

マトリクスコンバータを用いたフライホイール電力貯蔵装置の 弱め界磁制御に関する基礎検証

◎増田 匠, 西澤 是呂久, 伊東 淳一(長岡技術科学大学)

1.はじめに

近年、盛んに導入されている風力や太陽光などの再生可能エネルギーは、環境条件に伴う電力脈動を発生させるため、蓄電装置の導入が注目されている。マトリクスコンバータを用いたフライホイール電力貯蔵装置(FESS)による電力平準化装置は寿命や小型化の点から優位で有り注目を集めている。(1)-(2)。FESS の電力脈動補償運転は、高速回転領域の動作は高効率期待できるが、マトリクスコンバータの場合、PWM整流器/インバータに比べ出力電圧が制限されるため、弱め界磁制御を適用しなくてはならない。しかし、弱め界磁制御付近のフライホイールの運転特性の得失は評価されていない。

本論文では、FESS の高速回転における運転特性を評価するため、負荷に応じてモータ電圧と電流の関係を実験的に調査し、弱め界磁制御の得失について考察したので報告する。

2.フライホイール電力貯蔵装置運転における V/f 制御

図 1 にマトリクスコンバータを用いた FESS の回路図を示す。回路構成は、主に入力フィルタ、マトリクスコンバータと誘導機(IM)のフライホイールで構成される。また、本 FESS は、V/f 制御を用いて運転を行う。

図 2 にマトリクスコンバータに適用する V/f 制御の弱め界磁制御領域を示す。今回、実験に用いたフライホイールでは、電源電圧が 200 V の場合、2600 r/min から、上の速度では弱め界磁制御を提供する。

3.弱め界磁制御の特性

図 3 に回転数 4500 r/min で待機運転を行うマトリクスコンバータの入出力動作波形を示す。出力電力は、688 W であり、風損などの待機損失に相当する。また、出力電力は IM の銅損や鉄損を含む。

図 4 に回転数 4500 r/min で入力電圧を 10 V 間隔で 180-220 V と変動させたときの出力電圧電流特性を示す。また、出力電力は 0.3-0.7 p.u. で運転させた。図 4 より、重負荷の 0.5-0.7 p.u. 運転特性の場合、出力電圧を増加させることで、出力電流を低減することができる。出力電圧を増加させることで IM の励磁電流は増大するのに対し、重負荷において 2 次電流は大幅に低減できる。これは、出力電圧を大きくすることで同等の負荷トルクにおける 2 次電流を小さくすることができるためである。また、0.3 p.u. 運転特性の場合、出力電圧の増加により、増大する励磁電流と低減できる 2 次電流がほぼ同等となるため、IM の 1 次電流はほぼ変動しない。一方、待機運転特性の場合、同様に出力電圧を増加させると励磁電流が増大する。しかし、負荷トルクが小さいため、同等のトルクに対して電圧の増加によって低減できる 2 次電流は小さくなる。その結果、軽負荷では IM の 1 次電流が増大する。

本論文では、IM の弱め界磁制御の特性において、重負荷のときは高い出力電圧により出力電流を低減でき、軽負荷のときは低い出力電圧により出力電流を低減できることを明らかにした。これにより、IM の銅損や変換器の導通損失が低減できるため、FESS の運転を低損失化できる。今後は、弱め界磁制御の領域で負荷特性に基づいた出力電流を低減できる出力電圧を検討する。また、出力電圧の異なる駆動法を比較し、FESS の運転に関する低損失化を検討する。

参考文献

1. 加藤ほか: JIASC2015, pp. I-77-I-82 (2015)
2. 加藤ほか: JIASC2017, pp. I-309-I-310 (2017)

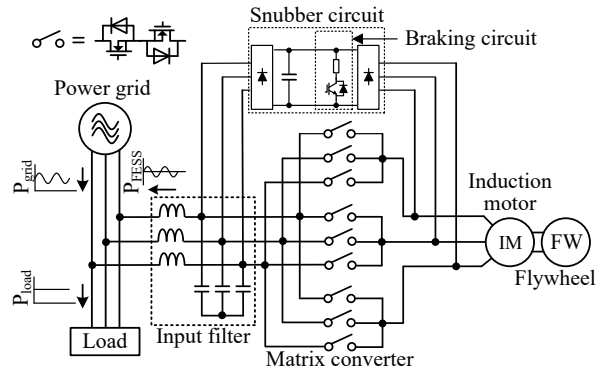


Fig. 1. FESS with matrix converter as power converter.

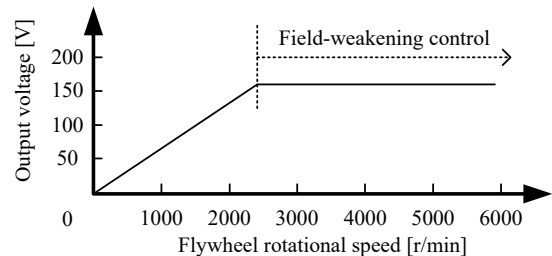


Fig. 2. Region of field-weakening control with PWM operation.

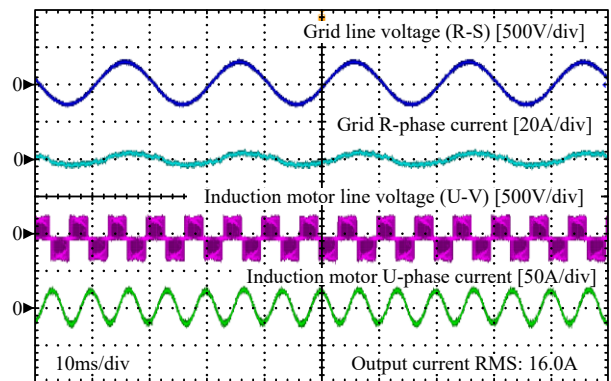


Fig. 3. Operation waveforms of matrix converter during standby mode.

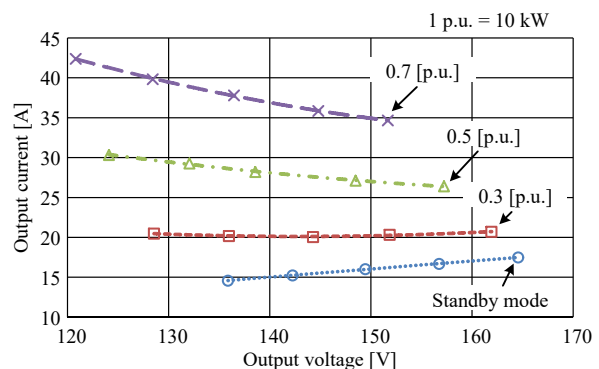


Fig. 4. Characteristic of field-weakening control at flywheel rotational speed of 4500 r/min.