

第 3 3 号

電 気 技 術 史

The History of Electrical Engineering

Newsletter

平成 1 6 年 7 月 1 日発行

(社) 電気学会 電気技術史技術委員会 http://www.iee.or.jp/fms/tech_a/ahee/index.html

CONTENTS

- 真空開閉器のサージはどのように解決されたか
村井 裕 P.1
- 「フーコーは生き残れるか」
松本栄寿 P.2
- 「Management of Technology Video」
(技術経営教育向けの映像教材)の紹介
鈴木 浩 P.3
- INFORMATION
第 3 6 回電気技術史研究会
のご案内 P.4

真空開閉器のサージはどのように解決されたか

福井工業大学 経営情報学科教授 村井 裕

今でこそ真空開閉器は信頼性の高い優れた開閉器として、産業界の高い評価を受けて広く実用に供されているが、その優れた遮断性能が仇となり開閉サージが出現し、その対策に躍起になった一時期があった。ここでは、真空開閉器の開閉サージ発生からサージ撲滅に至るまでの、わが国技術者の大いなる苦労とその成果の一部を紹介する。

真空開閉器は、 10^{-4} Pa 程度の真空容器中で対向した電極を開閉して電流を制御する開閉器である。開閉器の不燃化、小型・軽量化、長寿命化、保守の省力化という要請から、わが国では 1 9 6 0 年頃から精力的に開発が進められたもので、1 9 6 0 年代半ばには市場に出現した。開発当時から真空開閉器は誘導性回路電流を遮断するときに、機器の電気絶縁を脅かすほどの高い電圧(サージ)が発生する場合があることが知られていた。その原因は「電流遮断」といわれる現象で、負荷電流の遮断時に開閉器を開くと、本来遮断されるべき負荷電流の零点前に、瞬間的に電流が遮断される現象である。電流が遮断されたとき、接続されている機器のインダクタンス中には、まだ電流が流れているために、この電流は機器の浮遊容量を充電することになる。この浮遊容量は一般的に小さいために、機器の端子間には高い

サージ電圧が現れ、場合によっては絶縁破壊に至ることがあった。このことは世界的にも大きな課題であった。このような電流遮断によるサージの発生を防ぐために、1 9 7 0 年代になってわが国において遮断電流が低い電極材料が鋭意開発され、新型真空開閉器に適用されるに及んでサージ問題は一応解決されたかのように見えた。

しかしながら、その後も真空開閉器で頻繁に開閉制御する高圧電動機回路において、電動機巻線の絶縁破壊事故が絶えず、真空開閉器の開閉サージ問題が再燃した。一時は事故の原因が真空開閉器にあるのか、それとも電動機の絶縁にあるのか、などの議論が噴出した。しかし、気中開閉器で制御される電動機回路の事故発生率との比較によって、真空開閉器の開閉サージが事故原因である可能性が濃厚になり、再度真空開閉器特有の現象として、開閉サージ問題を探る研究の必要に迫られた。

そこで、実際の高圧電動機回路を用いて真空開閉器の開閉実験が実施された。この一連の実験で最注目点は新型真空開閉器のサージフリー性能の検証(サージを出さないこと)であった。実験の結果、期待に反して、新型真空開閉器の場合にも、ある確率でサージが観測された。そして、サージが現れるのは、真空開閉器が負荷電流の零点近傍で開極した場合であり、その場合には再起電圧が繰り返し現れ、

その振幅が時間とともに拡大していることがわかった。これは従来の波形と異なる始めて目にするサージ電圧波形であった。

現象の基礎的解明のために行われた模擬回路による実験などを通して、このサージ発生には次のような全く新しいメカニズムが存在することがわかった。真空開閉器の開極が負荷電流の零点近傍であると、電流遮断直後の電極間隔は小さく、再起電圧が電極間に印加されると再発弧が発生する。再発弧が発生すると再び負荷電流が流れ始めるが、その負荷電流には回路条件で決まる高周波電流が重畳する。この合成電流は零点を何度も通過し、やがてある高周波電流零点で遮断される。この間に負荷電流は増加しているが、回路が遮断されたために、ちょうど電流遮断のときと同じように浮遊容量を充電し、最初の再起電圧より高い電圧を発生する。この「見かけの電流遮断」現象により、再起電圧が高くなったため、電極間隔が増加しているにもかかわらず次の再発弧が発生する。再発弧によって負荷電流がさらに増大し、高周波遮断後の再起電圧もさらに増大するというように、「多重再発弧」現象と「再起電圧拡大」現象が競合して高いサージ電圧が現れる。このメカニズムはわが国で初めて明らかにされた。さらに3相回路では、遮断の第1相における多重再発弧の誘導を受け、3相全相で「見かけの電流遮断」が

