

コンタクト放電電磁ノイズの時間スペクトルの計測

Measurement of time spectra of electromagnetic noise from electric contact discharge

○小西慶*, 曾根秀昭**

○Kei Konishi*, Hideaki Sone**

*東北大学大学院情報科学研究科, **東北大学情報シナジーセンター

*Graduate School of Information Sciences, TOHOKU University,

**Tohoku University Information Synergy Center

キーワード : 電気接点 (electric contact), 電磁ノイズ (electro-magnetic noise), アーク放電現象 (arc discharge phenomenon), 時間周波数解析 (time-frequency analysis), 短時間フーリエ変換 (short-time fourier transform)

連絡先 : 〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉6-3 東北大学 情報シナジーセンター
情報科学研究科 応用情報科学専攻 曾根研究室 小西慶

Tel.: (022)217-6094, Fax.: (022)217-6096, E-mail: kkonishi@mail.tains.tohoku.ac.jp

1. はじめに

ノイズ発生の一要因として、リレーやスイッチなどのコンタクト開離時に於けるアーク放電現象が挙げられる。このコンタクト開離時のノイズは、電源線や回路にのる伝導性ノイズとなり、システムの誤動作を引き起こす原因となる。特にHF帯(3~30MHz)での影響が大きく、情報通信機器の信頼性を確保するためにも、アーク放電現象およびノイズの関係の解明が重要である。

コンタクト開離時のアーク放電やノイズは、現象が短時間に発生することや、再現性に乏しいため、時間領域における系統的かつ定量的な特性の把握が非常に困難である¹⁾。現在までに、アーク現象の時間周波数における解析や統計的な検討は、様々報告²⁾³⁾されているが、時間と周波数両面からの検討、さらにこれにノイズを絡めた検討はあ

まりされていない。

本稿は、このような観点から、コンタクト開離時のアーク放電現象に着目し、問題となっている現象の時系列における系統的な特性の把握を目的とする。まず、アーク電圧とノイズを測定するためのシステムを構築し、実験を行った。そして得られたデータの時間周波数解析を施し、アーク電圧とノイズの関係を検討した。その結果について報告する。

2. 実験システム

Fig.1に実験システムの概要を示す。実験システムは電気接点の試験回路とノイズ検出部で構成される。試験回路システムは鉄製の台に設置し、線は交差しないよう配置している。モータとカムを用いてコンタクトを機械的に駆動して開閉動作を

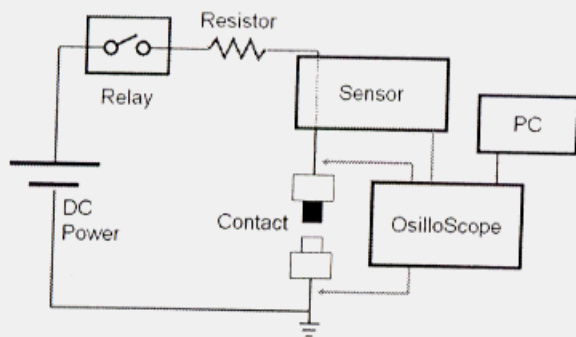


Fig. 1 実験装置の概略図

行う。また、コンタクト開離時のみ通電し、閉成時に放電が生じないように、同期してリレーで通電を制御している。オシロスコープを用いて、開離時のアーク電圧および電磁ノイズを計測する。

アーク電圧は陰極側の電極を接地し、陽極側の電極にオシロスコープの10:1プローブを接続して端子間電圧を計測する。さらに、試験回路の配線を伝導する電流の高周波成分をFig.2に示すセンサで検出し、これを電磁ノイズとして計測する。センサは周波数特性として、24~26MHzの周波数帯域の磁界変化を検出する。

それぞれの波形出力はPCのモニタに表示される。表示される波形の例をFig.3に示す。ch.1が電磁ノイズ波形で、ch.2がアーク電圧波形を表している。オシロスコープから得られた測定データは、PCに逐次保存され、計算処理を施すことができる。本稿において基準とする実験条件をTable1に示す。

3. 時間周波数解析

3.1 解析方法の検討

時間軸上の揺らぎの系統的な特性を把握するため、アーク電圧波形の時間周波数解析をする。時間周波数解析のツールとして、STFT(短時間フーリエ変換)を用いた。STFTは、一定の大きさの窓

