



研究室紹介

電力工学・高電圧工学講座 (電気工学科第一講座)

木 下 仁 志*

本講座は、主として電力系統における電気エネルギーの発生と伝送および消費と発生のバランスを取り扱う工学を対象としている。

電気エネルギーの安定供給は、今日では人間生活や社会、産業活動に必要不可欠の前提条件となっているが、それを可能にしたのは電力工学という一分野が地道な発展をとげてきたからにはかならない。今後も、電力系統の拡大と質的变化および電気エネルギーへの変換方式の多様化と共に、この学問は多くの難題を基礎的な視点でとらえ解決して行かねばならない。

電力工学講座の使命もそこにあるが、本学のこの講座は大阪工業大学創設時に設置され、昭和33年からは高電圧工学が付加された。現在の研究室の人員構成は、木下仁志教授、松浦虔士助教授、松原一郎学内講師、木村紀之助手、山本賢司技官、平田和子事務補佐員、大学院学生9名と研究生1名である。研究の内容は、対象とする電力工学の性質上きわめて多岐に亘るが、我々は一貫して基本を重視し、フレキシビリティの大きいユニークな学問体系を確立することを目指している。

以下に、最近の研究のいくつかをとり上げ紹介する。

1. 非同期連係を含めた電力系統の特性把握に関する研究

電力伝送容量の増加と電源の遠隔地へのシフトなどが要因となって従来の交流系統に直流送電が導入され、電力系統は質的に大きく変化しはじめている。このことは、従来の同期連係に非同期連係を含めた電力系統の計画や運用を取り扱う学問体系が必要となってきたことを意味

する。現在実用化されている他励式交直変換方式では交流側に電源が欠落する場合電力供給が行えない。このため、交流系事故時の緊急応援や電源をもたない離島への送電が不可能となる。これらをも可能とするもっと普遍的な非同期連係は、自励式交直変換方式によって達成される可能性がある。我々は、このような視点で自励式交直変換方式による系統の非同期連係を研究課題として取り上げ、すでに定電流動作の直列ダイオード方式インバータを試作した。これに PWM 方式を取り入れることにより交流側の電圧制御や発生する高調波の低減が原理的に可能となることを見い出した。今後は複数の変換器の間の協調制御方式を新しく開発することが課題である。このような普遍性のある非同期連係を含む電力系統の特性を把握しておけば、直流出力の各種新種電源を将来電力系統に導入する際にも役立つ。

2. 電力の供給信頼度の向上に関する研究

電力消費者の要求は、電圧と周波数が許容範囲内で一定の電力が必要なときにいつでも使えるということである。その要求を満たす度合いが供給信頼度で、これを経済的に実現することが電力工学の重要課題である。これに対して最も大きな隘路となっているのは架空送配電線への落雷や誘導雷による事故である。

落雷は、帯電した雷雲と地表との間の数 100 m ～数 km の大気絶縁の破壊現象であるが、現在の高電圧工学では解明出来ない問題—たとえば、落雷点の事前予測がきわめて困難—が多く残されている。当研究室でも過去に、直流、交流、パルスなど各種高電圧による実験室規模の気中閃絡、碍子沿面閃絡およびコロナ放電現象を詳細に観察したが、雷のような超大ギャップ放電の機構を解明するまでには至っていない。

*木下仁志 (Hitoshi KINOSHITA), 大阪大学
工学部電気工学科教授, 工学博士, 電力工学

しかし、落雷の条件さえ整えばステップリーダーの先端から地上の最も近い所に向かって放電路が形成されるという Armstrong-Whitehead 流の単純な仮説に送電線路に沿う地形の効果を加味すれば、雷しゃへい失敗事故の確率を可成りの確に推定できそうだという結論を得た。一方、このようなマクロな捕え方とは視点を変え、更に詳細に個々の雷事故を分析すると、中間に無事故鉄塔をはさんで数基の鉄塔に跨がり地絡点が分布するという事実とか、多くの電力線にほぼ同時に異極性の雷サージが発生するという事実—これらは多相多回線の同時事故という供給信頼度の面からはきわめて深刻な事態と関連している可能性が高い—が存在することもわかってきた。このような現象は、日本海の対馬暖流をエネルギー源とする北陸の冬期雷による送電線の雷事故時に多く見受けられるので、当研究室では2年前から敦賀市山中峠で雷放電光、地上電磁界の変化、雷鳴等の総合的な観測を実施している。これまでの観測によると、冬期雷の雲底は地上600m程度以下の場合が多く、地上電界も比較的大で20kv/mを超えることがある。また、送電設備からの上向き先行放電が発生したり、水平方向に伸びる放電路がみられるなど、その様相は次第に明らかとなってきた。今後更に観測を重ねて、雷放電の様相と送電線事故との関連を解明し合理的な事故対策を計りたいと考えている。

次に、電力系統の保護や事故防止と関連することで、未解明の点が多く残されている発電所接地網の過渡接地インピーダンスの特性についても研究を行っている。目的は接地網構成や土壤電気特性が過渡インピーダンスに与える効果を定量的に予測することであるが、すでに数年前に60m四方規模の接地網でのフィールドデータを得ており、計算との照合などを行ったが、最近では更に簡単に大規模な接地網の過渡インピーダンス特性を明確にすることを目的として、縮小モデルを用いる手法を開発中である。

3. 新種エネルギー源の電力系統への導入に関する研究

すでに主要な電気エネルギー源となっている

火力および原子力に対しては、先行き資源逼迫の問題のあることは周知のとおりである。また、このような電気エネルギーへの変換は、“熱エネルギー”→“機械エネルギー”→“電気エネルギー”という経過をたどっており、どうしても回転機（主に同期発電機）が必要となるので系統の安定度を保持するための設備やソフトに多額の投資を余儀なくされている。

そこで、我々は上記の変換過程における機械的エネルギーの過程を無しにした“熱エネルギー”→“電気エネルギー”という直接変換を静止固体電子装置で実現することを目指とし、数年前から研究に着手した。熱源は差し当たり資源問題の解消ということも考慮して、海洋に貯蔵された渾大な熱エネルギー（温度勾配を有する）を対象としている。第一の問題は、温度差僅か20℃程度の低質の熱エネルギー（量は渾大だが）を如何に有効に電気エネルギーに変換するかということであった。しかし、すでに解決の糸口を、Bi-Te-Sn-Seの四元合金にドーパントを加えたP形・N形半導体素子が多数直列接続された電極に、熱を金属アルミと同程度に伝え電気的には絶縁物であるベリリアセラミックスの薄板を介して流体（最終的には海水）から奪熱させる構成の熱電交換器を用いることによって見い出している。昨年PN素子対3720ケを用いた発電装置（流体系を含む）を組み上げ、温度差20℃で5 wattの発電出力を得ることに成功した。我々のこの発電装置の特長は、固体電子素子を装着する熱電交換器の多段積層構造にあり、海外および国内の第一線の研究者の見学後の評価もすべてこのところに集中している。

この発電装置による直流出力を固体制御半導体素子により交流に変換すると同時に、出力・電圧制御および高調波低減を行うハードとソフトの開発も併せ進めている。また、更に先を見とおして、もっと多様な熱源—核分裂や核反応による熱、地熱、産業廃熱など—が利用できるようより高温動作の固体直接熱電変換器の開発も研究のスコープの中に含めている。