

Compressor용 단상유도전동기의 부하 Matching 설계

심 장호*, 주 정훈**, 엄 상준***

*LG전자 DA연구소, **LG전자 모터사업부, ***LG전자 본부연구소

Design of SPIM(Single Phase Induction Motor) for Compressor Using Load Matching

Shim Jang Ho*, Ju Jung Hoon**, Eum Sang Jun***

*LG Electronics DA Lab, **LG Electronics Motor Division Lab,***LG Electronics DAC Lab.

Abstract - 본 논문에서는 회전형 압축기용 단상유도 전동기의 부하 matching 설계에 관하여 다루었다. 압축기 내부에서의 전동기 운전 온도를 알기 위해 압축기 실험을 행하였고 부하 토크를 추정하기 위해 전동기의 상온 및 실기조건 실험을 행하였다. 추정된 부하 토크를 적용하여 재설계 및 기존 전동기와 비교 검토하였다.

1. 서 론

전동기 설계에 있어 가장 기본적이고 바람직한 설계는 출력 즉, 부하 토크와 회전수가 결정되고 해당 출력에서 최대 효율을 낼 수 있도록 설계하는 것이다. 또한 같은 출력이라도 적용되는 상황에 따라 부하가 필요로 하는 토크가 발생되는지 여부는 더욱 중요하다. 그러나 전동기를 동력원으로 하는 대부분의 제품에서 설계에 필요한 부하 토크를 예측하기는 상당히 어렵다. 본 논문에서 다룬 회전형 압축기의 경우를 살펴보면 냉매의 압축특성, 베어링 및 부품간의 마찰특성 등 정확한 부하 예측이 어렵고 많은 실험을 통해 경험적으로 추정되어 설계 되고 있다. 그리고 실기 온도가 냉매의 영향에 기인하여 고온이므로 전동기의 특성은 상온의 특성과는 상당한 차이를 보이게 된다. 이러한 상황에서 전동기가 어떤 온도 조건에서 어떤 부하로 운전되는지 알 수 없기 때문에 현실적으로 효율적인 설계가 이뤄지지 못하고 있다.

본 논문에서는 그림1과 같은 회전형 압축기의 부하 특성을 살펴 보고 현재 냉장고 및 에어컨의 압축기용 모터로 95%이상 적용되고 있는 단상유도전동기를 대상으로 부하 토크를 추정하고 재설계를 행한 후 기존 전동기와 비교 검토하였다. 설계 및 해석은 등가회로법을 이용하였고[1] 압축기 시험을 행하여 예측된 전동기 운전 온도와 압축기 입력 값을 이용하여 실기조건 실험을 통해 부하를 추정하였다. 전동기 실기조건을 위해 항온조를 제작하여 실험을 행하였다.

2. 본 론

2.1 압축기 부하

압축기의 입력은 전동기의 입력이 되고 전동기의 출력은 기구부 입력이 되며 전동기의 발생 토크는 표1과 같이 크게 압축부하와 마찰부하에 소요된다. 이러한 냉매 압축일과 각종 손실은 이론적인 계산은 가능하나 실제 적용함에 있어 많은 오차를 수반하게 되는데 이는 기구부 특성상 냉매 압축시 발생하는 과압축 손실, 누설 손실 등의 현상과 실제 일어나는 기구부간의 마찰 특성에 대한 고려가 거의 불가능하고 많은 가정을 통한 이론 및 경험적 지식을 통해서 추정되고 있다[2]. 이러한 관점에서 본 논문에서는 기구부의 부하 토크를 기 설계된 전동기를 이용하여 추정하고 압축기 특성 향상을 위한 전동기 설계에 반영하였다.

2.2 전동기의 제원 및 특성

전동기는 780W급의 콘덴서 운전형 단상유도전동기로 제원은 표2와 같다. 그림2는 등가회로를 이용하여 표2의 제원으로 설계된 단상유도전동기를 해석한 결과로 해당 출력에서 최대 효율에 가까운 효율을 갖도록 설계 되어 있다.

