の特性をオンラインから測定可能であるため、任意の時間帯の実際の負荷の特性を得ることができる。この動的負荷モデリング手法の評価をシミュレーションによって行った。擾乱電力注入装置から、微小なチャープ状の電力擾乱を系統に与え、この応答からシステム同定の手法を用いて、配電系統以下の動特性を伝達関数の形で求めた。配電系統部分を伝達関数の形のモデルとして導入して、系統安定度解析を行い、詳細モデルを用いた解析結果と比較し、モデルの妥当性を検証した。

研究成果の概要(英文)： In this study, a new method of building a dynamic load model for dynamic stability analysis was proposed. This method is as follows: First, inject some small electric power modulations of known pattern to power systems and measure the responses in the distribution system. Next, analyze the measured responses using system identification.

Simulation was performed with power system simulation software(PSCAD), and a dynamic load model was build and evaluated. In the simulation, the availability of the proposal method was confirmed. The model could reproduce the response of the stable system precisely. In addition to it, the trend of system becoming unstable could be evaluated with the proposal method.

研究分野：電気機器工学

キーワード：配電系統 システム同定 動特性 安定度

1. 研究開始当初の背景

これまで安定度解析における配電系統は主に静的な特性しか持たない機器で構成されていると仮定されてきた。しかし、近年の電力自由化の流れや分散型電源の普及、またそれに伴うパワエレ機器の導入などにより、配電系統に動的な特性を持つ機器が増加している。

このような状況下では従来の配電系統モデルを用いた安定度解析手法では精度の良い安定度評価に不十分である可能性があり、負荷の動的な特性まで評価可能な手法が求められている。

2. 研究の目的

本研究では、実際の系統に微小な電力擾乱を注入し、その応答から配電系統の動特性を把握する手法(微小擾乱注入手法)の開発、提案を行う。本手法は、配電系統の特性をオンラインから測定可能であるため、任意の時間帯の実際の負荷の特性を得ることができる。

3. 研究の方法

図1に示すように配電系統と無限大母線の間には電力注入装置を接続し、微小な電力擾乱 ($\Delta P_{sm}, \Delta Q_{sm}$) を系統に注入する。擾乱により発生した配電系統端の電圧 ΔV 、周波数 Δf 、有効電力 ΔP 、無効電力 ΔQ の動揺を計測し、これらのオンラインデータでシステム同定を行い、伝達関数を作成してこれを負荷モデル(図2)として利用する。

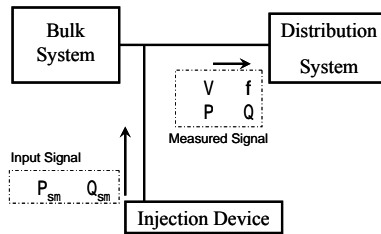


図1 提案手法概念図

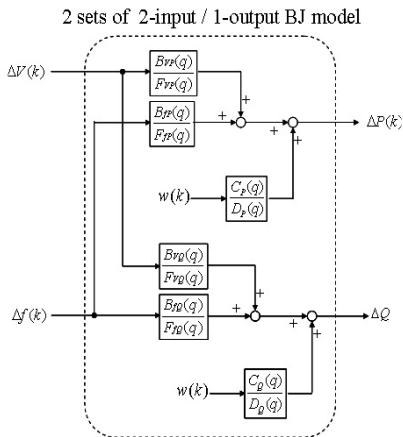


図2 作成される動的負荷モデル

シミュレーション試験により提案手法を用いた負荷モデルの作成及び評価を行った。シミュレーションには PSCAD/EMTDC (Manitoba HVDC Research Centre, Inc.)を用いた。

4. 研究成果

(1) 例題系統

図3に試験系統図を示す。図のように同期発電機(SG)と無限大母線間に電力注入装置及び配電系統が配置されている。配電系統は動特性を持つ代表的な機器である誘導電動機を含んでいる(case1: 負荷容量の50%、case2: 80%)。また不安定な系統状態を模擬するため、配電系統と無限大母線間の距離は290kmと長めに設定した。同期発電機及び送電線の定数はそれぞれ図3中に表記した。

