

織機用インバータにおける起動時間の改善

舘野 亮*, 伊東 淳一 (長岡技術科学大学), 齊藤 登 (株式会社北越電研)

High Speed Activation Method for a Weaving Machine

Ryo Tateno, Jun-ichi Itoh, (Nagaoka University of Technology),

Noboru Saitoh, (HOKUETSU DENKEN Co.,Ltd.)

1. はじめに

従来の織機に使用されている多くの誘導機は直入れにより駆動しており、負荷に応じて高効率であることが要求されている⁽¹⁾。そこで、高効率化の要求に応えるため、著者らは、インバータを導入し、織機の平均的な負荷特性に応じた励磁電流の制御方式を提案し、織機の運転効率改善を確認した⁽²⁾。しかし、インバータの導入により、起動時間が直入れと比べて低下する問題がある。

そこで本論文では、インバータ運転において直入れ運転と同等以上の起動時間実現するための高速起動制御を提案する。シミュレーションと実際に織機を運転した場合の起動時間より提案法の効果について検証したので報告する。

2. 織機の特性

図1にインバータ運転による織機のシステム図を示す。誘導機と織機にプーリを接続し、Vベルトを介して誘導機からの動力を織機へ伝達する。プーリ比は誘導機：織機＝81：186の比率である。使用している誘導機の定格速度は1500 r/minであり、プーリ比と誘導機の定格速度から、織機の定格速度は653 r/minとなる。

図2に織機を運転した時の負荷特性を示す。織機の負荷トルクは短い周期で変動し、最大負荷トルクは定格トルクの約1.5倍、再生トルクも50%程度印加されていることが確認できる。

3. 制御方式

高速起動の実現には、起動時においてトルクを最大まで出力することが必要である。しかし、最大トルクを出力するためには、二次磁束が定格値まで確立することが必要である。図3に高速起動制御のブロック図を示す。d軸側は、励磁電流指令 I_d^* をハイパスフィルタ(HPF)に通した指令値 I_d^{**} を励磁電流指令として与える。HPFを通すことによって、 I_d 起動時の電流を増加するため、二次磁束の立ち上がりを早くでき、起動時のトルクを増大できる。

さらに、q軸側を、起動時はトルク電流指令 I_q^* を一定の値で与え、モータ速度が定格速度まで到達したときに、速度制御に切り替えて、速度制御器よりトルク電流指令を与える。起動時のトルク電流を一定に保つことにより、速度制御を使用する場合よりも素早く起動電流を確保ことが可能

となる。従って、二次磁束の立ち上げ改善と起動時のトルク確保により、直入れを上回る起動時間を小さい電流で実現する。

4. シミュレーション

シミュレーションによる高速起動制御の動作確認を行った。シミュレーション条件はベクトル制御を適用し、速度指令は1500r/minである。表1にモータパラメータを示す。

図4に高速起動制御における動作波形を示す。このとき、速度指令は0～1.0puのステップ指令を与えている。図4よ

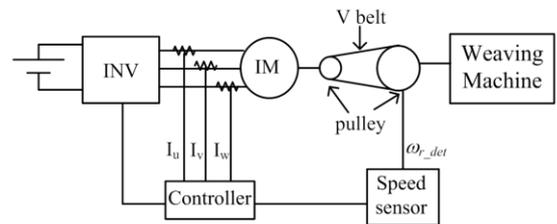


Fig. 1. System diagram of the weaving machine using the inverter.

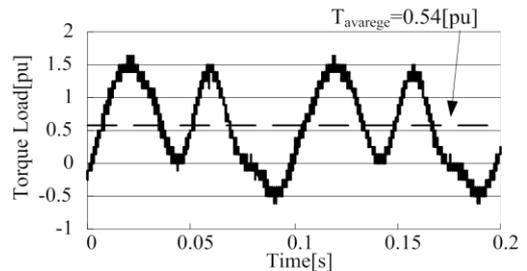


Fig. 2. Load characteristic of a weaving machine.

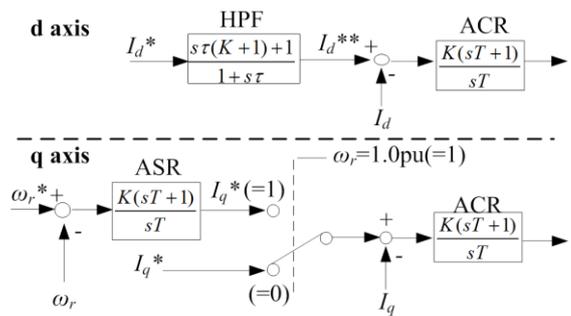


Fig. 3. Block diagram of high speed activation method.

