

国内外規格から見た インバータ駆動誘導電動機の課題

インバータ駆動誘導電動機の国際規格整合化調査専門委員会編

目 次

1. まえがき	3	5. インバータサージによる誘導電動機の絶縁ストレス	27
2. インバータ技術の動向と誘導電動機への影響の概要	3	5.1 インバータサージによる絶縁ストレス	27
2.1 インバータの変遷と基本構成	3	5.2 国内でのインバータサージに関する報告状況	28
2.2 主回路方式	4	5.3 IEC 審議の状況と国内技報との内容比較	28
2.3 変調方式	6	5.4 IEC/TS 60034-18-41 部分放電(PD)を許容しない絶縁システム (タイプ I 絶縁)	29
2.4 制御方式	7	5.5 IEC/TS 60034-18-42 部分放電を許容する絶縁システム (タイプ II 絶縁)	32
2.5 付属回路	9	6. インバータ駆動誘導電動機の軸電圧・軸受電流	34
2.6 パワー半導体素子	9	6.1 誘導電動機の軸電圧	34
2.7 まとめ	9	6.2 国内外の規格および技術資料の動向	34
3. インバータ駆動誘導電動機の実験測定・特性算定・評価技術	10	6.3 最新技術動向	35
3.1 インバータ駆動誘導電動機の実験測定	10	7. あとがき	41
3.2 インバータ駆動誘導電動機の実験算定	11		
3.3 インバータ駆動誘導電動機の損失評価	12		
3.4 高調波損失に関する最近の研究と内外規格等との相違点	13		
3.5 まとめ	15		
4. インバータ駆動誘導電動機の騒音と振動規格	16		
4.1 誘導電動機の振動と騒音	16		
4.2 国内および国際規格・技術資料の動向	17		
4.3 電磁騒音・振動の解析技術の動向	19		
4.4 まとめ	26		

インバータ駆動誘導電動機の国際規格整合化 調査専門委員会委員

委員長	妹尾正治(株)日立産機システム)	委員	深見正(金沢工業大学)
幹事	佐藤之彦(千葉大学)		松野浩晃(株)明電舎)
幹事補佐	高橋暁史(株)日立製作所)		水谷清信(住友重機械工業(株))
委員	阿部倫也(社)日本電機工業会)		宮下收(東京電機大学)
	石川赴夫(群馬大学)		安井輝正(富士電機システムズ(株))
	石橋文徳(芝浦工業大学)		山崎克巳(千葉工業大学)
	磯谷拓郎(三菱電機(株))		山本修(職業能力開発総合大学校)
	開発慶一郎(株)日立産機システム)	途中退任	荒隆裕(職業能力開発総合大学校)
	木崎雄一(安川TECOモータエンジニアリング(株))	委員	石川勝己(東芝産業機器製造(株))
	坪井雄一(東芝三菱電機産業システム(株))		緒方幹也(富士電機システムズ(株))
	長島洋明(東芝産業機器製造(株))		西方正司(東京電機大学)
	野田幸宏(東洋電機製造(株))	協力者	尾畑功治(株)日立製作所)
	廣塚功(中部大学)		

1. まえがき

地球温暖化対策が国際的に推進されて中で全世界の総発電量の40%を消費する産業用モータがクローズアップされている。この流れに対応する形で、国際電気標準会議(IEC)の回転機技術委員会(TC2)ではモータシステム(モータ・伝達・駆動および制御装置も含めたシステム全体)の高効率化のため、各国独自の規格を国際的に統合する方向で各分科会(WG・MT)が活動している。この取り組みは各国独自の規格を国際的に標準化し、各国の間で省エネ製品の流通性を高め、地球環境保護につなげることを最終目的としている。従って、日本においてもこのような国際標準化の潮流は避けることができない。

まず、'07年～'08年にかけて、一定速で運転される誘導電動機(以下、本文中では電動機と称す)の効率と試験法に関するIEC規格が発行された。

- ・ IEC TC2/WG31 IEC60034-30(単一速度三相かご形誘導電動機の効率クラス)'08/10発行
- ・ IEC TC2/WG28 IEC60034-2-1(損失および効率を試験から決定するための標準方法)'07/9発行

