

氏名（本籍）	杉本重幸（岐阜県）
学位の種類	博士（工学）
学位記号番号	甲第 113 号
学位授与年月日	平成 11 年 6 月 16 日
専攻	電子情報システム工学専攻
学位論文題目	パワーエレクトロニクス技術の適用による電力系統の高機能・安定化に関する研究 (Study on High-performance and Stabilization of Power Systems applying Power Electronics Technologies)
学位論文審査委員	(主査) 教授 渡邊 貞 司 (副査) 教授 阪上 幸 男 教授 岡崎 靖 雄 教授 野々村 修 一 助教授 王 道 洪

論文内容の要旨

電気エネルギーは、輸送や取扱いが簡単でエネルギー変換が多様なこと、安全かつクリーンなエネルギーであること、などから年々需要が増え続け、現代社会にとって不可欠なエネルギーになっている。このような背景の中で、電力系統は大規模かつ複雑になり、これを運用する上での様々な問題が生じている。例えば、基幹系統では、短絡容量の増加対策や大容量の長距離送電線の安定度向上と送電電力増加のための方策などが、また配電系統では、対地静電容量の増加に伴う 1 線地絡電流の増加対策や夏季の冷房需要によるピーク電力の増加対策などが、重要課題の主なものである。

本研究は、近年の電力系統をめぐる様々な問題を解決するため、パワーエレクトロニクス技術を応用した新しい電力用機器を提案し、その具体的な回路構成や制御法を検討するとともに、シミュレーション解析や試作器による検証試験によって、これらの機器の電力系統への適用効果を明らかにしたものである。

本論文は 8 章から成っており、各章の内容梗概および主な研究成果の概要は以下の通りである。

第 1 章は緒言で、研究の背景と目的、および本論文の概要を述べたものである。

第 2 章では、“配電系統の対地静電容量の増加に伴う 1 線地絡電流の増加”の対策として、サイリスタを用いた地絡電流抑制装置を提案し、これが地絡故障発生時の故障判定と地絡電流の抑制に極めて効果的に作動することを示している。

この装置は、リアクトルのリアクタンス値の変更が迅速に行え、地絡保護リレーへの影響が少ないため、既設の配電系統に容易に適用できるなどの特長を有している。

第 3 章と第 4 章は、“夏季の冷房需要の急増に伴うピーク電力の増加”の対策として、電気二重層コンデンサをエネルギー蓄積要素としたピーク電力カット用の電力貯蔵装置の具体的な回路構成と制御法を検討し、シミュレーションによる動作解析と試作器による検証試験を行うことにより、この装置を系統に適用した場合の効果を考察したものである。

本装置を従来の二次電池形電力貯蔵装置と比較すると、長寿命、保守が簡単、充放電効率が高い、などの特長を有するので、都心部の配電変電所に設置する電力貯蔵装置に適した方式と言える。

第5章と第6章では、“長距離・大容量化が進む基幹系統の安定度向上”を図る新しい保護システムとして、直列補償方式の限流装置を提案し、その基本構成と制御法を示すとともに、シミュレーションによる動作解析と過渡安定度の評価を行うことによって、本装置が故障電流の抑制および系統の安定度向上に大きく寄与することを明らかにしている。

本装置は、半導体スイッチ素子を用いているため高速限流動作が可能、常時の通電電力損失が少ない、系統の動揺を迅速かつ効果的に抑制できるため安定度の大幅な向上が図れる、などの優れた機能を有している。

また、本装置を“500kV系統における短絡容量の増加”の対策に適用する場合の特性解析を行い、装置の配置方法や限流インピーダンス等の決定法、起動リレーの制御法などを検討するとともに、短絡容量を目標値以下に抑制できることを明らかにし、本システムが500kV系統の短絡容量抑制に適した方式であることを示している。

第7章は、従来の他励式直流連系の設備に自励式の直流連系設備を付加した直流連系システムに関する考察である。

自励式直流連系設備は、融通有効電力と独立に広範囲の無効電力の制御が可能で、これを従来の他励式設備と協調して制御することにより、大幅な動作特性の改善が期待できる。

本論文では、直流連系設備の起動・停止時、潮流反転時、緊急停止時、および交流系統での故障発生時の各場合について、具体的な協調制御の動作シーケンスを提案し、その適用効果を解析により評価している。

その結果から、既設の他励式直流連系設備の運転継続性の向上、および交流系統の電圧変動や過電圧の抑制が図れることを明らかにしている。

第8章は結言で、本論文の総括と工学的意義、今後に残された課題などについて述べている。

以上のように、本論文の中で提案したパワーエレクトロニクス技術を応用した新しい電力用機器とその制御法は、いずれも従来にない優れた特長を持つものである。これらの機器を電力系統に適切に配置することにより、大規模・複雑化する電力系統の様々な問題を解決でき、今後の電力系統の高機能・安定化を図ることができる。