起こり、その電流値が大きいために危険なサージが発生することも明らかになった。この「3相同時遮断」現象の存在もまたわが国における研究で明らかにされた。

以上の研究結果から、再発弧すると波頭の急峻な進行波が電動機巻線に進入し、巻線のターン間絶縁を脅かす危険性があること、また多重再発弧が継続すると、真空開閉器の電極間耐電圧の上昇に伴い、かなり高いサージ電圧が現れ巻線の対地絶縁を脅かす危険性があることが指摘された。このような研究結果を踏まえ、真空開閉器の開閉サージ対策として、サージ電圧をクリップする避雷器、再起電圧の振幅を抑制して再発弧を防止するコンデンサ、あるいはコンデンサと抵抗の直列回路、発弧しても合成電流の早い零点で電流を遮断し、再起電圧の拡大を抑制する過飽和リアクトルなどが開発され実用に供せられた。真空開閉器の開閉サージ問題は、当時この問題に携わったわが国各社の多くの技術者による、低遮断電流の電極材料の開発、サージ発生現象の基礎的解明、サージ保護装置の開発などの成果により、1980年代にはほぼ収束した。これらの成果は電気学会技術報告「真空遮断器・開閉器の開閉サージと適用技術(1992年5月)」としてまとめられた。以上はわが国が世界をリードして研究開発を行った実例の一つである。



「フーコーは生き残れるか」

アメリカ歴史博物館 松本栄寿

アメリカ歴史博物館の名物に「フーコーの振り子」があった。それが存亡の危機にある。フーコーの振り子とは、地球の自転が目で見られる道具である。

この館の振り子は1964年の開館以来、年中休みなしに動き続け、訪れる子供達に親しまれてきた。振り子の振動は一定方向で変わることはないから、その下に描かれた羅針盤の目盛りと比較すれば振動面が時計方向に回ってゆくのが分かる。22メートル、110キログラムの大型振り子は、博

物館中央、かつての北部15州の星条旗の前にとりつけられていた。それが存亡の危機に会っている。

フランスの物理学者ジャン・フーコー(Jean Foucault, 1819--68)が1851年に発明したフーコーの振り子は、長い長い糸に重いおもりをつり下げた構造である。普通の振り子と違って、支点に対して振り子が自由に回転できる構造になっている。振り子の振動方向は、地球の自転に影響されて変わることもない。逆に、地面や床に円周状にマークをつけておけば、地球が回転していることを知ることができる。

アメリカ歴史博物館が1964年に創設された時

は、「アメリカ歴史技術博物館」という名前で、科学技術の歴史を広く取り扱う方針であった。それが1980年「アメリカ歴史博物館」と名称が変更されるとともに、科学技術と文化の相互作用に着目する展示となった。インターナリスト・ヒストリーから、エクスターナリスト・ヒストリーへの転換である。さらに2002年にはベアリングセンターの名称が付け加えられ、よりアメリカの歴史を強調する展示に転換しつつある。2002年に実施された展示「歴代大統領」、2004年に計画されている「自由への代償」などはその例である。

ことの発端は、1998年にそれまで掲げられていたアメリカ北部15州の星条旗が、修復のために取り外されると同時に、振り子が取り外されたときに始まる。現在は51州の新星条旗が掲げられている。だが、振り子が復元される気配がない。時を前後して、ニューヨーク、ワールドトレードセン

ターのテロ事件がおこり、イラク戦争がはじまった。ところがフランスが非協力的であるため、「フーコーはフランス人の発明だからはずされたんだ、それに、振り子はアメリカの歴史と何の関係もないからだ」との噂もたった。

2005年に創立40周年を迎えるアメリカ歴史博物館は、内装のリノベートを計画している。星条旗をかかげている広場は一等地である。アメリカの歴史にふさわしい展示場所として有効に使いたい、との背景があるようだ。

フーコーの振り子は、世界各地の科学技術博物館では、地球物理の基本を目で見られる場所として注目される存在である。上野の科学博物館にもある。スミソニアン の 収 蔵 庫 に 終 わ れ た ま ま の 振 り 子 は、 日 の 目 を 見 る だ ろ う か。 ま さ に 「 ア メ リ カ 歴 史 博 物 館 は ど こ へ 行 く 」 で あ る。



「Management of Technology Video」

(技術経営教育向けの映像教材)の紹介

GE パワーシステムズ 鈴木 浩

現在、わが国では MOT 教育に力を入れ始めているが、アメリカにはすでに質の高い MOT 関連の映像作品が豊富にそろっている。とくに優れていると思われる作品をまとめた、「イノベーションの世紀：アメリカの革新」シリーズが最近リリースされた。これを、一橋大学が中心となって、わが国でも MOT 教育用に利用できるように著作権を取得し、日本語字幕をつけ公開している。本シリーズの開発に要した費用は、経済産業省による「起業家育成プログラム等導入促進事業」によりまかなわれている。一橋大学イノベーション研究センター、(株)ケンジ・コミュニケーションズ、(株)三菱総合研究所の協力により実現している。

