

3 レベルインバータによる誘導機駆動システムの 総合損失に対する一考察

◎五十嵐 寿勝 伊東淳一 (長岡技術科学大学)

1. はじめに

現在, 3 レベルインバータは高圧プラントをはじめ, 様々な用途に応用されている。そのインバータの駆動方法は 1 パルス駆動と PWM 駆動が使い分けられている。1 パルス駆動はスイッチング損失を低減できるが, 高調波電流が増加するため, モータ損失も含めた総合損失は必ずしも最小にならない⁽¹⁾。

本論文では 3 レベルインバータで誘導機を駆動した際に発生するインバータと誘導機の総合損失を解析し, モータパラメータに応じて損失を最小にする駆動方式を考察する。

2. 提案方法

図 1 に 3 レベルインバータの構成図を示す。モータ駆動時には, インバータの導通損失 P_{cond} , スwitching 損失 P_{sw} , 誘導機の基本波電流による銅損 P_{cl} , 高調波電流による銅損 P_{cn} および鉄損 P_{iron} が発生する。

$$P_{total} = P_{cond} + P_{sw} + P_{cl} + P_{cn} + P_{iron} \dots\dots\dots (1)$$

Switching 周波数が高くなるにつれて, 高調波含有量が減少するため P_{cn} は減少するが, Switching 回数が増加するため P_{sw} が増加する。なお, 誘導機の鉄損 P_{iron} は Switching 周波数や高調波に対しほぼ一定となる⁽²⁾。

2 レベルインバータに比べて電流の高調波成分が小さく, スイッチ両端に印加される電圧が 1/2 になることから, 3 レベルインバータの損失は小さくなる。

3. 解析方法

電力変換機の損失は, 負荷に誘導機定格電流相当の電流源を接続し, PLECS(Plexim)を用いて求める。

図 2 に誘導機一相分の T-1 型等価回路を示す。モータ銅損の基本波分 P_{cl} は(2)式で, 高調波分 P_{cn} は(3)式で表される⁽³⁾。ここで, R_1 は一次側抵抗, R_{20} は一次側に換算した二次側抵抗である。

$$P_{cl} = 3(R_1 I_1^2 + R_{20} I_T^2) \dots\dots\dots (2)$$

$$P_{cn} = 3 \sum_n^n (R_1 + R_{20}) I_n^2 \quad n = 2, 3, \dots\dots\dots (3)$$

4. 解析結果と考察

図 3 に漏れインダクタンス % λ を変化させた時の総合損失の解析結果を示す。損失は定格機械出力で基準化している。ここでは, 図 2 に示す汎用モータの損失解析を行った。また, 出力電圧の基本波の大きさを一定とし, 200V 系での適用を前提として, Switching 素子に MOSFET を用いた。PWM 駆動時は高調波電流による銅損が減少する。また 1kHz 程度の Switching 周波数では Switching 損失が低い。よって, 3 レベルインバータでは低い Switching 周波数で PWM する方が, 効率も最も良い。

以下に 1 パルス駆動と PWM 駆動の得失が現れる条件について検討する。

図 4 にインバータ損失 P_{inv} に対する Switching 損失 P_{sw} の割合を変化させた時の総合損失の解析結果を示す。インバータ損失 P_{inv} は PWM1071Hz 時の値を元にし, Switching 損失と導

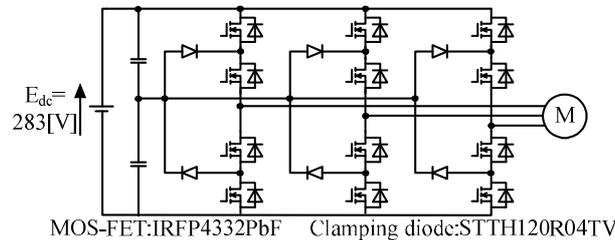


Fig. 1. Three level inverter.

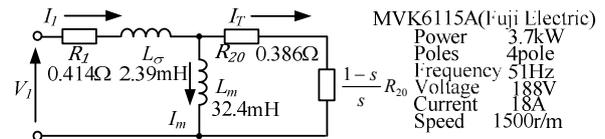


Fig. 2. Equivalent circuit of induction motor.

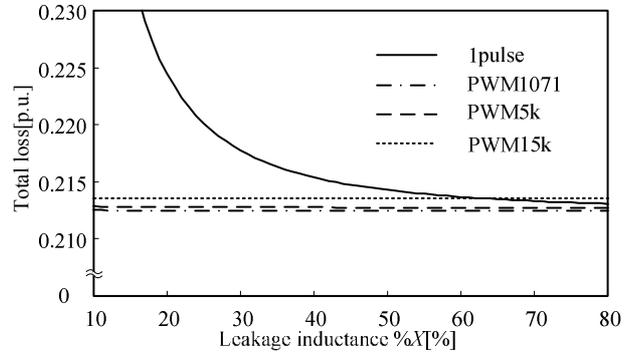


Fig. 3. Total loss for leakage inductance.

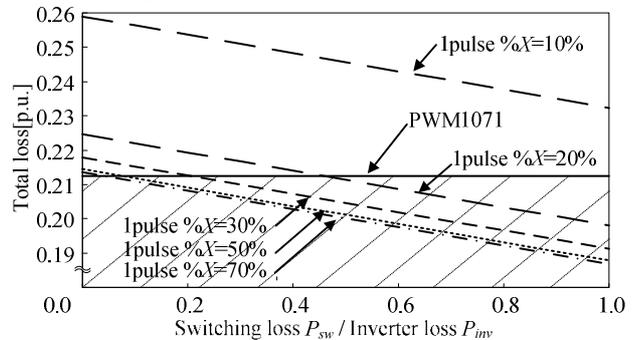


Fig. 4. Total loss for the rate of inverter switching loss.

通損失の割合を変更した。図 4 の斜線の領域では 1 パルス駆動をすることで損失が最小に抑えられ, その他の領域では PWM 駆動が最適となる。また, 最適点は漏れインダクタンスの大きさに依存する。例えば, 漏れインダクタンスが 30% であり, 1kHz のキャリアで運転して, Switching 損失がインバータ損失の 40% 以上であれば, 1 パルス駆動のほうが有利となる。高圧インバータ等に用いられるような高耐圧の Switching 素子では, Switching 速度が遅いため, 1 パルス駆動が優位になる。今後は実機による検証を行っていく。

参考文献

(1) 小倉・伊東, SPC-09-184, LD-09-074(2009)
 (2) 清・奥田・宮下・川又: 電気学会全国大会, No757, pp.937-938(1981)
 (3) 佐藤・張本・片岡: RM-93-88(1993)