

一 般 論 文

地磁気誘導電流測定装置の開発

Development of measurement equipment for effects of GIC
(Geomagnetically-Induced Currents)

石 倉 定 幸*

S. Ishikura

中 谷 英 之*

H. Nakatani

玉 木 肇*

H. Tamaki

竹 内 雅 靖*

M. Takeuchi

奥 田 誠*

M. Okuda

概 要

磁気嵐の影響により電力系統に発生する地磁気誘導電流を測定できる地磁気誘導電流測定装置（以下GICと略す）を開発した。本装置を用いることで、電力の安定供給および運用のために磁気嵐による電力系統の影響をリアルタイムに把握することができる。なお、本装置は、2007年に開発したユニット型電力用記録装置の記録ユニットをベースに開発することで、コストを抑えるとともに、高い信頼性を実現できた。

Synopsis

We developed the GIC which could measure the geomagnetically-induced currents to occur to an electric power system by influence of the magnetic storm. This device can grasp the influence of the electric power system by the magnetic storm for stable supply and use of the electricity in real time. In addition, this device resembled a base at the record unit of a record device for unit type electricity that I developed in 2007 that I cost-cut it in what I developed and was able to realize high reliability.

1. まえがき

これまでの研究により、太陽活動において周期的な黒点の増大に伴い太陽フレアが発生すると地球地磁気に擾乱（以下:磁気嵐）が発生し、地磁気の変動により異地点で大地電位差が生じる。図1に太陽の活動周期、図2に太陽風の発生、図3に磁気嵐の発生メカニズムについて示す。

これにより、離れた箇所にある電力用直接接地変圧器の中性点に電位差が生じる事から双方の変圧器巻線を通じ、図4に示すような送電線路に地磁気誘導電流である準直流電流が流れ、変圧器鉄心が磁束飽和し、鉄心の局

部的な発熱から鉄心周囲の絶縁劣化が発生する可能性がある。

そこで、電力の安定供給および運用のために磁気嵐による電力系統の影響を把握することが必要ということから、地磁気誘導電流測定装置を導入し、系統運用の実施判断に用いることが期待されている。今回、地磁気誘導電流測定装置を開発したので、以下にその概要を説明する。

