

災害・公害に対する電力系統の信頼度向上

Improvement of Reliability in the Electric Power
Systems Against Natural Hazards and Environmental Disturbances

河村達雄*・原島文雄*

Tatsuo KAWAMURA and Fumio HARASHIMA

1. ま え が き

最近大都市における電力エネルギーを供給する電力系統に要求される信頼度は益々高度になりつつあり、かような電力系統を災害・公害から最も有効的に防除するための方策に関する研究は従来にも増してその重要性を増している。このような点に着目して、筆者らは災害・公害に対する電力系統の最適防護を目的として研究を行っている。研究の対象としては、大都市へのエネルギー供給の根幹となる超高压大電力系統において、主として災害に対する信頼度の評価とその向上に関する研究と整流器負荷、特にサイリスタ負荷に対する電力系統の高調波障害に対する防除について研究を行っている。

電力需要の飛躍的増大に伴って、わが国においても超高压送電線が建設されるようになり、さらに超々高压送電線の建設も計画されている。このような大電力系統が一旦災害、公害による事故に見舞われるとその影響する範囲が大きく、このためかような電力系統においては、従来にも増してその絶縁信頼度の評価とその向上をはかることが重要である。電力系統における事故の原因として、まず取り上げなければならないのは、雷、台風などの自然災害による絶縁破壊、系統の開閉操作に起因する異常電圧による絶縁破壊事故等があげられる。

自然雷や台風などを取り上げるに当っては、その影響を及ぼす範囲に着目すると同時に時間的変動を考慮する必要がある。したがって、雷ならびに台風などの自然条件については地域的、時間的な統計分布を考慮して、これらに起因するフラッシュオーバー事故発生の確率につき解析を行ない、事故率と関連して電力系統の絶縁信頼度の検討を行う必要がある。さらに系統の開閉操作による異常電圧によるフラッシュオーバー事故の解析とあわせて電力系統における絶縁信頼度の評価と災害の防除、最適の系統構成および制御について研究を行なう計画である。

最近電力系統において整流器負荷、特にサイリスタの点弧制御を行う負荷が増大し、電力系統に含まれる

高調波電圧、電流の問題が新しい公害として発生しつつある。これによってじょう乱を受ける機器としてはきわめて広汎な範囲に及び、将来整流器負荷が広く一般産業や家庭にまで普及した段階においては深刻な事態が予想される。

これらの事態を背景として、本研究においては系統の電圧に含まれる高調波の予測および伝搬の研究、高調波を発生する機器および高調波によってじょう乱をうける機器の分析、さらには高調波障害に対する対策に関する研究を行うものであって、本研究によって高調波公害を未然に防止する方策が確立し得るものと期待される。

2. 電力系統における災害事故の防止

大都市における電力需要の増大に伴って、わが国においても最近超高压送電線が続々と建設され、さらに超々高压送電線も計画されている。これらの送電線はわが国におけるエネルギー伝送の根幹であって、その事故が影響を及ぼす範囲はきわめて大きく、特にこのような大電力供給システムの絶縁信頼度を向上させることはきわめて重要な問題となっている。この点に着目して、本研究においてはかような大電力系統を対象として、災害事故を軽減せしめるための最適の防護策についての研究を進める計画である。

電力系統における絶縁破壊事故の原因として考えられる因子としては次の3種類があげられる。

- (a) 自然雷
- (b) 開閉サージ
- (c) 塩あるいは塵埃に基づく汚損に起因する絶縁耐力の低下

自然雷および台風の時間的推移とこれに基づく気象条件の地域的分布が求められれば、送電線における絶縁破壊の確率は筆者等が開発した手法を適用することによって算定することができる。さらに開閉サージについては、電力系統に発生する開閉サージ電圧の統計分布をもとめ、これらの発生分布と系統条件から電力系統における絶縁信頼度を評価することが可能である。かように本研究においては、電力系統における絶縁信頼度の解析に当って、最近特に注目を浴びている統計的手法を適用することによって行うもので、かような

手法による研究はきわめて少なく、したがって本研究によって従来未知の知見をもとめることができるものと期待される。これらの成果を利用して、大都市への電力の供給支障を最小にさせるための電力系統の方式、構成を明らかにすることが可能と考えられる。