り、速度の起動時間は93msである。表1より、定格加速時間は約180msである。結果から、定格運転時の起動時間より約48%短縮を確認できる。また、二次磁束 ϕ_d の起動時間は52msとなった。ここで、表1より ϕ_d の時定数は64msであり、 ϕ_d の高速に起動できたことが確認できる。さらに、トルクは71msで定格の220%を出力した。つまり、二次磁束を高速に確立することにより、早く最大トルクを出力できたため、速度の高速起動実現が可能となった。

5. 実験結果

提案方式の効果を検証するため、実際に織機 JW-832C を用いて実験を行った。実験条件は、速度指令を電圧飽和回避のため1350r/minとしており、定格速度の90%である。使用したモータパラメータはシミュレーションと同様である。

図5に、ベクトル制御と高速起動制御における織機速度を示す。図5より、高速起動制御において起動時間は100msである。また、ベクトル制御の起動時間と比較すると約50%短縮したことが確認できる。さらに、直入れ運転の起動時間は150msであることから、直入れ運転での起動時間よりも約33%短縮できている。

図6に高速起動制御と直入れ運転での電流波形を示す。図6(a)より、高速起動制御でのピーク電流は $I_d=11A$ 、 $I_q=16A$ である。さらに、 I_d と I_q の2乗和より $I_1=19.4A$ となる。一方、図6(b)から、直入れのピーク電流は50Aである。つまり、高速起動制御を適用することにより、起動時のピーク電流を直入れと比較して約50%低減できることを確認した。

これらの結果より、高速起動制御は、単に速度制御器を用いるベクトル制御よりも起動時の出力トルクを増加させることにより起動時間の短縮を確認した。また、インバータ駆動でも、直入れ運転時よりも高速の起動時間を確保できる上、ピーク電流より低減できることを示した。

6. まとめ

本論文では、織機用インバータ駆動において、磁束の高速立ち上げと定電流制御の併用による高速起動法を提案した。実験結果より提案方式の有用性を確認し、直入れに対し、30%起動時短縮とピーク電流50%削減を実現した。

Table 1. Motor parameters.

Poles	4	Secondary resistance R_2	2.98 Ω
Rated power	2.2kW	Primary leakage inductance L_1	6.1mH
Rated voltage	380V	Secondary leakage inductance L_2	5.4mH
Rated current	5.4A	Mutual inductance M	190mH
Rated frequency	50Hz	Excitation current I_0	3.5A
Rated speed	1500r/min	Inertia moment J_m	0.0163kgm ²
Primary resistance R_1	2.74 Ω		

文献

(1) ジャンルイジ・ソーラ他：「織機の運転制御装置」公開特許公報(A)，特許公開平 1995-189085

(2) T.Ryo, et.al : PEDS2011, PS-I345

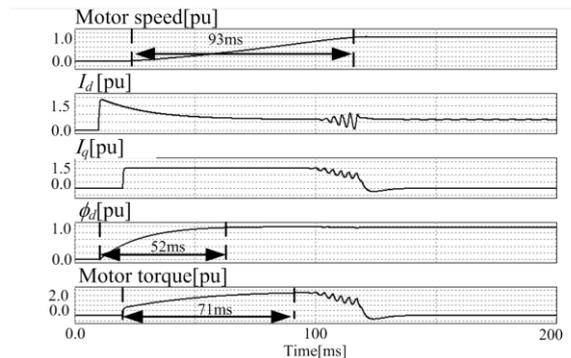


Fig. 4. Simulation results using high speed High speed activation method.

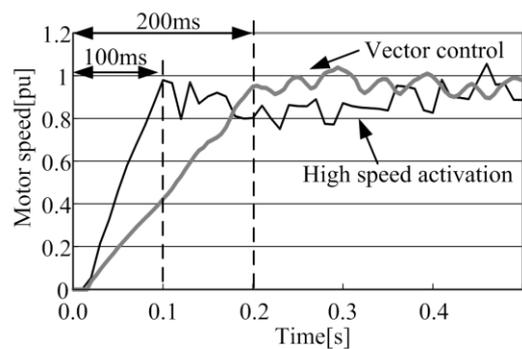
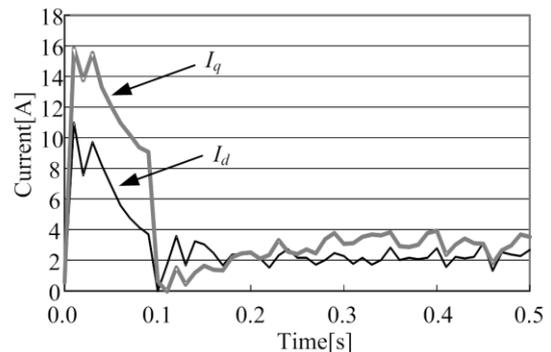
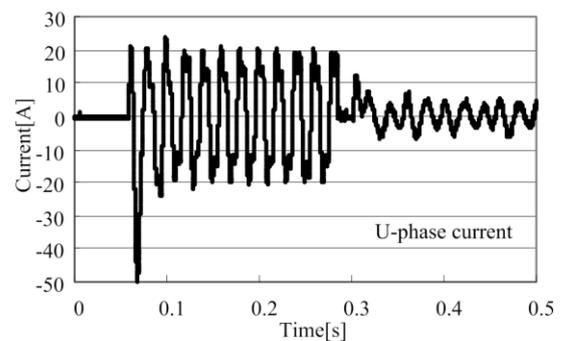


Fig. 5. Acceleration characteristics (experimental results).



(a) High speed activation method.



(b) Direct power grid connection
Fig.6 Current characteristics (acceleration).