図5の波形は実際の磁気嵐のものであり、地磁気誘導電流もこれにほぼ比例して流れる。その特徴としては数分から数十分オーダーで変動する事が確認されている。

*産業・電力システム事業本部

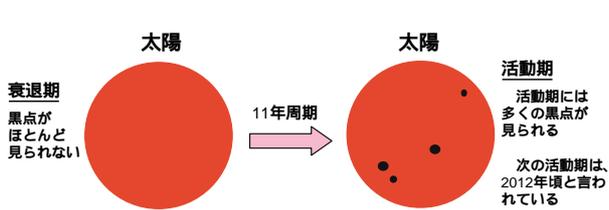


図1 太陽の活動周期

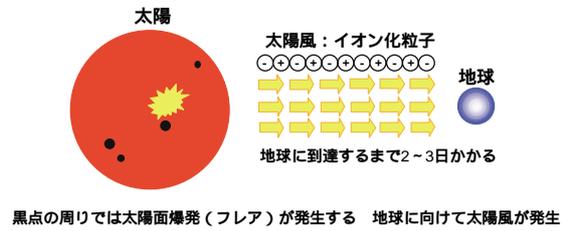


図2 太陽風の発生

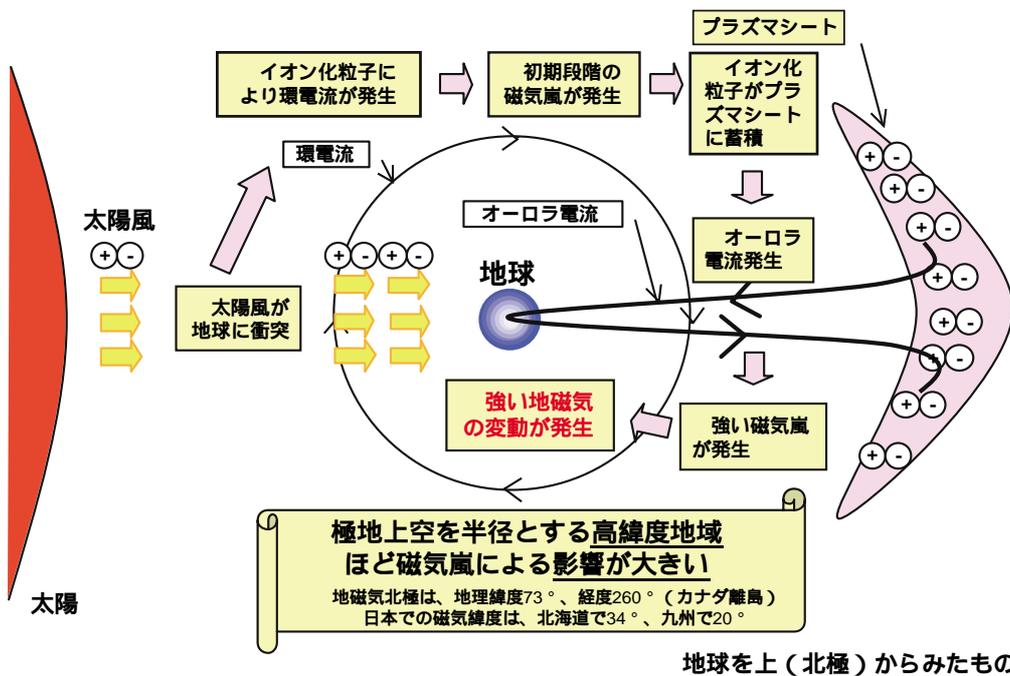


図3 磁気嵐の発生メカニズム

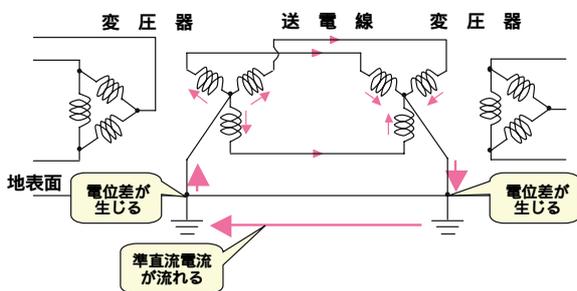


図4 地磁気誘導電流の循環ルート

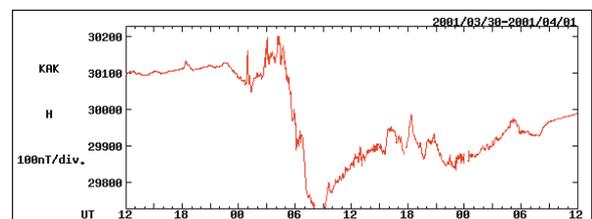


図5 柿岡地磁気観測所における地磁気観測データ

2. 全体構成

変圧器の中性点に流れる電流を測定するクランプCT収納箱と、その電流から地磁気誘導電流である準直流電流を抽出し、記録、送信、監視を行う装置で構成される。図6にシステム構成、図7に装置外観（屋内タイプ）、図8に装置外観（屋外タイプ）を示す。

イーサネットポート（100Mbps/10Mbps）を標準装備しており、記録データは、WANを介してサーバへ伝送可能である。また、クライアントからWANを介してサーバ内のデータ閲覧、取得が可能である。図9にネットワーク構成を示す。