1) 研究の方法

本研究を進めるに当っては、さきに述べた災害の要因により、次の手順にしたがって研究を進める計画である。

- i) 雷、台風時における気象条件などの時間的ならびに地域的变化に関する統計量の収集、解析
- ii) 雷による電力系統のフラッシュオーバー事故に関する解析と絶縁信頼度の評価ならびに対策
- iii) 汚損条件下における電力系統のフラッシュオーバー確率の解析と信頼度を向上せしめる系統の最適防護方式の開発
- iv) 開閉サージの発生頻度分布とこれに起因する電力系統のフラッシュオーバー事故確率に関する解析と絶縁信頼度の評価ならびに対策
- v) 電力系統における災害・公害の最適防護のための方策に関する研究

i) に関しては、送電線における雷災害事故と関係のある雷撃に関するパラメータをもとめるために、雷放電電流に関する諸パラメータの収集を行うとともに、汚損条件下における送電線のフラッシュオーバー事故と関係のある気象因子として、気温、相対湿度、風速、降雨量、かいし表面温度等に関する時間的ならびに地域的变化に関する統計量をもとめ、これらの結果について解析を加える。

ii) に関しては、送電線における雷しゃへい、逆フラッシュオーバー等について、理論的およびモデル送電線鉄塔設備を利用した実験的研究により、自然雷に対する送電線の絶縁信頼度に関する評価と有効な防護策について研究を行う。

iii) 汚損条件下における上記の気象条件とフラッシュオーバー現象との関連について研究を行い、電力系統におけるフラッシュオーバー確率を算定するための計算プログラムを作成し、さらに台風などの気象条件下における電力系統のフラッシュオーバー事故の予測、信頼度向上のための方策について研究を行う。

iv) に関しては、電力系統における開閉サージの発生頻度分布をもとめるために、送配電網シミュレータを試作し、系統構成、しゃ断器の投入時間のばらつき等を変化させた場合の発生開閉サージ電圧の統計分布をもとめ、開閉サージに対する電力系統の絶縁信頼度を評価するための研究を進める。

v) 上記の研究成果を総合して、電力系統において、災害・公害上考慮すべき要因によるフラッシュオーバー事

故発生確率をもとめ、最適の防護方式に関する研究を行う。

2) 研究の経過

本研究の一部は第一次臨時事業において実施したもので、その成果とあわせて電力系統における災害・公害の最適防護を目標として研究を行っている。本年度における主な研究項目は次の通りである。

- i) 雷放電カウンタによる対地雷放電頻度の地域分布とその結果の電力系統における災害防止への適用に関する研究
- ii) 送電線における雷しゃへいの解析と有効な雷しゃへい方式の確立
- iii) 送電線における逆フラッシュオーバー現象の解析と最適の防護対策に関する研究
- iv) 汚損条件下における送電系統のフラッシュオーバー確率の算定と送電特性を向上させるための方策の確立
- v) 送配電網シミュレータの試作とこれによる電力系統に発生する開閉サージ電圧の統計分布の収集ならびに検討

3. 電力系統における高調波障害の防止

最近、電力系統において、整流器負荷、特にサイリスタの点弧制御を行う負荷が増大し、力率の低下、電力系統に含まれる高調波電圧、電流の問題が新しい公害として発生しつつある。

負荷の力率の低下は、送配電損失を増大させ、送配電機器の容量増大、機器の加熱の原因となる。また、系統に含まれる高調波は、多くの電気機器、電子機器に悪影響を与える。系統の高調波によってじょう乱を受ける機器としては、テレビ、帰還増巾器、電力用コンデンサ、遠隔制御装置、計算機、電力計、電信・電話など数多くのもものがあげられ、将来、整流器負荷が広く一般産業および家庭にまで普及した段階においては深刻な事態が予想される。

本研究においては、上記の事を背景として、整流器を含む負荷による力率の低下および高調波の発生メカニズムの解析、系統に含まれる高調波の伝搬の研究、整流器負荷による力率の低下、高調波の発生防止、高調波によってじょう乱をうける機器の分析などの研究を行うものである。以下に、研究の方法、今までの研究経過などについて述べる。

1) 研究の方法

本研究の進め方は大別して次の3つに分けられる。

- i) 公害(力率の低下、高調波電流・電圧)の発生メカニズムおよびその伝搬に関する研究
- ii) 被害をうける機器の分析

iii) 公害の発生防止および対策

i) に関しては、半導体整流素子を用いた各種電力変換装置およびその負荷の動作特性を詳細に解析し、無効電力および高調波の発生を定量的に把握することを目的としており、具体的には、次のものを対象としている。

- a. 順変換器およびその負荷が発生する無効電力および高調波の解析。
- b. 逆変換器およびその負荷が発生する電源電流の脈動の解析。
- c. サイクロコンバータおよびその負荷が発生する無効電力および高調波の解析。

ii) に関しては、影響をうける機器は多種にわたっており一般的な議論は困難であるので、次のものを対象として研究を行う予定である。

- a. 力率の低下、高調波の発生が、送配電機器、変換器などの容量増大、発熱などに与える影響。
- b. 系統に含まれる高調波が他の電気機械の動作特性に与える影響。

iii) に関しては、高調波を含む無効電力の発生を極力少なくする回路構成およびその制御方式の研究と発生した高調波を含む無効電力を補償する装置の開発を目的としており、具体的には、次の研究題目によっている。

- a. サイリスタ群の点弧管理によって、電源側に発生する低次の高調波を含む無効電力の発生を最少にする制御方式の開発
- b. 任意波形の無効電力を発生する装置を開発し、これにより負荷の発生する低次の高調波を含む無効電力を補償する方式の研究。

