

37kW 급 DC MOTOR 기동 제어 PSIM 시뮬레이션

이훈기*, 김희식**

*서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학과

**서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학과

*e-mail:hoongi.lee@gmail.com

**Corresponding Author(E-mail: drhskim@uos.ac.kr)

37kW DC MOTOR start control PSIM simulation

Hoon-Gi Lee*, Hie-Sik Kim**

*Dept of Electrical and Computer Engineering, University of Seoul

**Dept of Electrical and Computer Engineering, University of Seoul

요 약

최근 에너지 시장에 많은 변화가 일어나면서 국내 에너지 수급 현황에도 큰 영향을 끼치고 있다 [1-2]. 발전소의 블랙 다운시 Battery Panel에서 전원을 공급받아 DC MOTOR를 기동하여 중요한 시설에 전원을 공급한다. 따라서 본 논문에서는 PSIM 시뮬레이션을 이용하여 37kW급 DC MOTOR 기동 제어를 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과 초기 기동 전류는 정격전류 170A의 200% 이내에서 동작해야 하는 조건을 만족 시켰다.

1. 서론

최근 에너지 시장에 많은 변화가 일어나면서 국내 에너지 수급 현황에도 큰 영향을 끼치고 있다 [1-2]. 그리고 전력 수급의 어려움이 있어 발전소의 설비 중요성이 대두되고 있다. 정상 운전 중인 SCA FAN의 AC MOTOR에 정전 및 AC 전원 차단 등의 비상상황이 발생하여 운전이 불가능할 때 DC BATTERY CHARGE에 의해 DC240V 전원을 받아 SCA FAN DC MOTOR를 신속히 기동시킴으로써 신뢰성을 유지하며 발전소 운영을 원활히 한다.

2. DC Motor 원리

복권 직류전동기는 전기자와 계자가 분리되어 별도로 제어할 수 있는데 운전 특성은 다음과 같은 식으로 표현된다.

$$(1) \ \varnothing = f(I_f)$$

$$(2) \ T = k \cdot \varnothing \cdot I_A$$

$$(3) \ U_d = E + R_i \cdot I_A$$

$$(4) \ E = k \cdot n \cdot \varnothing$$

$$(5) \ n = k \cdot E = (U_d - R_i \cdot I_A) / (k \cdot \varnothing)$$

\varnothing : 전동기의 자속(Flux)

I_f : 계자 전류

T : 전동기 축 토크(Torque)

I_A : 전기자 전류

U_d : 아마추어 공급 전압

R_i : 전기자 회로 저항

E : 전동기 역기전압(EMF)

n : 회전 속도

보통 전동기의 자속은 일정하게 유지하는 것이 바람직 한데 이것은 계자 전류를 일정하게 하면 된다. (식 1) 전 동기의 출력 토크가 부하 토크보다 크면 이 여분의 토크 는 가속 토크가 되어 전동기의 속도는 상승한다. 전기자 전류를 증가시키면 출력 토크도 증가하며(식 2), 전기자 전류는 아마추어 공급전압에 의하여 조절된다.(식 3) 식 (4)는 전동기 역기전압이 속도에 비례함을 나타낸다.

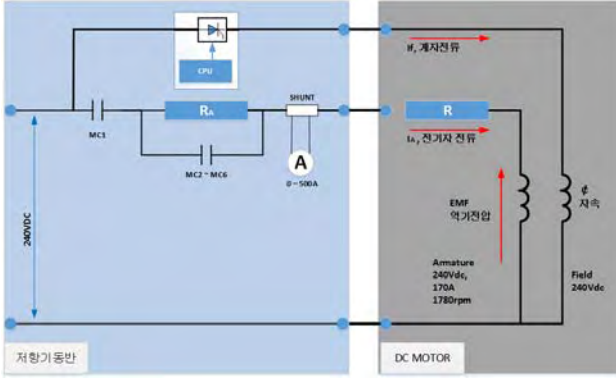
전동기의 속도는 즉, 아마추어 공급전압에 비례하고, 전 동기의 자속, 즉 계자 전류에 반비례 한다.(식 5)

최대 자속, 최대 역기전압시의 정격 속도를 기저 속도 (base speed)라고도 하는데 계자 전류를 줄이면 속도를 그 이상으로 상승시킬 수 있다. 이를 약계자(Field weakening)라고 부르고 전동기는 약계자 영역에서 운전된 다고 한다.

