

インバータ駆動方式に応じたモータ損失の定量化

小倉 工 伊東 淳一
(長岡技術科学大学)

1. はじめに

インバータの制御方法は様々な制御方式があり、用途や目的に応じた制御方式が選択される。例えば、電車やハイブリッド自動車では方形波駆動が使用され、家電製品ではPWM駆動が盛んに用いられる。モータパラメータによる総合効率の最適化という観点で論じている文献は筆者が知る限り少ない。本論文では、総合損失を定量化し、シミュレーションによる損失解析に妥当性を確認したので報告する。

2. 総合損失の定量化

図1に誘導機の一相分T形等価回路を示す。高調波によるモータ損失は、漏れインダクタンスに支配される⁽²⁾。また、方形波とPWM波形をフーリエ展開⁽³⁾により、各高調波に対する電圧を算出することで、式(1)より各高調波に対する電流が求められる。図2に基準化した漏れインダクタンス(%X)に対する損失(pu)の解析結果を示す。PWM駆動方式が適している条件を式(2)に示す。方形波駆動の損失が低下する条件を式(3)に示す。

$$I_n = \frac{V_n}{n\%X} \dots\dots\dots(1)$$

$$\%X < \frac{6R\Sigma(V_s/n)^2}{-k_{con}V_{con}\sqrt{\Sigma(V_s/n)^2} + \sqrt{k_{con}V_{con}\sqrt{\Sigma(V_s/n)^2} - (3R\Sigma(V_s/n)^2)(k_s f_s - 0.03)}} \dots\dots\dots(2)$$

$$\%X > \frac{6R\Sigma(V_s/n)^2}{-k_{con}V_{con}\sqrt{\Sigma(V_s/n)^2} + \sqrt{k_{con}V_{con}\sqrt{\Sigma(V_s/n)^2} - (3R\Sigma(V_s/n)^2)(k_s f_s - 0.01)}} \dots\dots\dots(3)$$

ただし、R：モータ抵抗 f_s ：スイッチング周波数
 k_{con} ：導通損定数 k_s ：スイッチング損定数

3. 特定点でのシミュレーション結果

図3にシミュレーションによる損失解析結果を示す。ここでは一例として、損失計算は、誘導機の定格点を想定して行い、インバータの制御方式は、PWM16, 10, 5, 1, 0.5kHz, 方形波駆動とした。また、漏れインダクタンスは14.7[%]である。誘導機の高調波による鉄損は他の損失に対して小さいため無視する⁽¹⁾。基本波に対する誘導機の銅損と高調波による誘導機の銅損と分けて、シミュレーション解析を行っている。

4. 考察

インバータ駆動方式に応じたモータ損失は、漏れインダクタンスが25[%]以下の時、PWM駆動することでモータの銅損を抑えられ、漏れインダクタンスが65[%]以上の時、方形波駆動することで総合損失が抑えられる。これは、漏れインダクタンスが小さい時は各高調波電流が増加するが、大きくなると各高調波電流が減少するため、インバータの損失が支配的になるためである。

図3のシミュレーションによる損失解析結果より、誘導機の銅損は、スイッチング周波数が高くなるにつれて減少

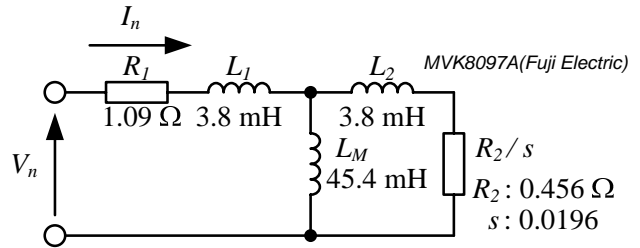


Fig. 1. T type equivalent circuit.(1.5kW)

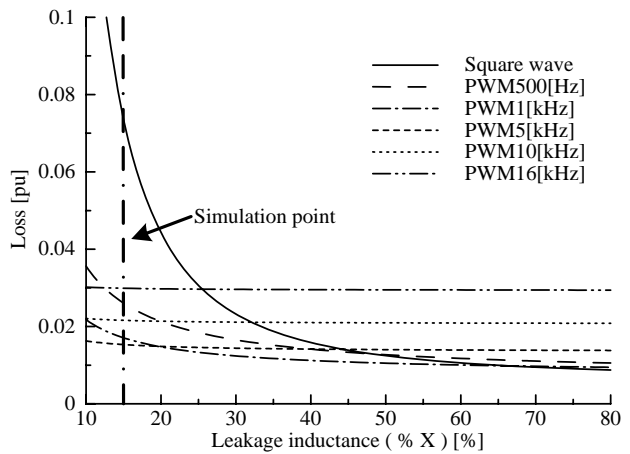


Fig. 2. Relation between loss and leak inductance.

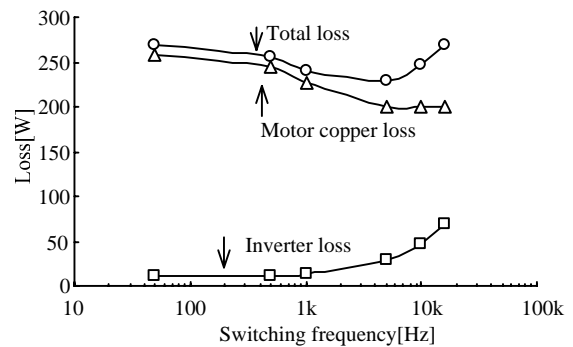


Fig. 3. Relation between loss and switching frequency.

する。これは、高次高調波に対する電流が小さくなるためである。インバータの損失は、スイッチング周波数に比例して増加する。

今後は、鉄損を考慮したインバータ駆動方式に応じたモータ損失の定量化、3レベルインバータによる波形改善、モータに適したPWMパターンについて検討する。

参考文献

- (1) 清・奥田・宮下・川又,電気学会全国大会.No.757, pp.937-938,1981
- (2) 小倉・伊東,A-74,北陸支部連合大会,2008
- (3) 高橋・宮入, 電学論 B,95 巻 2号,pp.25-32,1975