

誘導電動機の直接トルク制御法 における低騒音化の一手法

野口季彦

宮田裕則

近藤正示

高橋勲

(長岡技術科学大学)

1 はじめに 筆者らは誘導電動機の高速度トルク制御法として、従来のベクトル制御とはまったく異なる直接トルク制御法を検討してきた。これは誘導電動機の一次磁束鎖交数とトルクを電圧形インバータで直接的に高速制御する手法である。この制御法によりベクトル制御をも凌駕する高速なトルク応答と、インバータの最適PWMを両立できるようになった。本論文では更なる高性能化の一環として低トルクリップルおよび低騒音駆動法について新たに検討したので報告する。

2 直接トルク制御法の概要 図1に本制御法の構成を示す⁽¹⁾。基本的には誘導電動機の一次磁束鎖交数とトルクを演算フィードバックし、それらの目標値に対する偏差を所定のヒステリシス幅で制限するようにリミットサイクル制御を行う。このリミットサイクルは電圧形インバータの出力電圧ベクトル（スイッチングモード）を操作量として直接発生させることができ、前述の偏差に応じて出力すべき電圧ベクトルは一義的に決定される。したがって、図のように偏差をヒステリシス要素で量子化し、その組み合わせによってあらかじめ用意しておいたスイッチングテーブルを参照すれば電圧形インバータを直接駆動することができる。

この方式では一次磁束鎖交数とトルクの瞬時値比較が行われるため、ヒステリシス幅を小さくすれば電圧ベクトルの切り換えが頻繁に行われる。したがって、インバータのスイッチング周波数が増加するために誘導電動機を低トルクリップル、低騒音で駆動することができる。しかし、制御系にわずかな検出遅れや演算遅れが存在すると、偏差がヒステリシス幅で制限されなくなり所期の性能を得ることが困難になる。

3 提案する手法の原理 前述のように本制御法の場合、単純にヒステリシス幅を小さくしただけではインバータのスイッチング周波数を増加させることはできない。一方、スイッチング周波数は磁束とトルクのヒステリシス要

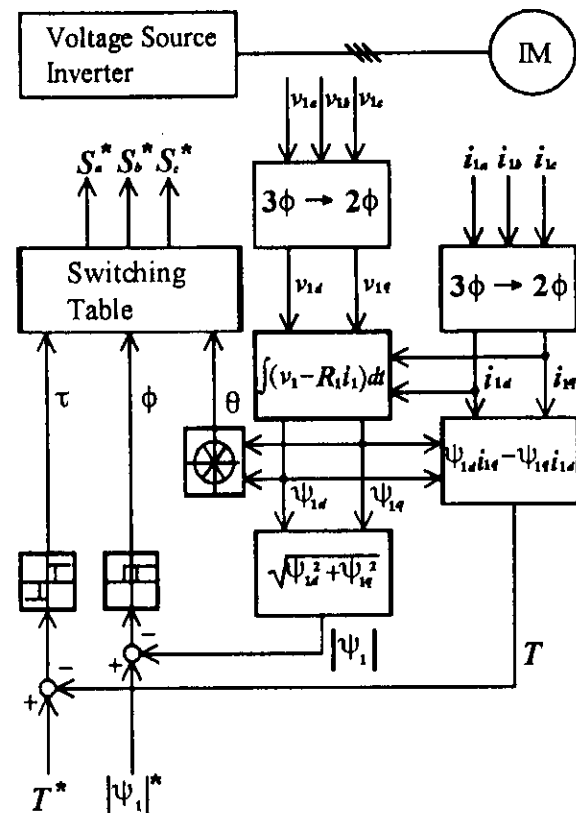


図1 直接トルク制御法の構成

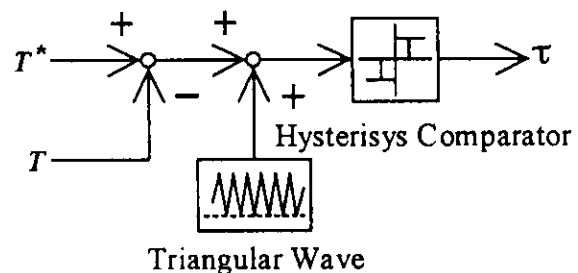


図2 トルク偏差に対する三角波の重畳

素における切り換え頻度で決定されるが、後者によるものが支配的と考えられる。そこで図2のようにトルクの偏差に三角波を重畳し、ヒステリシス要素の切り換えが三角波の周波数以上で行われるようにする⁽²⁾。図3はこの動作原理を示したものである。本来、ヒステリシス幅は不感帯として作用するが、三角波を重畳することにより偏差がわずかに変化してもヒステリシス要素の切り換えが行われる。したがって、平

均的なオンオフの時間比率を変化させることなく高周波化を図ることができる。これはトルクの偏差レベルを三角波周波数のオンオフパターンへ変換（いわゆるパルス幅変調）することに相当している。なお、三角波の振幅はヒステリシス幅と同程度とし、周波数はインバータスイッチング周波数の約3倍とする。これはヒステリシス要素が切り換えられるたびに3相中の1相だけがスイッチングするためである。

