

氏名	鈴木茂行 すずき たかゆき
学位の種類	工学博士
学位記番号	論工博第751号
学位授与の日付	昭和50年1月23日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	サイリスタで速度制御される電動機の動特性

論文調査委員 (主査) 教授 林 千博 教授 西川 禎一 教授 卯本 重郎

論文内容の要旨

電力用スイッチング素子の著しい進歩により、これらの素子と直流または交流電動機を組み合わせた種々の速度制御法が研究開発され、従来のものと比較して、高効率、小形軽量、無接点化、制御性の諸点で良好な特性が得られている。そして、これらの速度制御系の静特性については理論的、実験的に多くの解析が加えられ、ほぼ明らかとなっているが、その動特性については、なお検討すべき点が残されている。

本論文では可変速度および可変負荷トルクの状態で使用される直流直巻電動機と誘導電動機を取り上げ、これをサイリスタ電源で運転したときの特性、特に動特性について考察している。

本論文は2編10章よりなり、第1編ではサイリスタ制御直流直巻電動機の動特性について論じ、第2編ではサイリスタ制御誘導電動機の動特性について考察している。まず第1章では直流直巻電動機をサイリスタを用いた脈動電源で運転した場合の静特性について検討し、特に鉄心が飽和した場合の速度—トルク特性について詳細に考察している。

第2章はサイリスタ脈動電源で運転される直流直巻電動機の動特性について解析を行い、制御系としての時定数、ゲイン定数などを算定し、実測結果と比較検討した。

第3章ではサイリスタ脈動電源で運転される直流直巻電動機の過度応答特性を考察するために、制御系の伝達関数を理論的に解析し、これと実測結果との比較検討を行った。その結果、チョップ駆動直流直巻電動機の伝達関数は1次遅れ要素とむだ時間で近似され、そのゲイン定数、時定数およびむだ時間は動作条件によって変化する。

第4章では脈動電源で運転される直流直巻電動機を離散値モデルで表示し、状態推移法によってその特性を解析している。その具体例としてチョップ電源で駆動される直流直巻電動機の特性について論じている。

第5章ではサイリスタ制御直流直巻電動機の速度制御法として界磁並列チョップによる速度制御と電機子並列チョップによる速度制御について考察し、両者の特徴を論じ、その優劣を比較検討している。

第2編は誘導電動機の世界制御を取り扱ったものであって、まず第6章ではインバータで運転される誘導電動機の静特性について考察している。すなわち3相誘導電動機に2軸理論を適用して、電圧方程式、トルク方程式を導き出し、これらの方程式を用いてインバータ誘導電動機の諸特性を計算している。

第7章は3相誘導電動機の周波数応答特性について論じたものである。すなわち与えられた3相誘導電動機の機械的定数、電気的定数よりその周波数応答特性を理論的に解析し、その結果を実験と比較検討した。なお周波数応答特性としては、電源電圧、電源周波数、および負荷トルクの変動に対する電動機の世界変動を考えた。

第8章では単相誘導電動機の周波数応答特性について考察している。一般に電動機の電気的時定数はその機械的時定数に比較して小さく無視できる場合が多いが、単相誘導電動機の場合には電気的時定数も無視できず、著者は単相誘導電動機の電源電圧および負荷トルク変動に対する世界変動の動特性を電気的時定数をも考慮した伝達関数の形で導いている。

第9章では半導体スイッチング素子を用いたインバータと3相誘導電動機を組み合わせた世界制御系の周波数応答特性について論じている。特に電動機の動作条件による動特性の変化を周波数領域で詳細に考察し、実測結果と比較検討した。

第10章は可変速度電動機として用いられる、2次回路に整流器とインバータを含む3相誘導電動機の周波数応答特性について考察している。まずこの系の等価回路を導き、その理論的な近似伝達関数を求め、そのゲイン定数や時定数が動作条件によってどのように変化するかを検討した。実験的には3相巻線形誘導電動機を用いて周波数応答特性を実測し、これを理論的に求めた伝達関数と比較している。

論文審査の結果の要旨

この論文はサイリスタ脈動電源で運転される直流直巻電動機および誘導電動機の動特性に主眼をおき、その実測および解析結果について検討を加えたものである。得られた主なる研究成果は次の如くである。

(1) 直流直巻電動機を脈動電源で運転する場合、その波形率が速度—トルク特性に及ぼす影響を明らかにした。例えばサイリスタの点弧角が遅れるにつれて、電動機の直巻特性が次第に失われる。

(2) 直流直巻電動機の動特性に関しては、これを周波数応答の見地から検討した結果、電動機への入力変動や外乱の大きさが比較的小さい場合には、その動特性を1次遅れ要素の伝達関数で近似することができる。

(3) 直流直巻電動機の動特性をその時間的過渡応答より検討した結果、入力変動や外乱が大きい場合には、伝達関数をむだ時間を持つ1次遅れ要素で表わした方がよい近似を得た。前項の結果と一致しないのは電動機の運転条件が異なるからであって、特に静的摩擦の影響が大きく現われるためである。

(4) 直流直巻電動機を脈動電源で駆動した場合の解析を離散値モデルを用いた状態推移法により行い、運転条件によってむだ時間や時定数がかかなり大幅に変動することを示した。この解析法はまた電動機速度の計算機制御にも役立つものである。

(5) 直流直巻電動機の界磁巻線および電機子巻線に並列にチョッパを接続してその速度を制御する方法について考察した。前者は速度制御範囲が比較的狭く、後者の方法ではかなり広く速度制御ができる。何

れの方法も電力回生のための補助回路が不必要であり、従来の方と比べて装置が簡単になる。

(6) インバータで運転される誘導電動機の定常状態における静特性について考察し、特にインバータ出力電圧の高調波成分がこれらの諸特性に及ぼす影響を明らかにした。

(7) 3相誘導電動機の電氣的時定数を考慮した理論的伝達関数を算出して、その周波数応答特性を求めた。外乱周波数が電源周波数に比べて低い場合には1次遅れ形の伝達関数で近似されるが、外乱周波数が高い場合または特に慣性モーメントを小さく設計した3相誘導電動機では、著者の導いたより正確な伝達関数を用いる必要がある。

(8) 単相誘導電動機の周波数応答特性を左右する因子として、機械的時定数と2次回路の電氣的時定数を考慮すべきことを明らかにした。特に単相誘導電動機を速度制御する場合、その安定性をよくするためには2次回路の電氣的時定数をできるだけ小さくすることが望ましい。

(9) 可変速度運転を目的とする誘導電動機の速度制御方式として、電源側にインバータを挿入する方法と電動機2次側に整流器・インバータを挿入してスリップ電力を電源に帰還する方法について検討し、それぞれの場合の制御系の伝達関数を決定し、そのブロック線図を用いて、電動機定数や運転状態を規定する各種パラメータと速度制御系の動特性との関係を明らかにした。

以上を要するに、本論文はサイリスタ電源で運転される直流直巻電動機および誘導電動機の速度制御をそれらの動特性の見地から検討したものであって、この種の速度制御系の設計指針を与えたものであり、本研究は学術的にも工業的にも寄与するところが少なくない。よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。