

誘導機の故障診断技術

誘導機故障診断技術調査専門委員会編

目 次

1. まえがき	3	5. 機械系の故障診断技術	29
1.1 はじめに	3	5.1 機械系の故障の割合	29
1.2 故障とその診断技術概説	3	5.2 誘導機の機械系の故障による 固定子電流成分	29
2. 故障診断の共通的手法	5	5.3 軸受の故障	30
2.1 故障診断のための検出量	5	5.4 軸受異常に対する故障診断	34
2.2 電源側からのオンライン故障診断技術	6	5.5 固定子電流による機械系の故障診断	35
2.3 機械側からのオンライン故障診断技術	8	5.6 軸電流による機械系の故障	39
2.4 まとめ	8	5.7 巻線形誘導機における異常振動・騒音	40
3. 回転子の故障診断技術	10	5.8 負荷の故障	41
3.1 故障の原因	10	5.9 用語解説	43
3.2 故障診断技術	10	5.10 まとめ	43
3.3 まとめ	19	6. 予防保全システム	44
4. 固定子の故障診断技術	20	6.1 まえがき	44
4.1 固定子の故障	20	6.2 電動機の故障モード	44
4.2 固定子の故障診断技術	21	6.3 電動機の予防保全システム	44
4.3 固定子の故障事例	24	6.4 まとめ	51
4.4 まとめ	28		

誘導機故障診断技術調査専門委員会委員

委員長	片岡 昭雄(東京電機大学)	委員	塩幡 宏規(茨城大学)
幹事	岩永 英樹(東芝三菱電機産業システム)		篠原 勝次(鹿児島大学)
幹事	佐藤 之彦(千葉大学)		杉本 健一(日立製作所)
幹事補佐	市川 修(職業能力開発総合大学校)		水野 孝行(甲府明電舎)
委員	石川 赴夫(群馬大学)		竹内 文章(東芝)
	石橋 文徳(芝浦工業大学)		中村 雅憲(東洋電機製造)
	大掛 忠雄(三菱電機)		廣塚 功(中部大学)
	緒方 幹也(富士電機モータ)		山田 慎一郎(東芝三菱電機産業システム)
	栗原 和美(茨城大学)		

1. まえがき

1.1 はじめに

誘導電動機は各種産業用などの動力源として広くかつ大量に使用されており、その運転方式も近年はインバータによる可変速駆動が広く行われるようになるなど多様化し、誘導機も精密な制御を必要とする機器、あるいはシステムの重要な機器に使用される機会が多くなっている。このため、誘導機には信頼性の高い運転が求められるとともに、故障、異常の予知や、寿命の予測などが重要になってきている。

このような状況から、平成17年4月に電気学会内に「誘導機故障診断技術調査専門委員会」が設置され、平成19年3月までの2年間にわたり、誘導機の故障とその診断技術、およびその関連事項について、文献調査を中心に調査が進められてきた。本技術報告はその調査結果を取りまとめたものである、

誘導機の故障診断およびその関連事項を扱った文献はこれまで国の内外で数多く発表されており、特に近年はインバータによる誘導電動機の可変速駆動が普及するようになったことから、この関係の故障診断に関する文献も多い。そこで、当委員会では限られた調査期間を考慮し、発表年代の比較的新しい文献を中心に調査することとして、まず誘導機の故障診断に関係する文献を広くリストアップした。次にこれらの文献の中から、詳細な調査を要する文献を選定する作業を行い、選定した文献を対象に内容の詳細調査を実施してきた。これらの文献の出所は IEEE (Transactions, Magazine)、国内学会（電気学会論文誌、同研究会資料、機械学会論文集など）、国際会議、国内商業誌、国内会社技報、その他となっており、中でも IEEE Transactions からの文献が最も多かった。また、これらの文献の発表年は1990年以降のものが大部分である。

以下、各章で扱う内容について簡単に説明する。

まず1章では、2章以降で扱う事項の基礎として、誘導機の故障とその診断技術について概説する。

2章では、誘導機の運転中の状態を監視することにより故障やその兆候を診断する技術（オンラインの診断技術）が重要になってきていることから、状態検出に用いる物理量と、これを信号処理して誘導機の種々な故障およびその兆候を診断する手法を紹介する。

3章では、誘導機の回転子側で起こる故障を扱い、先ず故障の要因について説明したあと、回転子バー切れやエンドリングの損傷などを対象として、そのオンラインでの種々な診断手法を具体的適用結果を含めて説明する。

4章では、誘導機の固定子側で起こる故障を扱い、先ず故障要因について述べたあと、固定子側故障の多くを占める巻線の絶縁に関する故障を主な対象として、そのオフラ

インでの診断法を中心に紹介する。また、電圧形PWMインバータで駆動される誘導機について、インバータ、誘導機間に接続されるケーブルの存在によって発生するサージ電圧が固定子巻線の絶縁に及ぼす影響を具体的検討例をもとに紹介する。

5章では、誘導機の機械系で起こる故障を扱い、軸受故障を主な対象として、そのオンラインでの診断法を中心に具体的検討例を示しつつ紹介する。また、電圧形PWMインバータで駆動される誘導機では一般に軸電流（軸受電流）が増加し、軸受を損傷する恐れがあることから、軸電流の検討事例や軸受の状態診断について紹介する。

6章では、誘導機の予防保全システムを扱い、電機メーカ等から発表されている故障形態（故障モード）別の診断装置等の事例を紹介する。

1.2 故障とその診断技術概説

次に、次章以下で扱う事項の基礎として、誘導機の故障とその診断技術について概説する。

1.2.1 故障と診断

一般に機器の故障とは、機器あるいはそれらの構成要素が規定された機能を失うことを意味する。故障には大別して、機器あるいは構成要素がまだ動作可能な軽度の故障と動作不能な重度の故障とがある。機器の信頼性の観点からは、早期に故障の兆候を発見してその原因をつきとめ、対策を立てることが重要である。機器から得られる情報をもとに、故障の原因となる構成要素の部位を発見しその状況を把握するのが故障診断である。

1.2.2 故障部位と故障要因

一般に機器の故障は、その構成要素各部の劣化が年月の経過とともに進行した結果として起こるのが普通である。この劣化は電氣的、機械的、熱的、および環境的要因により進行することが知られている。

誘導機の故障はその構成要素の各部位において、これらの要因のいくつかが複合的に作用し合うことにより劣化が進行した結果発生するものと考えられる。表1.1は誘導機の構成要素である固定子、回転子、および軸受における故障発生部位と、故障の形態（故障モード）および要因を例示したものである。誘導機の故障に関しては、過去に実態調査も行われており、かご形誘導電動機の場合、軸受と固定子巻線に関する故障が故障全体のほぼ4分の3を占め、回転子に関する故障は全体の1割程度との報告例がある。⁽¹⁾

近年盛んになった誘導電動機のインバータ駆動では、インバータを構成する半導体スイッチの高速なオンオフ動作によって作り出されるPWM波形の電圧がケーブルを介して電動機に供給されることから、電動機の入力端に波高値の高い電圧サージが発生し、固定子巻線の絶縁に悪影響を