4 シミュレーションと実験による制御特性の検証

図4に1.5[kW]の誘導電動機で100[%]トルク（8.6[Nm]）を出力した場合のシミュレーション結果を示す。いずれの方式もヒステリシス幅は1.0[Nm]としてあるが、

(b)は前述のとおりトルク偏差に30[kHz]の三角波を重畳している。このように提案する方式では、平均的な定常偏差やリップルを1/2以下に改善することができる。

以上のトルク制御特性に関する実験結果を図5に示す。実験条件はシミュレーションとほぼ等しくしてある。これからも提案する方式ではトルクの定常偏差やリップルが従来方式の約1/2以下に抑制されていることがわかる。

次に種々の駆動方式による電動機騒音特性を図6に示す。従来方式、提案する方式ともに正弦波駆動にはわずかに及ばないものの、全運転領域で55[dBA]（暗騒音24[dBA]）以下と良好な結果が得られた。また、1200[rpm]で運転した場合の代表的なスペクトルも示した。提案する方式の音圧レベルは従来方式と同等であるが、スペクトル分布の違いから聴感上の音質は異なり、一層の低騒音化が図られている。

5 まとめ 本論文では誘導電動機の直接トルク制御法について低トルクリップル、低騒音化を実現する手法を提案し、シミュレーションと実験を通じてその妥当性を検証した。その結果、トルクリップルを従来方式の1/2以下に低減できるだけでなく、正弦波駆動に迫る低騒音化を実現できることが確認された。

参考文献 (1) 高橋、野口「瞬時すべり周波数制御に基づく誘導電動機の新高速トルク制御法」電気学会論文誌、109B-9、9（昭61-1）

(2) 高橋、上町「ディザーによるA/Dコンバータの高分解能化」電気学会論文誌、113D-3、405（平5-3）

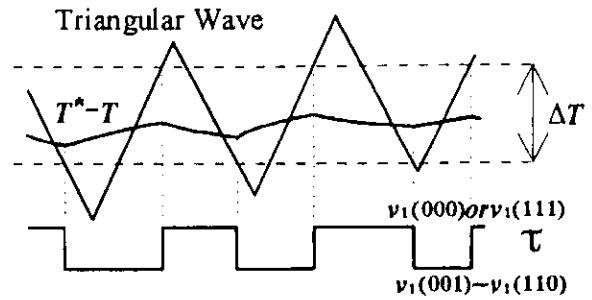
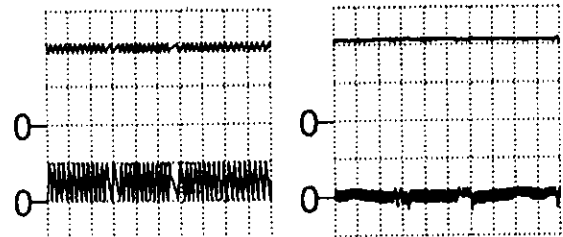


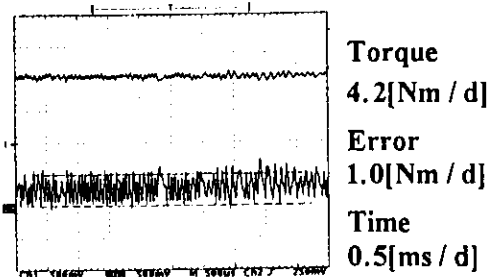
図3 三角波の重畳による高周波化の原理



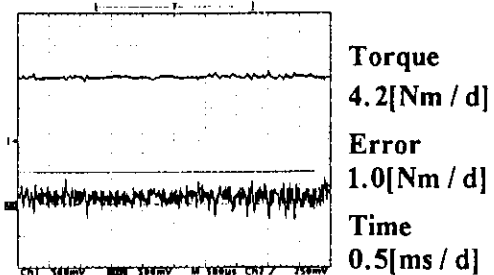
Torque 4.0[Nm/d] Error 1.0[Nm/d]
Time 0.5[ms/d]

(a) 従来方式 (b) 提案する方式

図4 トルク制御のシミュレーション結果



(a) 従来方式



(b) 提案する方式

図5 トルク制御の実験結果

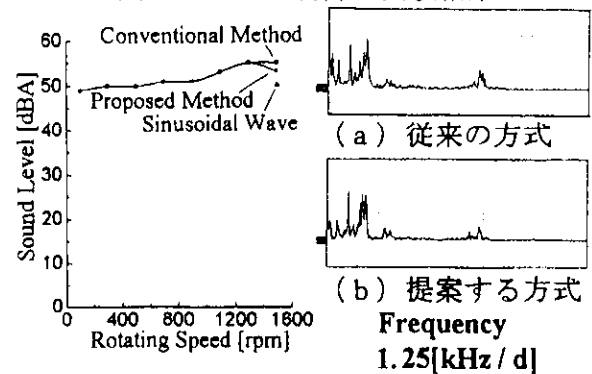


図6 無負荷運転時の電動機騒音