2.1 시스템의 구성

(그림 1)은 DC MOTOR 시스템 구성을 나타낸다. 3상 위상 정류기는 3상 AC 전압을 받아 DC240V로 일정하게 전압을 유지하게 해주고, 저동 저항반에는 MC1에서 MC6 과 기동저항(RA), 제어기로 구성된다. 제어기는 정격 계자 전류가 흐르도록 정격 계자전류가 흐르도록 한다. 기동저

항(RA)은 최초 기동시 MC1 MAIN POWER CONTACTOR로 ‘START’ 신호에 의해 1초 지연 후 DC MOTOR의 전원을 공급한다. MC2 ~ MC6까지 기동전류를 제한하는 역할을 하고, 순차적으로 MC2 ~ MC6까지 ON 되어 기동완료 및 정상 운전을 한다. 또한 전동기에는 아마추어 저항(Ra)가 있으며 전동기Datasheet 상으로는 0.0153Ω 이다.



(그림 1) 시스템 구성

<표 1>은 DC Motor 사양을 나타낸다.

<표 1> DC MOTOR 사양

kW	37	VOLT	240
ARM AMPS	170	FIELD AMPS	1.87
FIELD VOLT	240	FIELD OHMS 25℃	90
RPM	1780	TYPE	CDL409AT

2.2 기동 전류 제한

200% 기동 전류 제한 만족을 위한 기동 저항(RA) 선정 : 0.7Ω, 10kW 200% 기동 전류 제한 만족을 위하여 기동 저항(RA)은 다음과 같이 선정한다. 최초 기동시 전동기 속도는 ‘Zero’임으로 아마추어 EMF(역기전압)도 ‘Zero’이다. 따라서, 다음과 같은 공식을 적용하여 기동 저항(RA)을 구할 수 있다.

$$220 Vdc = (R_A + R_a) * (170A * 200\%)$$

여기서, 아마추어 저항(Ra)은 전동기 Datasheet 상으로 0.0153Ω임으로, 다음과 같이 기동 저항(RA)을 구할 수가 있다.

$$R_A = \frac{240 Vdc}{170A * 200\%} - 0.0153 = 0.7058 - 0.0153 = 0.69 \Omega$$

∴ 기동 저항(RA)은 허용 오차를 감안하여 : 0.7Ω으로 선정한다. 기동 저항의 용량(Watt)은 저항으로 통해 흐

르는 기동전류가 350A에서 서서히 30초간 줄어들어 170A로 되기 때문에 평균 260A를 30초간 흘렸을 때를 가정하여 다음과 같은 방법으로 구할 수 있다.

$$Watt_{R_A} = I^2 * R_A = 260^2 * 0.7 = 47.32kW$$

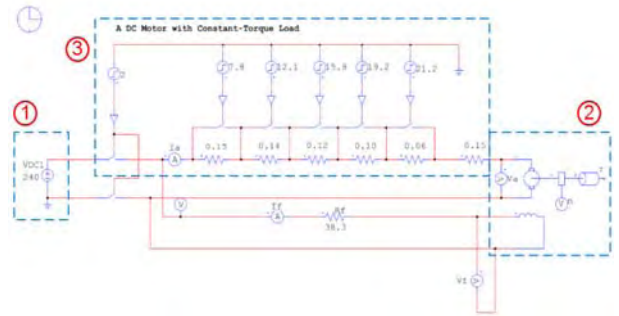
상기에서 구한 47.32kW는 260A를 연속 통전하였을 경우의 저항의 Watt이며 실제로는 1분 이내만 건디면 됨으로 이런 경우 저항의 부하율(Duty rate)을 감안하여 1/5이 되고 약 10kW로 선정하면 된다.

∴ 기동 저항(RA)의 용량(Watt)는 여유율을 감안하여 : 10kW로 선정한다.

기동 저항(RA) 선정 : 0.7Ω, 10kW

2.3 PSIM 시뮬레이션

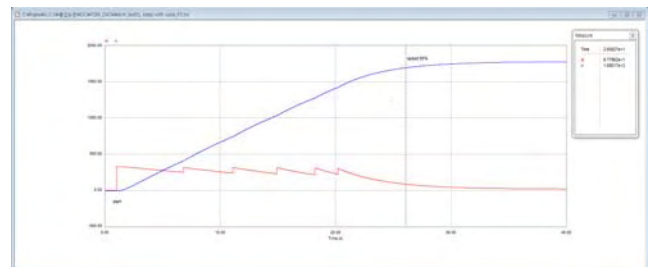
(그림 2)는 DC Motor 기동 제어의 PSIM 시뮬레이션 회로를 구성하였다. ①은 DC Motor 기동 제어의 입력전원으로 DC240V를 입력한다. ②은 DC Motor Data를 입력한다. ③은 DC Motor 기동제어의 저항 기동반에 해당된다.