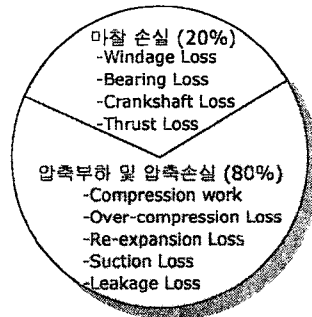


표1. 압축기 부하 구성

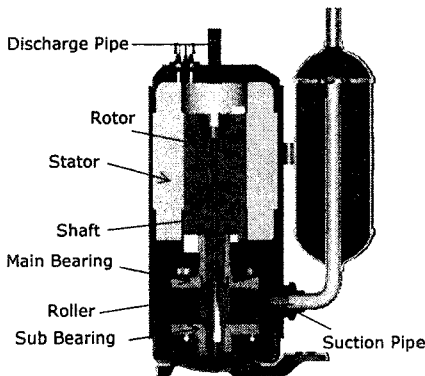


그림1. 회전형 압축기의 구조

항 목	값
전압	220 V
주파수	50 Hz
극수	2
슬롯 조합	24/33
고정자 외경(p.u.)	1
회전자 외경(p.u.)	0.506
공극(p.u.)	0.004
적층(p.u.)	0.791
콘덴서 용량	35 μ F
회전자 바의 도전율	2.8×10^{-4} S/m

표2. 단상유도전동기의 제원

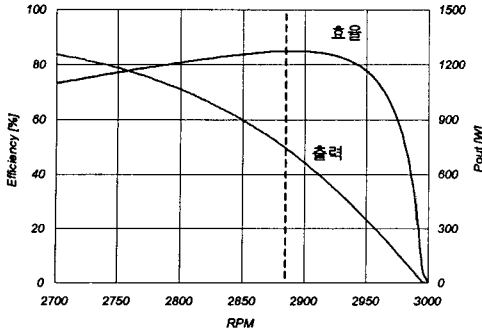


그림2. 단상유도전동기 효율 및 출력(해석치)

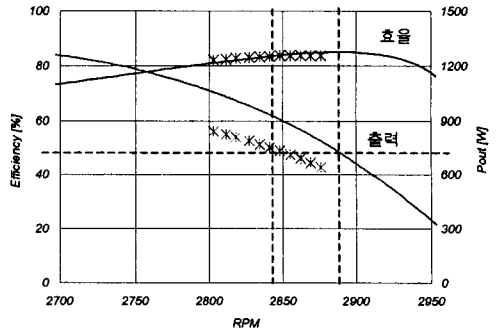


그림4. 상온조건 해석 및 실험결과(*:실험치)

2.3 실험 및 검토

2.3.1 실험을 위한 Set 구성

실험 Set 구성은 그림3과 같이 토크 측정을 위해 전동기 축에 토크 미터를 장착했고 부하 토크는 히스테리시스 전동기와 전류제어기로 조정하였으며 전동기의 실기조건 실험을 위해 항온조를 제작 하였다.

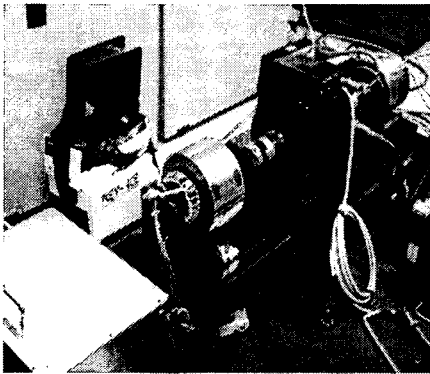


그림3. 실험 Set 구성

3) 항온조를 이용한 온도포화 실험

그림5는 전동기 실기조건 실험에 앞서서 항온조를 이용하여 전동기의 주위 온도를 100℃로 유지했을 때 각 부분의 온도를 측정한 그림이다. 그림5에서 보면 전동기 주위 온도가 100℃에서 권선 온도는 약 125℃정도로 상온보다 약 100℃정도 상승 하는 것을 알 수 있고 이후 실기조건 해석 및 재설계에 반영하였다.