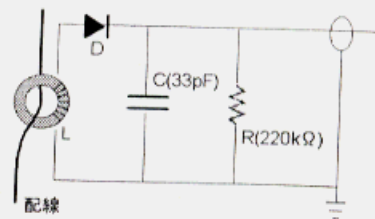


Fig. 2 センサの回路図

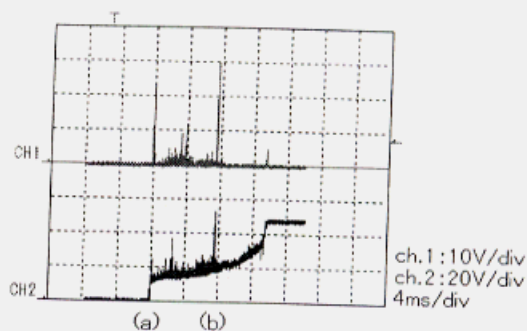


Fig. 3 波形の例

接点金属	Ag(5mmφ, 電極長6mm)
電源電圧	DC48V
通電電流	4A
負荷	無誘導性負荷抵抗
開離速度	45mm/s
開離頻度	18回/min
周囲雰囲気	大気中

Table 1 測定条件

関数を用いて信号を切り出し、その結果をフーリエ変換する。本実験ではコンタクト開離時に、オシロスコープにより得られる波形のサンプル65536点に対し、ハニング窓をかけ、512点のFFT(高速フーリエ変換)を施した。窓は128点ずつずらし、得られた511の複素スペクトル強度の絶対値をスペクトル強度とした。

さらに、アーク電圧波形にSTFTを施した結果において、センサの中心周波数である25MHzにおけるスペクトル強度の時間変化と、センサで得られたノイズ波形を比較する。サンプリング周波数を

100MHzに設定した。使用しているオシロスコープのサンプル数が65536点であるので、記録時間長が0.65msになる。そこで、Fig.3に示すよう、10ms前後のアーク電圧のうち、(a)電圧がステップ変化するアーク開始時と、(b)電圧変動が大きいメタリック相からガス相への移行期⁴⁾の2区間を測定して、データの時間周波数解析を検討する。

3.2 時間周波数解析結果

(a), (b)それぞれの区間におけるスペクトル分布をFig.4に示す。左から順に、(a), (b)の結果を並べている。(i)にアーク電圧波形を示す。(ii)がアーク電圧波形の時間周波数平面分布で、横軸が時間、縦軸が周波数、濃淡でスペクトル強度を表す。時間は0.65msであり、周波数は0.5~30MHzまで対数表示している。スペクトル値は対数を取り、図中に示すように濃淡で表す。

アーク電圧の時間周波数平面分布から、周波数が高くなるにつれ、揺らぎが小さくなる傾向を確認できる。特に区間(b)の中期におけるスペクトルは、初期の区間(a)に比べると、強度が広帯域にわたって大きいことがわかる。(a)で、電圧がステップ状に変化する際(0.16msの位置)に発生している揺らぎは、高域まで伸びていることがわかる。

(iv)に、アーク電圧の時間周波数平面の25MHzにおける断面図を示す。縦軸がスペクトル強度[V]を表している。センサで得られたノイズ波形(iii)と比較すると、(b)の0.33msなど、解析結果のピークがノイズ波形と一致している箇所もみられる一方で、ノイズの無い箇所におけるスペクトルが目立つ。これは、本来(iii)にあるべきノイズ信号が、センサの時定数回路による包絡線に埋もれたと考えられる。

背景ノイズの影響による測定誤差が大きい。アーク開始以前のスペクトル分布を背景ノイズとすると、背景ノイズのスペクトルが、放電中のスペク

トルとほぼ同レベルであるので、アーク放電によるノイズ発生を見極めるのが難しい。このため、背景ノイズを減らして測定する必要がある。

4. おわりに

本稿では、コンタクト開離動作時に於けるアーク放電と、それに伴い発生する電磁ノイズを解明するに当たり、アーク放電現象の時間領域における系統的な特性の把握を目的とした。測定で得られたアーク電圧のデータを時間周波数解析し、時間と周波数の両面からとらえる検討をした。さらにその結果から、センサで得られた電磁ノイズの波形と比較した。その結果、以下を明らかにした。

- (1) アーク電圧のスペクトル分布は(a)電圧がステップ変化するアーク開始時に比べると、(b)電圧変動が大きいメタリック相からガス相への移行期で強度が大きい。
- (2) コイルを用いたセンサで測定した25MHzのノイズ波形と、時間周波数解析により得た波形を比較したところ、大きいピークの発生が一致した。

今後の課題として、背景ノイズをなるべく減らすことや、200万程度のサンプル数を取れるシステムが必要である。これらの実験を検討して行く上で、コンタクトの条件を変化させて測定する。