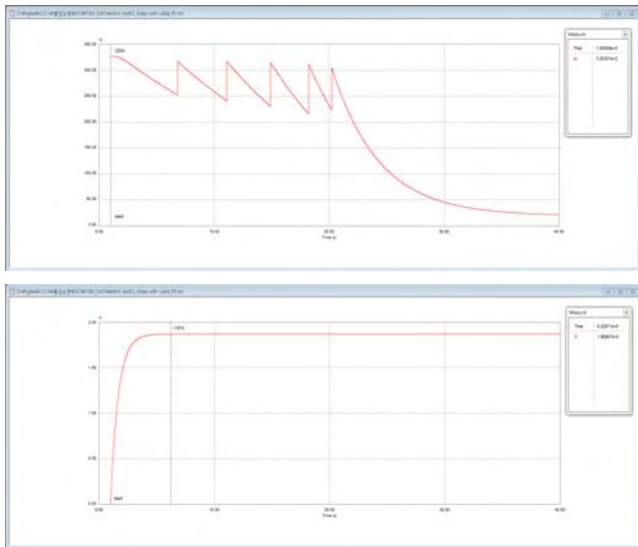


(그림 2) PSIM 시뮬레이션 회로

2.4 PSIM 시뮬레이션 결과

(그림 3)은 PSIM 프로그램 시뮬레이션 결과이다. 기동 전류 제한에서 선정한 기동 저항(RA, 0.7Ω)으로 최초 기동 시는 전동기 속도가 Zero임으로 EMF(역기전압)도 Zero가 된다. 따라서, 초기 기동 전류는 355A가 된다. 전동기가 회전하기 시작하면 그에 따라 EMF(역기전압)도 커지게 되고, 회전속도에 반비례하여 기동 전류는 줄어 들고 전동기는 회전속도를 계속 증가 시킨다.





(그림 3) PSIM 시뮬레이션 결과

3. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 PSIM 시뮬레이션을 이용하여 37kW급 DC MOTOR 기동 제어를 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과 초기 기동 전류는 정격전류 170A의 200% 이내에서 동작해야 하는 조건을 만족 시켰다. DC MOTOR 기동 시스템은 발전소의 운영에 있어 안정도에 기여를 할 것으로 예상된다. 본 논문에서 제안한 시뮬레이션 결과를 바탕으로 향후 현장에 실제로 구현하고자 한다.

참고문헌

- [1] 이훈기, “소형 발전소의 비용 효율적인 이중화 디지털 여자제어 시스템 개발,” 서울시립대학교 과학기술대학원 석사 학위논문, pp.1-22, 2014
- [2] JH Huh, S Otgongchimeg, K Seo, Advanced metering infrastructure design and test bed experiment using intelligent agents: focusing on the PLC network base technology for Smart Grid system, The Journal of Supercomputing, Springer, Vol.72, No.5, pp. 1862-1877, 2016.
- [3] JH Huh, T Koh, K Seo, “NMEA2000 Ship Area Network (SAN) design and Test Bed using Power Line Communication (PLC) with the 3-Phase 3-Line Delta Connection Method,” SERSC ASTL, Vol. 94, pp. 57-63, 2015.
- [4] JH Huh, K Seo, “Design and implementation of the basic technology for solitary senior citizen’s lonely death monitoring system using PLC,” Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 18, No. 6, pp. 742-752, 2015.
- [5] K. Iizuka, H. Uzuhashi, M. Kano, T. Endo, and K.

Mohri, “Microcomputer Control for Sensorless Brushless Motor,” IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 21, No. 4, pp. 595-601, 1985.

[6] S. Ogasawara, H. Akagi, “An Approach to Position Sensorless Drive for Brushless dc motors,” IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 27, No. 5, pp. 928-933, 1991.

[7] R. L. Lin, M. T. Hu, C. Y. Lee, and S. C. Chen, “Using Phase-Current Sensing Circuit As The position Sensor for Brushless DC Motors Without Shaft Position Sensor,” IEEE IECON, pp. 215-218, 1989.

[8] W. H. Sakmann, “A Brushless DC Motor Controlled by a microprocessor with Examples for a Three-Phase Motor,” IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. Vol. 34, No. 3, pp. 339-344, 1987.

[9] JH Huh, K Seo, “Design and test bed experiments of server operation system using virtualization technology,” Human-centric Computing and Information Sciences, Springer, Vol.6, No.1, pp.1-21, 2016