

論文審査の結果の要旨

報告番号	博(工)甲第 <b>59号</b>	氏名	中尾 宏
学位審査委員	主査 丸田 英徳 副査 辻 峰男 副査 樋口 剛 副査 山下 敬彦 副査 柴田 裕一郎 副査 黒川 不二雄		

論文審査の結果の要旨

中尾宏氏は、2015年10月に長崎大学大学院工学研究科博士後期課程に社会人学生として入学し、現在に至っている。同氏は、工学研究科博士後期課程に入学以降、当該課程の所定の単位を修得するとともに、デジタル制御方式DC・DCコンバータの故障予測に関する研究を行い、その成果を2018年7月に主論文「スイッチング方式電力変換回路のデジタル制御に基づく故障予測に関する研究」として完成させ、参考論文として、学位論文の印刷公表論文6編（うち審査付き論文6編）を付して、博士（工学）の学位を申請した。長崎大学大学院工学研究科教授会は、2018年7月の定例教授会において論文内容等を検討し、本論文を受理して差し支えないものと認め、上記の審査委員を選定した。委員は主査を中心に論文内容について慎重に審議し、公開論文発表会を実施するとともに、最終試験を行い、論文審査および最終試験の結果を2018年8月の工学研究科教授会に報告した。

本論文では、デジタル制御による電源特有の新機能としてソフトウェア実装の故障予測機能を追加することで、オンライン動作が可能で、コストの追加無しに実装が可能な劣化検出、故障予測技術の提案を目的としている。制御用マイクロコンピュータが制御のために取得している入出力電流や電圧を用いて、その情報の時間依存性の傾向を元に故障予測を行う新たな方法を提案している。

故障予測法としてこれまでに大きく分けて二つの手法が提案されている。一つは、統計的手法で、装置の設置環境の温湿度等を元に高温環境に設置された装置は寿命が短いといった判断を行う

手法である。もう一つの手法としては、故障要因となる部品の特性を動作中に実際に測定して故障の予兆を捉える手法がある。この方法では、回路に追加したセンサにより故障部品に流れる電流や電圧の情報を測定して特性の劣化を検出する。個々の部品の特性を評価するためには、追加すべきセンサ数が増加し、回路規模も増加するというデメリットがあるが、部品毎の寿命ばらつきに対応して寿命予測ができるという点で統計的手法よりも精度を上げられる可能性がある。本論文は、後者に属するが、この方法のデメリットであるセンサの追加を行わずに実現できることで、その長所を遺憾なく発揮できるようにした点が画期的である。これにより、なかなか進まなかった実用化が一気に進む可能性が出て来たことで、この分野におけるIoTが大きく展開することが期待できる。

スイッチング電源においては、主要部品である出力フィルタを構成する電解コンデンサの劣化がその寿命を決定するとまで言われ、電解コンデンサの劣化診断は古くから研究されてきた。しかし、微少な電圧リップルの大きさから劣化を判断するものが多く、その精度を上げることは困難であった。そこで、ここでは、過渡応答特性に着目し、その際に生じるリンキングから劣化による抵抗分の増加を検出する事で、故障診断に繋げるという新規な提案に基づいて、それを通常用いている制御用のマイクロコンピュータ内蔵のA/D変換器で検出されるフィードバックのための電圧で判定することにより実現している。通常検出される電圧値の時間的変化を通常よりも長く観測するだけで、劣化検出と故障予測が出来るという優れた特徴を持っている。

また、もう一つの主要部品である電力用半導体素子のMOSFETの劣化をそのオン抵抗分の増加にあることに着目し、回路全体の電力効率が変化することで検出している。スイッチング電源は、この電力用半導体のスイッチング動作で動作しているため、この素子の破壊は、電源にとって極めて致命的である。

さらに、制御用半導体素子で、その劣化が制御特性に大きな影響を与えるフォトカプラの劣化による感度低下を検出する方法も提案している。フォトカプラは、出力電圧の検出回路に使用されることが多く、出力過電圧を発生させることにつながり、発火、発煙や電源が接続された負荷装置の破壊といった重大故障に直結するため、劣化検出および故障予測の必要性が極めて高い。

以上のように本論文は、現在、高い関心が寄せられている省エネのためのエネルギーマネージメントのキーテクノロジーとなるデジタル制御方式のDC-DCコンバータの劣化検出および故障予測を行い、スイッチング電源の信頼性を高め、事故の発生を防ぐものであり、その目的と内容には大いに新規性および独創性があり、高い学術的価値を有するものと評価できる。

学位審査委員会は、中尾宏氏の研究成果が電気電子工学の分野において極めて有益な成果を得るとともに、パワーエレクトロニクス学の進歩発展に貢献するところが大きく、博士（工学）の学位に値するものとして合格と判定した。