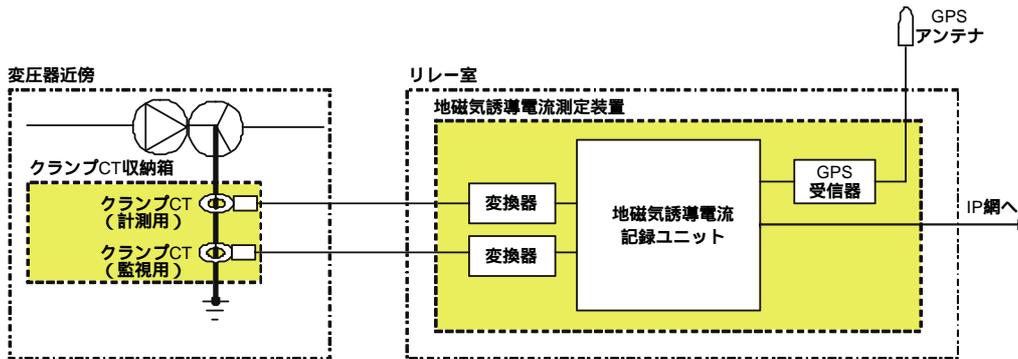


図6 システム構成



図7 装置外観（屋内タイプ）



図8 装置外観（屋外タイプ）

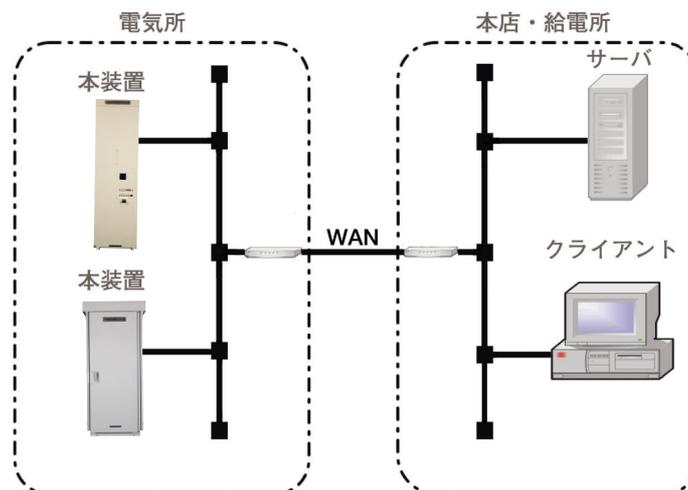


図9 ネットワーク構成

3. 特長

3.1 地磁気誘導電流測定アルゴリズム

測定対象が準直流電流であることから、デジタル処理をメインとするコンセプトに基づき、一般的なLPFよりも以下の根拠からFIRフィルタの採用を決定した。表1に主な性能検証比較、図10に周波数特性比較、図11に過渡特性比較を示す。

採用理由

- ・直流成分抽出性能において優位。(特性上、交流分の影響を若干受けるが、性能上支障なし)
- ・事故電流通電時、フィルタ出力の過渡応答による影響(実効値)が小さい。
- ・過去入力信号の影響時間が短縮される。

表1 性能検証比較

	一般的LPF	FIRフィルタ
DC抽出能力	0~5Hzは利得1	0Hzのみ利得1
阻止領域	阻止領域は利得0	7.5Hz以降5Hz刻みで利得
過渡応答影響	1(とする)	0.3
過渡応答収束時間	約400ms	約200ms
誤差(対フルスケール)	3.6%	1.0%
安定性	伝達関数極がz平面の単位円内に存在する時のみ安定	常に安定