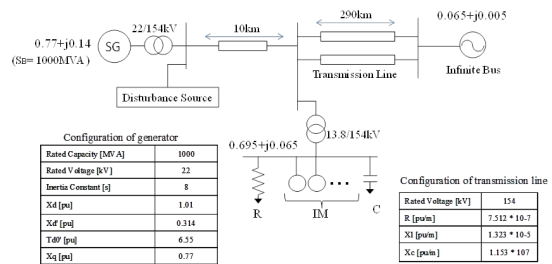


図3 シミュレーション系統図

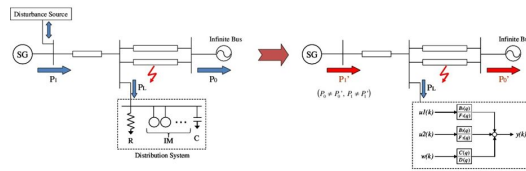


図4 動的負荷モデル評価法模式図

配電系統は抵抗負荷、誘導電動機、キャパシタで構成されている。系統安定度は、配電系統における誘導電動機の比率、慣性定数、また潮流状態などの影響を受け変化する。

(2) 評価方法

負荷モデルの作成及び評価は以下の手順で行った。

- 1) case1,2 について提案手法を用いて動的負荷モデルを作成する。
- 2) 元の系統と、配電系統を作成したモデルに置き換えた系統の双方で一線地絡事故シミュレーションを実行した(図4参照)。

事故点は配電系統と無限大母線間で配電系統から29km離れた地点とした。事故時間は100msとした。

- 3) それぞれの負荷端変動を比較し、モデルの妥当性を評価した。

(3) 結果と考察

図5に注入した微小有効・無効電力擾乱(0~10Hzまでのチャープ状変動)を示す。

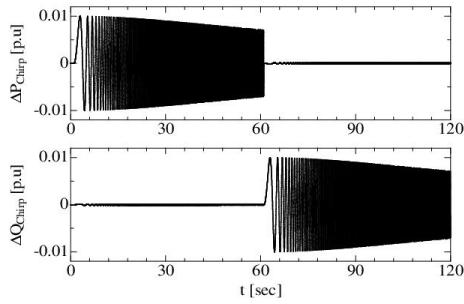


図5 注入した微小有効・無効電力擾乱

図6に、case1での、電力擾乱注入時の負荷端における電圧変動、周波数変動、有効電力変動、無効電力変動の例を示す。

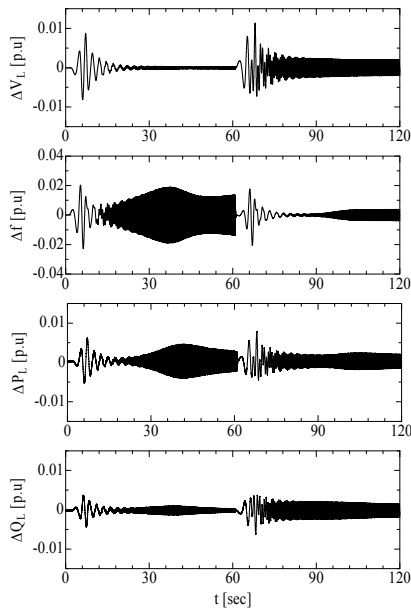


図6 微小擾乱に対する負荷端測定データ

これらの電圧変動、周波数変動を入力、有効電力変動、無効電力変動を出力としてシステム同定を行い、伝達関数の形で配電システムの動特性モデルを求めた。図7に求めたモデルのボード線図を示す。

図8に、一線地絡事故時の負荷端における有効電力変動、無効電力変動、電圧変動、周波数変動を示す。実線は元の系統の一線地絡事故時の応答、破線は配電系統を負荷モデルに置き換えた系統での一線地絡事故時応答である。

図より実線と破線がよく一致していることが分かる。特に事故後10秒ほど残る中周期の振動までよく模擬できていることが分かり、動態安定度の把握への利用可能性が示された。

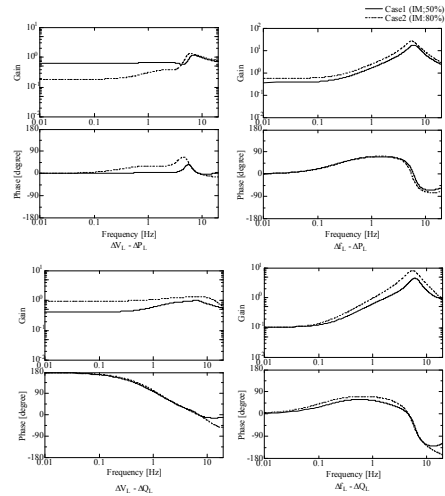


図7 動的負荷モデルのボード線図

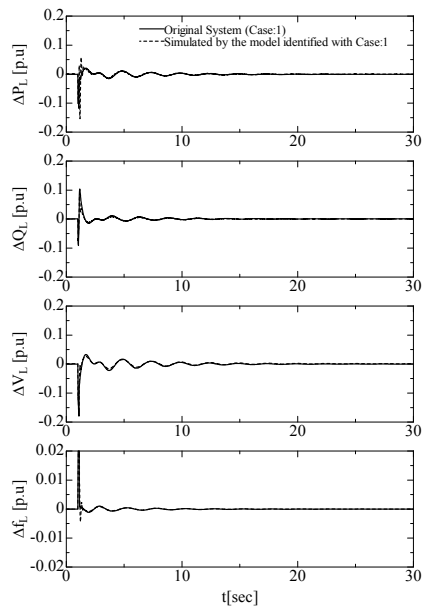


図8 負荷端における一線地絡事故応答(case1)