2) 研究の経過

本年度は、臨時事業における本研究の初年度であり、(1)の研究の方法において述べた研究課題のすべてに着手しているとはいえないが、すでに研究の進行しているものについて、以下に述べる。

- i) 逆変換器およびその負荷が発生する電源電流の脈動の解析。

インバータ(逆変換器)によって駆動される誘導電動機およびインバータと同期電動機を組合せた無整流子電動機の発生する電源電流の脈動については、すでに過去数年間研究を行っており、一応の成果を得ている。

- ii) 電鉄き電回路の高調波低減に関する研究。

交流電化区間における駆動用の変換器および電動機が発生する低次の高調波の発生の様子を解析し、半サイクルに複数個の強制消弧を行うことにより、低次の高調波を低減する方式について、シミュレーションおよびモデル実験によって研究を行っている。

- iii) 追従制御方式によるサイリスタ負荷の力率改善に関する研究。

エネルギー蓄積素子として、リアクトルを用い、電流形インバータおよびフィルタによって、任意波形の無効電力を発生し、追従制御方式によって、サイリスタ負荷が発生する低次の高調波を含む無効電力を補償する方式の開発を行っている。本研究については、すでに基礎的な研究をおわり、現在実用上の問題について検討を行っている。

- iv) サイクロコンバータの電源側高調波の解析およびその低減策、サイリスタ群の点弧管理による電力変換器の電源側高調波の低減に関する研究は、現在、研究に着手したところである。

4. む す び

大都市にエネルギーを供給する電力系統に要求される信頼度は益々高度になりつつあり、したがってこれを災害・公害から防護するための最適の方策に関する研究は益々重要な度を加えている。この点に着目して、筆者らは本臨時事業において、まず都市にエネルギーを供給する大電力系統における災害・公害に対する絶縁信頼度の評価とその信頼度を向上させ、またこれを防護するための最適の方策について研究を行っている。さらに、電力系統において新しい公害として注目され、その防護対策の確立が要望されている高調波障害の防止に関する研究も進めている。

このような観点に立脚して総合的な観点から行った研究は今迄にあまり例がなく、従って本研究の成果はこれらの分野における新しい知見をもとめ得るものと期待される。

(1975年1月20日受理)

参考文献

- (1) 河村, 石井, 森田, 伊坂「汚損条件下における電力供給システムの絶縁信頼度」生産研究 26, p. 23, 1974. 2.
- (2) 河村, 北條, 石井「雷に対する電力供給システムの絶縁信頼度」生産研究 26, p. 455, 1974. 11.
- (3) T. Kawamura, et al.: Statistical Approach to the Insulation Co-ordination of Substations against Lightning Overvoltage, CIGRE 1974 Session, Group 33: Overvoltages and Insulation Co-ordination, 1974. 8.
- (4) 河村, 石井「フラッシュオーバー統計」昭和49年電気四学会連合大会論文集 38, 1974. 10.
- (5) 河村, 石井「フラッシュオーバー統計と絶縁設計」電気学会放電研究会資料 ED-74-41, 1974. 10.
- (6) 原島, 内田「状態推移法によるインバータ誘導電動機系の解析」電気学会雑誌 Vol. 89-12, 1969年12月
- (7) 沢井, 原島, 賀屋「多重式および複数パルス式インバータによって駆動される誘導電動機の解析」電気学会雑誌 Vol. 90-12, 1970年12月.
- (8) 原島, 柳瀬, 渡辺「状態推移法によるサイリスタ無整流子電

動機の解析」計測自動制御学会論文集, Vol. 8. No. 6, 1972年6月.
 (9) F. Harashima: On the Operating Characteristics of Induction Motors Fed by Thyristor Inverters; 生研報告 Vol. 24, No. 1 1974年10月.
 (10) F. Harashima and T. Yanase: State Space Analysis of

A. C. Motors Fed by Thyristor Inverters, IFAC Symposium on Control in Power Electronics and Electrical Drives 1974年10月 (Düsseldorf).
 (11) 江原, 小山, 原島「直流リアクトルを考慮した無整流子電動機の解析」電気学会論文誌 Vol. 93-B No. 12 1974年12月.



次号予告 (4月号)

研究解説

科学観測気球の信頼性の向上.....	岡本 智
コンクリートと複合 (II)	小林 一輔
—複合系としてのコンクリート—	

研究速報

ナイロン6を用いる逆浸透膜の研究 (その2)	吉田章一郎
	山辺 武郎
	原島 文雄
追従制御方式によるサイリスタ負荷の力率改善.....	稲葉 博
	小山 考男
	三井 公之
光点変位法による表面あらさの実時間測定装置の試作.....	佐藤 壽芳
	金 鉉奎
NaCl単結晶の低温における塑性変形機構.....	中村 和夫
	鈴木 敬愛
	棚沢 一郎
血液における気体の物質移動過程の基礎研究.....	桑原 啓一

研究室紹介

生駒研究室.....	生駒 俊明
------------	-------