

모터컨트롤센터의 BUS BAR 이상 감지를 위한 실험적 연구

김성대^{1*}
¹동명대학교 전기공학과

A study on sensing for abnormality of BUS BAR in motor control center

Sung-Dae Kim^{1*}

¹Department of Electrical Engineering, Tongmyong University

요약 본 연구는 고용량의 모터를 구동하기 위한 모터컨트롤센터(MCC)의 내부 구조 중 각 상(R,S,T)의 BUS BAR의 온도와 BUS BAR 볼트 체결부의 온도변화가 모터컨트롤센터의 노후화 및 진동에 따라 어떠한 차이가 있는지를 적외선 온도센서가 설치된 온도측정용 2차원 기구부를 설계 제작하고 모터컨트롤센터의 내부에 설치하여 BUS BAR의 온도 및 전류 변화량을 상시 모니터링 하였다. 실험을 통하여 부하에 따른 BUS BAR의 온도 변화를 BUS BAR 나사 체결부위를 중심으로 측정하였으며, BUS BAR의 온도변화와 소모 전류에 대한 비례관계를 확인할 수 있었다. 또한 이러한 비접촉식 2차원 온도측정 시스템을 모터컨트롤센터 내부에 장착하면 부하의 과전류로 인한 온도 상승이나 접촉 불량 등으로 발생될 수 있는 정전이나 화재 사고를 예방할 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract The study mainly aims to explore how deterioration of motor control center, namely MCC, and vibration put impact on temperature of bus bar as well as temperature change of bolt-nut joint. The motor control center consists of three internal parts (i.e. R, S, T) which are for motor operation of high capacity. Two dimensional mechanism for measuring temperature was designed and manufactured with infrared temperature sensor. Installing it in inner motor control center enabled researcher to monitor temperature of bus bar as well as amount of change of current regularly. Temperature change of bus bar according to load was primarily examined based on a bolted joint in the experiment. It was clearly verified that temperature change of bus bar was proportional to current consumption. Therefore, installing non-contact two dimensional mechanism for measuring temperature in motor control center would be expected to prevent temperature rise owing to overload current and power outage as well as fire accident which can be triggered by poor electrical contact.

Key Words : Infrared Temperature Sensor, Motor Control Center, BUS BAR, Bolt-Nut Joint

1. 서론

모터컨트롤센터는 모터제어를 필요로 하는 하수종말 처리장, 공장, 빌딩, 병원, APT단지, 및 각종 산업시설에 비치되어 상·하수처리 및 홍수 때 건물로 유입되는 대량의 물을 신속히 외부로 배출하는 모터를 제어하는 설비이다.

모터컨트롤센터는 밀폐된 함 내부에 BUS BAR가 산

재해 있고 메인 BUS BAR와 부하 BUS BAR 연결 부위에 볼트로 체결되어 전류 통과에 의한 진동 발생으로 접촉 불량을 야기 할 수 있어 체결부위에 큰 접촉저항이 발생하여 발열 및 이상 전류로 인하여 모터컨트롤센터의 이상 작동으로 인한 홍수나 정전으로 인한 인명피해 및 경제적 손실을 야기하는 경우가 종종 있다. 또한, 사고발생시 복구 작업에 많은 시간과 비용이 발생한다.

따라서 모터컨트롤센터 내부에 산재해 있는 BUS

본 연구는 교육과학기술부·지식경제부와 한국산업기술진흥원에서 시행하는 2단계 산학협력중심대학사업의 지원으로 수행되었습니다.

*교신저자 : 김성대(jbksd@tu.ac.kr)

접수일 11년 11월 02일

수정일 11년 11월 16일

게재확정일 11년 12월 13일

BAR의 온도 및 전류의 이상을 신속히 감지하지 못 할 경우 모터를 제어하는 모터컨트롤센터 내부 기기들의 손상 및 열화로 모터컨트롤센터를 기동하지 못하여 상하수의 역류 및 홍수 때 건물로 유입되는 물로 인한 침수가 우려되기 때문에 BUS BAR의 이상 온도 및 이상전류의 실시간 원격감시가 필요하다.

이를 위하여 본 논문에서는 모터컨트롤센터 후면 프레임에 비접촉 적외선 센서가 장착된 모듈을 배치하고, 시스템에 장착된 적외선 온도센서를 상하 이동 및 좌우 각도를 변경함으로써 넓은 공간의 온도를 측정할 수 있도록 설계하여 모터컨트롤센터 내부의 BUS BAR 및 BUS BAR 볼트 연결부의 온도 이상 유무를 감지한다. 또한, BUS BAR에 부착된 전류센서로부터 전류를 감시하여 통신포트를 이용하여 모터컨트롤센터 정면에 장착되어 있는 모니터링시스템 화면에 BUS BAR 온도 변화 및 전류 변화를 나타냄과 동시에 중앙통제실의 메인컴퓨터에서도 확인 할 수 있도록 구성한다. 이를 통하여 신뢰성 향상 및 대형 사고를 예방 할 수 있는 BUS BAR 이상 감지시스템을 개발하여 모터컨트롤센터의 보다 더 효율적인 관리에 기여하고자 한다.