負荷の誘導機の割合を80%にしたcase2についても同様の手法で動的負荷モデルを求めた。これを用いて負荷端における一線地絡事故応答を求めた結果が、図9である。

図より、元の系統の一線地絡事故時の応答(実線)は、一線地絡事故の発生により不安定になり、約26秒付近で系統が崩壊していることが見て取れる。一方で配電系統を動的負荷モデルに置き換えた系統はこの不安定現象を再現できていない。このことは今回作成した動的負荷モデルが系統の非線形性およびフィードバックを考慮してい

ないためであると考えられる。しかしながら提案手法により、系統に長期間一定の周期の振動が残り続けることは再現できているため、このような極端な系統においても応答の傾向を見て取ることができるが分かる。

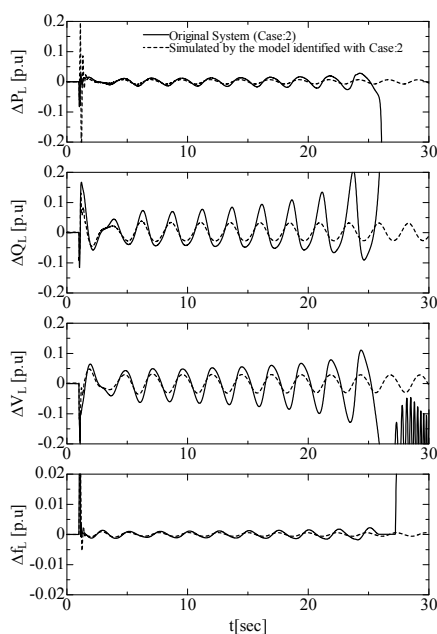


図 9 負荷端における一線地絡事故応答 (case2)

(4) まとめ

本研究では微小擾乱注入手法によるシステム同定を用いた動的負荷モデリング手法の提案を行った。また PSCAD/EMTDC(Manitoba HVDC Research Centre, Inc.)を用いて、動的負荷モデルの作成及び性能評価シミュレーション試験を行った。

シミュレーション試験により提案動的負荷モデルが、安定な系統の事故波形を正確に再現可能であることが示され、また一線地絡事故により最終的に崩壊してしまうような系統条件に関してもその傾向をある程度見て取れることが確認された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2 件)

Yasuyuki Shirai, Tanzo Nitta, Katsuhiko Shibata, On-line monitoring of eigen-frequency and stability of power system by use of SMES, International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 査読あり, 42 (2012) 473-477, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijepes.2012.03.05>

2R

Kawagishi, D. Yamanaka, Y. Shirai, Proposal of Dynamic Modeling of Distribution System with System Identification, ICEE2013, FP0385, Xiamen, China (July 14-17, 2013), DOI : 10.5370/JICEE.2014.4.3.258

[学会発表](計 5 件)

D. Yamanaka, K. Mizutani, R. Kawagishi, Y. Shirai, System Identification of Distribution System for Dynamic Stability Analysis", ICEE2012, P-PS1-31, Kanazawa, Japan (July 9-11, 2012)

西口宏治, 川岸良平, 白井康之, 分散形電源を含む系統の単独運転に関する基礎研究, 電気学会全国大会, 6-159, 愛媛大学, 2014年3月18日

西口宏治, 白井康之, 篠崎孝一, 同期発電機が PCS の単独運転防止装置に与える影響の調査, 平成 26 年電力・エネルギー部門大会, 25, 同志社大学, 2014年9月10日

川岸良平, 山中大輔, 白井康之, 微小擾乱注入手法による配電系統動的負荷モデル作成手法の提案, 電気学会全国大会, 6-146, 名古屋大学, 2013年3月21日

川岸良平, 山中大輔, 白井康之, システム同定を用いた配電系統の動的負荷モデリング手法の提案, 電力技術・電力系統技術合同研究会, PE-13-163, PSE-13-179, 九州工業大学, 2013年9月13日

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

[その他]

6. 研究組織

(1)研究代表者

白井康之 (SHIRAI, Yasuyuki)

京都大学・大学院エネルギー科学研究科・教授

研究者番号: 60179033