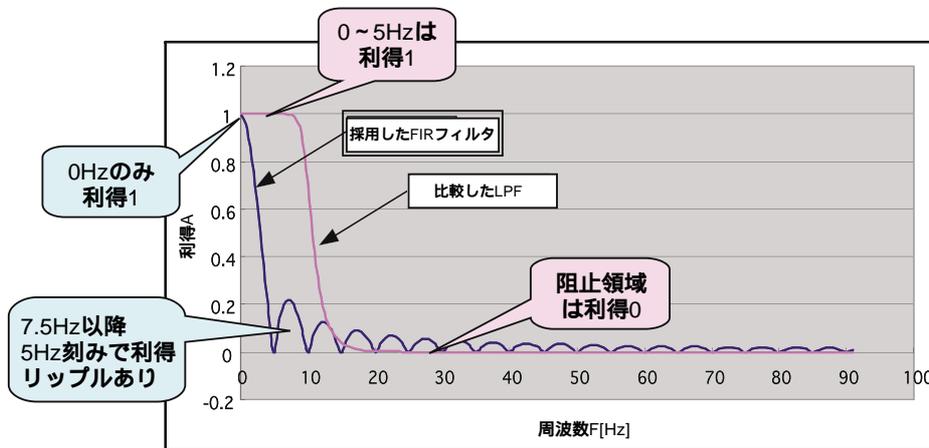


図10 周波数特性比較

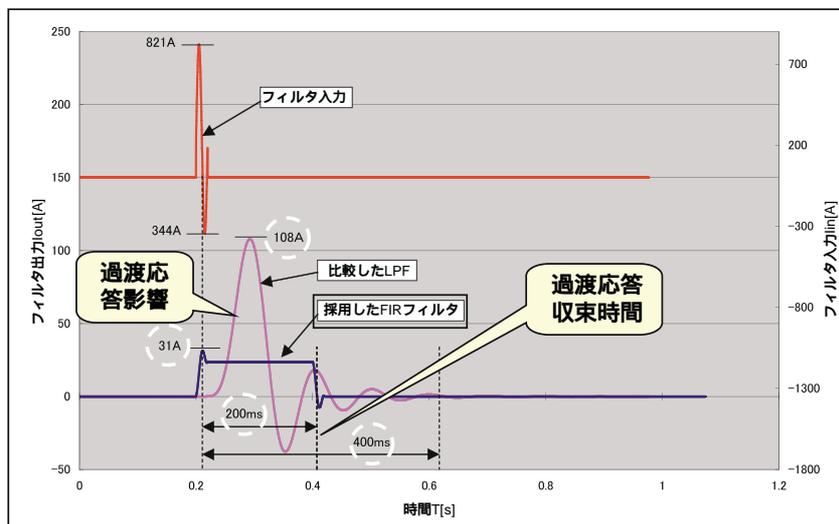


図11 過渡特性比較

3.2 直流測定可能なクランプCTの採用

地磁気誘導電流は、磁気嵐の変動（数分～数十分オーダーでの変動）に比例するため、準直流電流となる。そのため、今回、直流成分も測定できる特殊なクランプCTを採用することで対応した。なお、クランプCTを2重に配置することにより入力回路の監視を可能とした。図12にクランプCT収納箱外観を示す。



図12 クランプCT収納箱外観

3.3 GPSの採用

本装置は、GPS受信器を内蔵しており、UTC（協定世界時）に同期した記録が可能である。そのため、異地点での記録データと時間軸を合わせた解析、評価を行うことができる。なお、本GPS受信器は、GPS衛星のロールオーバーに対応しており、ロールオーバー発生時、本体はもちろんのこと、部品の交換も不要でそのまま継続使用可能である。図13にGPS受信器外観を示す。



図13 GPS受信器外観

4. むすび

本装置の開発により、変圧器中性点の地磁気誘導電流を高精度に、遠隔地（クライアント）から常時監視することが可能となった。これにより、磁気嵐による電力系統の影響をリアルタイムに把握することで、系統の安定運用や電力品質の維持に貢献するものとする。本装置は2010年より、東京電力株式会社にて運用を開始した。

今後とも、系統の安定運用や電力品質の維持に貢献する記録装置の開発・改良に注力していきたいと考えている。最後に、本装置の開発に際してご指導・ご協力いただいた関係各位に深く感謝申し上げる次第である。

参考文献

- (1) 大里, 中谷, 石倉, 玉木: 「地磁気誘導電流測定装置の開発」平成22年 電気学会全国大会, No.6-177
- (2) J. IEE JAPAN, Vol.108, No.3磁気嵐と電力系統 (88年)
- (3) NiCT 情報通信研究機構 (WEB公開データ)

執筆者紹介



石倉定幸 Sadayuki Ishikura
産業・電力システム事業本部
システム機器事業部 電子機器部
営業技術チーム 主任



竹内雅靖 Masayasu Takeuchi
産業・電力システム事業本部
システム機器事業部
電子機器部長



中谷英之 Hideyuki Nakatani
産業・電力システム事業本部
システム機器事業部 電子機器部
装置設計グループ長



奥田 誠 Makoto Okuda
産業・電力システム事業本部
システム機器事業部 電子機器部
装置設計グループ 主任



玉木 肇 Hajime Tamaki
産業・電力システム事業本部
システム機器事業部 電子機器部
装置設計グループ