両IEC規格は、日本でも'11/1にJIS C4034-30:2011及び、JIS C4034-2-1:2011として発行されている。一方、IECでは、高効率モータの普及促進も図っている。

- ・ IEC TC2/WG31 IEC60034-31(可変速を含めた高効率モータの適用ガイド)'10/5発行

このガイドでは、通年のエネルギー効率向上に向けた大きな手段として、モータの可変速システムをあげている。しかしながら、可変速のモータシステム分野では、従来の一定速の電動機分野と異なり、電動機自体の大きさ、形状あるいは電源の歪波の影響を考慮した特性測定方法、電動機信頼性の考え方に対しても技術的に検討すべき事項がある。このため、IEC/TC2でもインバータ駆動に関する規格の見直しを進めている。

- ・ IEC TC2/MT9 IEC60034-17(標準電動機をインバータで駆動する場合の技術指針)、IEC60034-25(インバータで駆動する電動機的设计指針)
- ・ IEC TC2/WG28 IEC60034-2-3(インバータ駆動モータの効率測定法)
- ・ IEC TC2/WG27 IEC60034-18-41,42(インバータで駆動するモータの絶縁評価)
- ・ IEC TC2/WG31 新たに可変速モータの効率クラスモータシステムにおいては、モータとインバータの両者の高効率化が欠かせないものであるが、一方でインバータの高効率化とモータの信頼性は、場合によってトレードオフとなることがある。

本調査専門委員会はこのような背景を鑑み、特にインバータ駆動の電動機に関するIEC規格と国内の規格・技術を中心に調査・整理を行ったので以下に報告する。

2. インバータ技術の動向と誘導電動機への

影響の概要

1960年代後半に産業用可変速装置として実用化されたインバータは、省エネ、高機能化などのニーズを追い風に、半導体素子、制御回路、制御方式の発展により、幅広く適用されている。一方で、インバータで駆動される電動機には、商用電源にはない様々な問題が存在する。本章では、これらの問題の前段として、インバータ技術の動向と電動機への影響の概要について報告する。

2.1 インバータの変遷と基本構成

2.1.1 インバータの基本構成

インバータの構成の一例を図2.1に示す。商用電源より与えられる一定電圧、一定周波数の電圧を、主回路部で任意の電圧、周波数に変換する。電圧、周波数の変換は、制御部からの指令に従って行われており、サージ電圧抑制などの目的で付属回路を用いることがある。

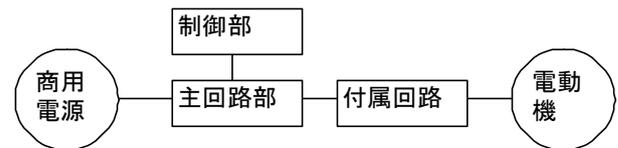


図2.1 インバータの基本構成

2.1.2 インバータの変遷

75kW以下のインバータの国内出荷台数の推移を図2.2に示す⁽¹⁾。国内出荷台数は、右肩上がりに増加しており、2008年度は、1986年度の約7倍に増加している。

主回路方式、変調方式、制御方式、パワー半導体素子に関する技術の変遷を図2.3に示す。

(1) 主回路方式 電圧形の2レベルインバータが当初より主流であるが、近年サージ電圧の発生を抑制できる3レベルインバータ、直流部分を持たないマトリックスコンバータも実用化されている。また、インバータ出力を多重化することによって、高圧インバータも実用化されている。

(2) 変調方式 PWM(パルス幅変調)方式が主流であり、キャリア周波数の高周波化が進んでいる。

(3) 制御方式 当初は単純に電圧と周波数の比を一定とするV/f制御方式を採用していたが、過渡トルク状態でのトルク制御性能を改善したベクトル制御も行われるようになった。さらに回転速度検出器を用いないセンサレスベクトル制御が実用化されるようになった。

(4) パワー半導体素子 当初サイリスタが主流であったが、トランジスタの大容量化の実現により、主流はトランジスタへと移ってきた。現在ではさらにスイッチング性能が高速化したIGBT(絶縁ゲートトランジスタ)が主に使用されている。