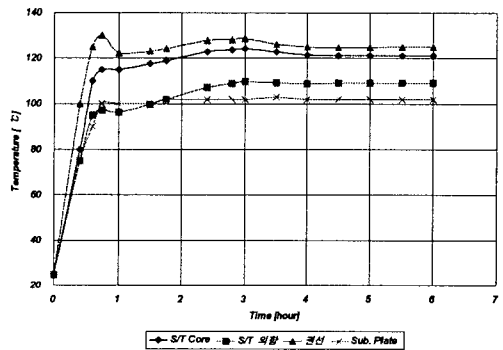


그림5. 온도포화 실험결과

2.3.2 실험 결과

1) 압축기 실험 및 전동기 운전 온도

본 논문에서 다룬 회전형 압축기는 냉력 9300Btu급으로 열량계를 이용한 특성 실험 결과는 표3과 같다. Td는 토출구 온도로 압축기 내부에는 고온 고압으로 압축된 냉매로 차있으며 토출 되는 냉매의 온도는 전동기의 주위 온도로 볼 수 있다. 따라서 전동기의 주위 온도를 100℃로 유지한 상태에서 실험을 하게 되면 압축기 실기 조건의 전동기 특성을 알 수 있다.

항목	값
Td	100℃
압축기 입력	916 W
냉력	9340 Btu

표3. 압축기 실험 결과

2) 전동기 상온조건 실험

그림4는 상온에서 실시한 전동기의 실험 결과를 해석 결과와 비교한 그림이다. 출력점이 해석 결과 보다 약간 낮은 운전속도에서 나타나고 효율은 약 1~2%저하 되었다. 이는 실험시 냉각 팬을 이용하여 상온을 지속적으로 유지하고자 하였으나 충분한 냉각이 이뤄지지 못하고 온도 상승에 기인하여 고정자 권선저항 및 회전자 바의 저항 상승으로 인한 효율 및 운전속도 저하로 생각된다.

4) 전동기 실기조건 실험

그림6은 항온조를 이용하여 실기조건의 전동기 특성 실험결과와 해석결과를 나타낸 그림으로 해석시 100℃의 온도 증가를 권선 및 바 저항에 적용하여 해석 하였다. 상온에서는 실제 출력에서 최대 효율이나 실기조건에서는 보다 낮은 출력에서 최대 효율이 나타나고 있다. 이로부터 온도 상승에 따라서 전동기의 특성은 변한다는 것을 알 수 있고 이러한 특성 변화를 고려하여 설계가 이뤄져야 할 것이다.

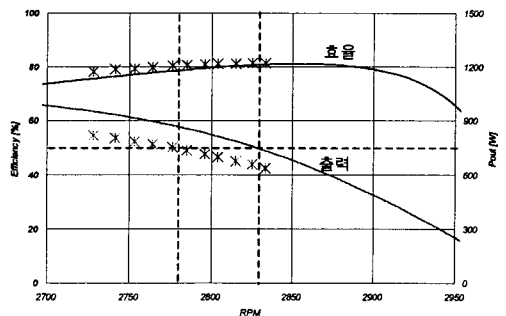


그림6. 실기조건 해석 및 실험결과(1)(*:실험치)

2.4 부하 토크 추정

그림7은 전동기 실기조건 실험 및 해석결과에 압축기 실험결과를 적용하여 부하 토크를 추정한 그림이다. 압축기 입력 즉 전동기 입력이 약 916W였고 해당 입력에서 운전 토크는 약 25.5kgcm, 출력은 설계 출력보다 약 40W정도 낮은 지점에서 운전되고 있다. 상온에서 780W로 설계를 하였다라도 실제 압축기 내부에서 운전 될 때에는 온도상승 및 압축기 부하에 맞게 출력점이 변화하여 운전 되고 있다는 것이다. 그림8은 부하 토크 추정을 통한 상온 및 실기조건 실험결과로 25.5kgcm에서 상온조건 출력은 설계출력보다 30W 낮은, 실기조건 출력은 40W 낮은 지점에서 운전 되고 있음을 확인할 수 있다.

