

# 負荷中性点を用いた二段昇圧コンバータにおける直流電流重畳によるモータへの影響に関する検討

◎ 五十嵐 大介 伊東 淳一

(長岡技術科学大学)

## 1. はじめに

バッテリーを昇圧して電動機を高効率駆動する技術が電気自動車や鉄道車両で必要とされている。しかし、昇圧回路にリアクトルが必要なため、装置の大型化の一因となる。著者らは、電動機の負荷中性点に昇圧回路を接続した小型、低損失な二段昇圧コンバータを提案した<sup>(1)</sup>。しかし、電動機の検討は行っていない。本論文では、二次元有限要素法磁界解析(以下FEM)により、電動機の相電流に直流電流が重畳したとき、モータに与える影響について検討を行ったので報告する。

## 2. FEMによる直流電流重畳の影響の検討

図1に提案回路を示す。提案回路のインバータ回路では、ゼロ電圧ベクトル期間を利用して昇圧動作を行う。その結果、昇圧回路のスイッチング損失を低減でき、リアクトルも小型化できる。しかし、提案回路では電動機の各相電流にそれぞれ昇圧回路の出力電流 $I_{dc}$ の1/3のゼロ相電流が重畳するため、モータの損失増加や局所的な磁気飽和などが予想される。この影響についてFEMを用いて検討する。ここでは、原理的な検証を行うために小容量の三相、4極のSPMSMを用いた。表1にSPMSMの仕様を示す。検討条件としては、バッテリー電圧 $E_{battery}$ を5V、昇圧回路の出力電流 $I_{dc}$ を4.56Aとした。そして、昇圧回路の出力電流の $I_{dc}$ の1/3ずつを各相電流に重畳しない場合と重畳した場合とで(1)磁束密度分布、(2)モータトルクリプル、(3)モータ損失の3項目について検討する。

## 3. 解析結果

図2にゼロ相電流を(a)重畳しない場合と(b)重畳した場合の磁束密度分布を示す。ゼロ相電流による磁極の影響で局所的な磁束密度の増加が見られる。

図3に各条件での電気角1周期におけるトルク波形を示す。ゼロ相電流の重畳がない場合に比べ、重畳した場合はトルクリプルが4倍以上に増加している。ゼロ相電流重畳によるトルクリプル増加の一要因としては、電動機の逆起電力波形に含まれる3次高調波成分がある。ゼロ相電流により、逆起電力の歪みに起因するトルク脈動が発生する。このため、提案回路には正弦波着磁の電動機を使用することが望ましい。

図4に電動機の損失解析結果を示す。ゼロ相電流が重畳するため銅損が50%ほど増加している。一方、鉄損の増加はほとんど見られず、無視できる程度である。今後は、実機による検証を行う予定である。

### 参考文献

- [1] 五十嵐・伊東, 1-52, 産業応用部門大会, 2009
- [2] 守屋 他, 電気全国大会, Vol. 4, pp. 119-120, 2004

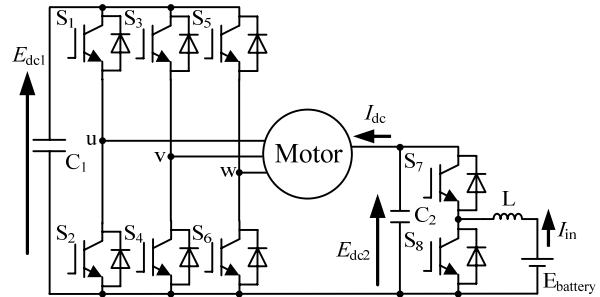


Fig.1. Proposed circuit.

Table1.SPMSM motor parameters.

Rated current	3A
Rated speed	600rpm
Number of poles	4poles
Number of stator slots	12slots
Stator outer diameter	53.4mm
Stator inner diameter	24.5mm
Winding configuration	400turn,series per phase
Rotor outer diameter	22.7mm
Rotor shaft diameter	15.7mm

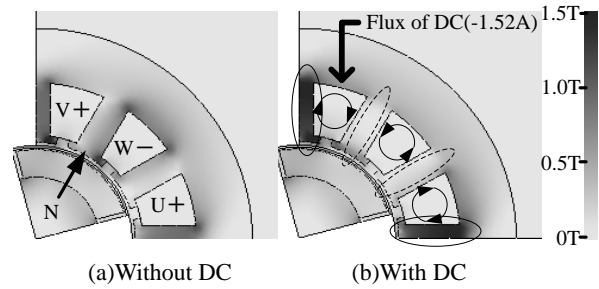


Fig.2. Magnetic flux density distribution.

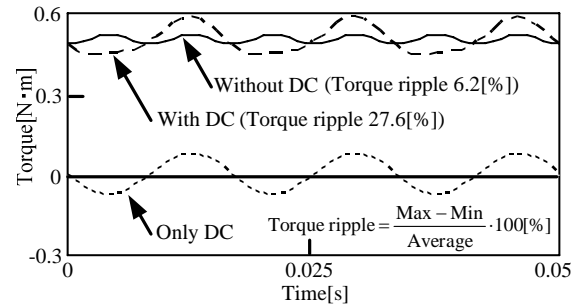


Fig.3.Torque waveforms in simulation.

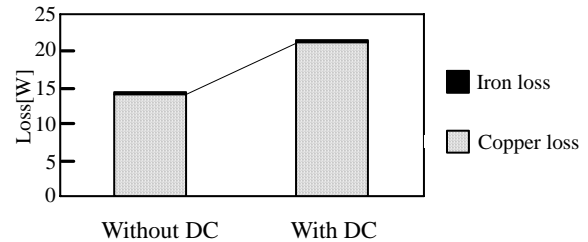


Fig.4.Motor loss analysis in simulation.