論文審査結果の要旨

電気エネルギーは、輸送や取扱いが簡単でエネルギー変換が多様なこと、安全かつクリーンなエネルギーであること、などから年々需要が増え続け、現代社会にとって不可欠なエネルギーになっている。このような背景の中で、電力系統は大規模かつ複雑になり、これを運用する上での様々な問題が生じている。例えば、基幹系統では、短絡容量の増加対策や大容量の長距離送電線の安定度向上と送電電力増加のための方策などが、また配電系統では、対地静電容量の増加に伴う1線地絡電流の増加対策や夏季の冷房需要によるピーク電力の増加対策などが、重要課題の主なものである。

本研究は、近年の電力系統をめぐる様々な問題を解決するため、パワーエレクトロニクス技術を応用した新しい電力用機器を提案し、その具体的な回路構成や制御法を検討するとともに、シミュレーション解析や試作器による検証試験によって、これらの機器の電力系統への適用効果を明らかにしたものである。

本論文は8章から成っており、各章の内容梗概および主な研究成果の概要は以下の通りである。

第1章は緒言で、研究の背景と目的、および本論文の概要を述べたものである。

第2章では、“配電系統の対地静電容量の増加に伴う1線地絡電流の増加”の対策として、サイリスタを用いた地絡電流抑制装置を提案し、これが地絡故障発生時の故障判定と地絡電流の抑制に極めて効果的に作動することを示している。

この装置は、リアクトルのリアクタンス値の変更が迅速に行え、地絡保護リレーへの影響が少な

いため、既設の配電系統に容易に適用できるなどの特長を有している。

第3章と第4章は、“夏季の冷房需要の急増に伴うピーク電力の増加”の対策として、電気二重層コンデンサをエネルギー蓄積要素としたピーク電力カット用の電力貯蔵装置の具体的な回路構成と制御法を検討し、この装置を系統に適用した場合の効果を考察したものである。

本装置を従来の二次電池形電力貯蔵装置と比較すると、長寿命、保守が簡単、充放電効率が高い、などの特長を有するので、都心部の変電所に設置する電力貯蔵装置に適した方式と言える。

第5章と第6章では、“長距離・大容量化が進む基幹系統の安定度向上”を図る新しい保護システムとして、直列補償方式の限流装置を提案し、その基本構成と制御法を示すとともに、シミュレーションによる動作解析と過渡安定度の評価を行うことによって、本装置が故障電流の抑制および系統の安定度向上に大きく寄与することを明らかにしている。

本装置は、半導体スイッチ素子を用いているため高速限流動作が可能、常時の通電電力損失が少ない、系統の動揺を迅速かつ効果的に抑制できるため安定度の大幅な向上が図れる、などの優れた機能を有している。

また、本装置を“500kV系統における短絡容量の増加”の対策に適用する場合の特性解析を行い、短絡容量を目標値以下に抑制できることを明らかにし、本システムが500kV系統の短絡容量抑制に適した方式であることを示している。

第7章は、従来の他励式直流連系の設備に自励式の直流連系設備を付加した直流連系システムに関する考察である。

自励式直流連系設備は、融通有効電力と独立に広範囲の無効電力の制御が可能で、これを従来の他励式設備と協調して制御することにより、大幅な動作特性の改善が期待できる。

本論文では、直流連系設備の起動・停止時、潮流反転時、緊急停止時、交流系統での故障発生時の各場合について、具体的な協調制御の動作シーケンスを提案し、その効果を評価している。

その結果から、既設の他励式直流連系設備の運転継続性の向上、および交流系統の電圧変動や過電圧の抑制が図れることを明らかにしている。

第8章は結言で、本論文の総括と工学的意義、今後に残された課題などについて述べている。

以上を要するに、本論文は大規模化する電力系統の安定化方策として、パワーエレクトロニクス技術を駆使した機器およびその制御法を提案し、その有効性を明らかにするなど、電力の安定供給ばかりでなく工学の発展に寄与するところ極めて大である。

よって、審査の結果、本論文が博士（工学）の学位論文として適格であると認め、合格と判定した。

最終試験結果の要旨

渡邊貞司、阪上幸男、岡崎靖雄、野々村修一、王道洪で構成する審査委員会は、この論文の主要部分を以下の査読付き論文5編と査読付き国際会議論文3編にそれぞれ第1著者として書いており、その論文は学位論文として十分に完成された内容を有しているものと認め、最終試験（公聴会）を開催し、審査した。審査委員会での審議の結果、合格と判定した。