■ MOTV「イノベーションの世紀：アメリカの革新」シリーズ、以下の9作品(60分ビデオテープ15本分)から構成される。

1. 電話 ～その発明と革新(60分)
原題 “The Telephone”
Simon & Goodman Picture Company/
WGBH, Boston 1997年制作
2. 電波の帝国～ラジオを創造した男たち(120分)
原題 “Empire of the Air ～ The Men Who Made Radio”
Florentine Film/WETA, Washington
1991年制作
3. カメラの鬼才～イーストマン・コダック物語(60分)
原題 “The Wizard of Photography”
Green Light Productions/WGBH, Boston
2000年制作
4. 真空管からトランジスターへ ～半導体産業の誕生と発展(60分)
原題 “Transistorized!”
ScienCentral/KTCA 1999年制作
5. シリコンバレー ～ハイテク聖地の歴史(60分)
原題 “Silicon Valley:2001”

Santa Clara Valley Historical

Association/OPB, Oregon 2000 年制作

6. パーソナル・コンピュータの誕生と進化～Nerd
たちの勝利(180分)

原題 “Triumph of The Nerds”

RM Associates/ Channel 4 & OPB,

Oregon 1996 年制作

7. インターネットの勃興～Nerd たちの活躍(180分)

原題 “Nerds 2.0.1.～ A Brief History of the
Internet”

OPB, Oregon 1998 年制作

8. オンライン・マネー～電子決済の興隆(120分)

原題 “Electric Money”

RM Associates/OPB, Oregon 2001 年制作

9. クールの商人～ポップカルチャー・マーケティング革新(60分)

原題 “Merchants of Cool”

10-20 Productions/WGBH, Boston 2001

年制作

いずれも 19 世紀後半から 20 世紀末にかけてのアメリカにおける主要なイノベーションをとりあげたものである。電話、ラジオ、カメラ、半導体、コンピュータ、インターネット、電子決済など、それぞれのイノベーションがどのような経緯で実現、発展し、その過程で様々な人々、組織、政府、制度がどのようにに関わり、またそれぞれのイノベーションが経済、産業、社会、文化などにいかなる影響を及ぼしたのかを、貴重な映像を駆使してわかりやすく描いている。作品は全てアメリカの公共放送(PBS: Public Broadcasting Service)に所属する各地のテレビ局や独立系番組制作者が制作したものである。ビデオの貸出については、下記ウェブサイトをご参照下さい。

一橋大学 イノベーション研究センター

<http://www.iir.hit-u.ac.jp/>

MOT e-プラットフォーム

<http://www.mot.gr.jp>



INFORMATION

第 36 回電気技術史研究会

[委員長] 末松安晴(国立情報学研究所)

[副委員長] 柳父 悟(東京電機大)

[幹事] 石垣幸雄(日立), 高橋正雄(東芝)

[幹事補佐] 田井修市(三菱電機), 圓岡才明(東芝)

日時 7月16日(金) 13:00～17:00

場所 電気学会第1～第5会議室(東京都千代田区五番町6-2 HOMAT HORIZON ビル8階, JR 中央線(各駅停車)市ヶ谷駅下車, 営団地下鉄有楽町線・南北線, 都営地下鉄新宿線市ヶ谷駅下車, 3 番出口より徒歩2分 TEL 03-3221-7201)

場所の詳細は, 次の URL をご参照ください。

<http://www.iee.or.jp/honbu/map.pdf>

座長 武内 良三(日立製作所)

議題 テーマ「電気技術史一般」

HEE-04-5 【特別講演】科学技術振興機構の技術移
転事業 細江孝雄(JST)

HEE-04-6 【特別講演】大学から産業界への技術移
転の方法と課題 新谷由紀子, 菊本 虔(筑
波大学産学リエゾン共同研究センター)

HEE-04-7 何故 技術移転の歴史を研究するのか?

荒川文生(地球技術研究所), 高橋正雄(東芝)

HEE-04-8 第3回マウイ会議開催 その成果と今後

田中秀雄, 今田 順(東京電力), 荒川文生(地球
技術研究所), 高橋正雄, 圓岡才明(東芝)

電気技術史 第33号

発行者 (社)電気学会
電気技術史技術委員会
委員長 末松安晴
副委員長 柳父 悟
編集人 News Letter 編集委員会
〒102-0076
東京都千代田区五番町 6-2
HOMAT HORIZON ビル 8F
発行日 平成 16 年 7 月 1 日
禁無断掲載