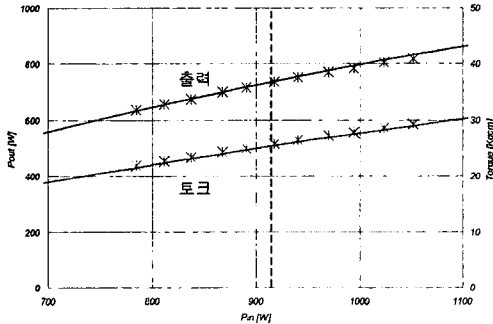


그림7. 실기조건 해석 및 실험결과(2)(*:실험치)

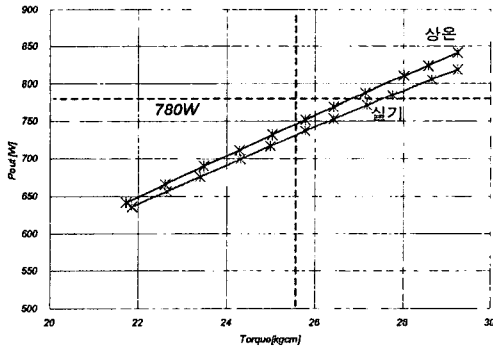


그림8. 부하 추정을 통한 상온 및 실기출력(실험치)

2.5 재설계 및 전동기 특성 비교

그림9를 살펴보면 실기조건에서 전동기의 최대효율은 설계출력보다 약 40~70W 낮은 지점에 걸쳐서 나타나고 있다. 압축기 운전 특성을 향상 시키기 위한 설계로는 실기조건을 고려하여 25.5kgcm의 토크를 발생시키면서 최대효율이 되도록 하는 것이다. 그림10은 토크 대비 효율 특성 곡선으로 재설계 전후로 비교하였다. 재설계시 콘덴서 용량 및 권선 턴수 변경과 Core 수정을 통해 같은 기구부 부하 토크에서 효율을 약 0.4% 향상 시킬 수 있었다.

3. 결 론

본 논문에서는 회전형 압축기의 부하 토크를 추정하기 위해 압축기 실험, 전동기의 상온 및 실기조건 실험을 행하였고 부하 토크를 추정하였다. 그리고 부하 토크를 적용하여 재설계 후 기존 전동기와 비교 검토 하였다. 논문에서 행한 방법은 압축기 기구부 개선시 부하 토크를 평가 할 수 있고 또한 단상유도전동기만이 아닌 압축기용 전동기의 성능 향상을 위한 개발에 유용한 방법이 될것으로 생각된다.

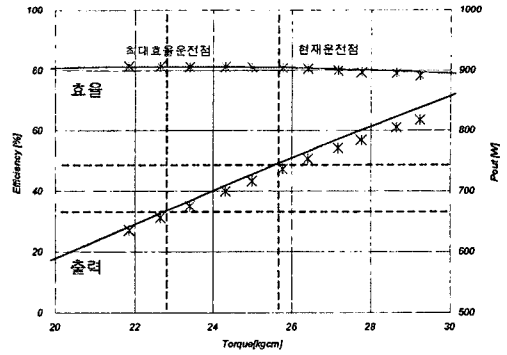


그림9. 실기조건 해석 및 실험결과(3)(*:실험치)

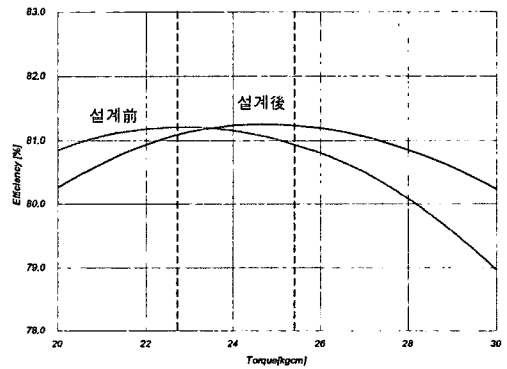


그림10. 추정된 부하를 이용한 재설계 결과(해석치)

[참 고 문 헌]

- [1] Cyril G. Veinotte, E.E., D. Eng., "Theory and Design of Small Induction Motors", McGraw-Hill Book Company, INC., 1959
- [2] TaKashi Matsuzaka, Shigemi Nagatomo, "Rolling Piston Type Rotary Compressor Performance Analysis", Toshiba Major Appliance Products Engineering Laboratory, 1982