参考文献

- 1) 嶺岸, 大森, 越後, 佐藤: コンタクト開離アーク電流の周波数スペクトルに関する実験的検討, 信学技報, EMCJ84-1 (1984)
- 2) 曾根秀昭, 高木相: コンタクト開離時のアーク電圧波形の時間スペクトルパターンの基礎検討, 電気関係学会東北支部連合大会 (1987)
- 3) 井上浩, 高木相: 銀接点开離時アークの1MHzの誘導雑音の統計的測定と複合雑音発生器(CNG)の提案, 信学論, vol.J68-B, no.12, pp.1506-1512 (1985.12)
- 4) 内村圭一, 相田貞蔵: 銀接点开離アークよりの無線雑音周波数特性の一推定法, 信学論, J63-C-9, pp.617-624 (1980.9)

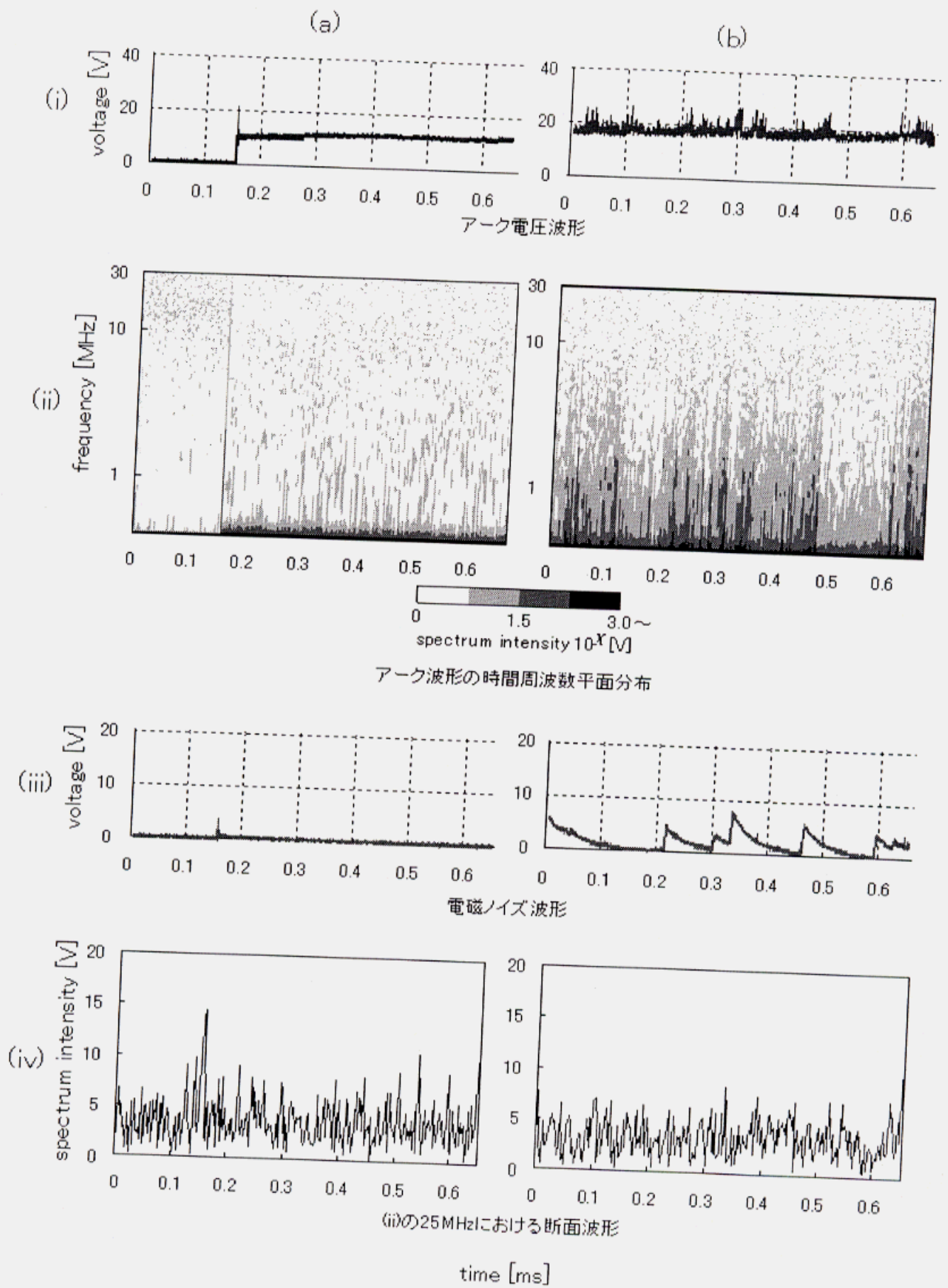


Fig. 4 時間周波数解析の結果