2. BUS BAR 이상 감지

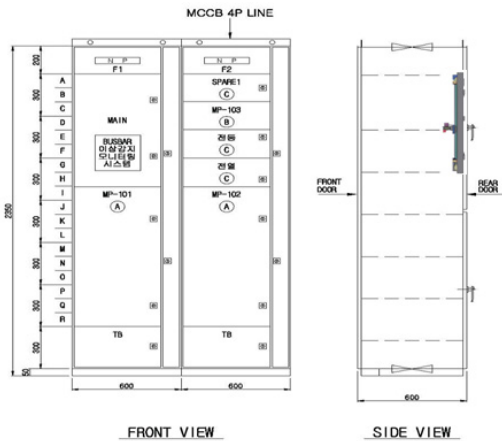
일반적으로 전기설비의 전기적 접속부나 전기배선 등에 접촉 불량 등의 원인에 의해서 이상발열이 발생하였을 경우 이를 감지하기 위하여 접촉식인 열전대와 비접촉식인 적외선 열화상 장치를 사용하는 방법 등이 있고, 좀 더 간편하고 저렴한 발열 감시방식인 터미널 서모캡, 서모라벨 등이 있다.[1-3] 그러나 넓은 공간과 다수의 대상을 감지하기 위해서는 상하 좌우로 이동 및 회전을 하면서 온도를 측정하는 방식이 필요하고 여기에 적용하기에는 비접촉식인 적외선센서가 적합하다.

적외선 센서는 방출되는 복사광을 검출하여 그 온도 정보를 알기 위해 사용되며, 크게 2종류로 구분 된다. 첫 번째는 넓은 파장대에 걸쳐 복사 적외선 에너지를 흡수하여 온도변화를 포착하는 열형으로 넓은 영역에 걸쳐서 감도가 있지만, 양자형에 비하여 1~2 자리정도 감도가 낮고 응답 속도가 늦다. 두 번째는 광양자를 직접 감지하는 양자형(흔히 반도체 센서라 함)으로 감도가 높고 응답 속도가(10^{-6} sec 이하) 빠르다는 장점이 있으나, 각각의 센서에 고유 파장 특성이 있어 온도를 측정하는 영역이 제한된다는 단점이 있다.[4]

열형에는 파이로일렉트릭 방식과 서머파일 방식이 있는데, 본 연구에서는 측정 영역의 제한을 벗어나 넓은 파장대의 응답속도가 빠른 서머파일 방식을 채택하였다.

서머파일은 물체에서 방사되는 적외선을 흡수하여 온도가 변하면서 전압을 생성하는 검출 소자이다. 서머파일의 온점점이 적외선에 의해 가열되어 기준점점인 냉점점과 온도 차가 생기면 전압이 발생한다. 센서의 내부 온도와 같은 냉점점의 온도는 내장된 서미스터를 이용하여 대상 물체의 온도를 구한다.

따라서 서머파일 방식의 적외선 온도 센서 모듈을 BUS BAR 이상 감지시스템에 장착한다. 이 시스템이 모터컨트롤센터의 좁은 공간에서 상하로 이동하고 좌우로 회전하면서 BUS BAR와 연결부의 이상 온도를 감지한다.



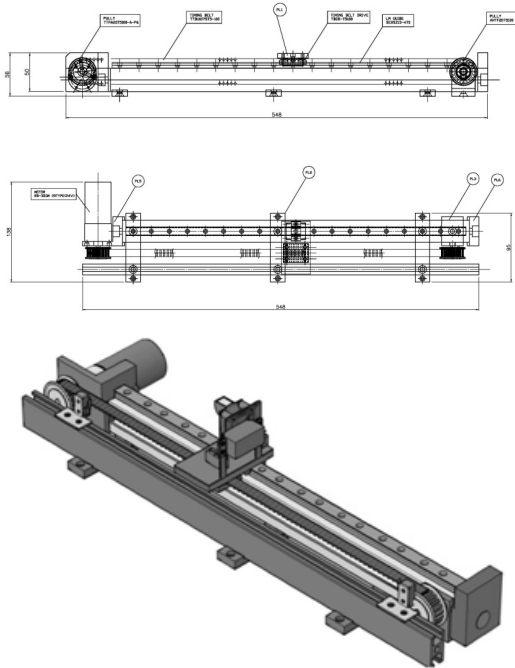
[그림 1] BUS BAR 이상 감지시스템을 갖는 모터컨트롤센터

[Fig. 1] Development of motor control center with sensing system for abnormality of BUS BAR

그림 1은 모터컨트롤센터에 적용될 BUS BAR 온도 및 전류의 이상 유무를 감지할 비접촉 적외선 센서 모듈이 설치된 모터컨트롤센터의 모델링이다. 센서가 부착된 상하 이동 및 각도 조절을 위한 구동부는 모터컨트롤센터의 후면부에 설치된다.

3. BUS BAR 이상 감지시스템 설계

본 연구에서 모터컨트롤센터 내부의 BUS BAR의 온도를 하나의 적외선센서로 감지하기 위하여 BUS BAR가 설치된 공간의 범위를 감지할 수 있어야 한다. 따라서 BUS BAR 이상 감지시스템은 상하 좌우로 이동 및 동작이 가능하도록 설계하였다.



[그림 2] BUS BAR 이상 감지시스템
[Fig. 2] Sensing system for abnormality of BUS BAR

그림 2는 BUS BAR 이상 감지시스템이다. 모터컨트롤 센터 내부 좁은 공간에 설치하기 위하여 기구부는 적외선 센서모듈을 포함하여 100 mm 이내로 설계를 하였다. BUS BAR의 온도를 감지하는 적외선센서를 장착한 모듈과 이 모듈을 좌우를 회전할 수 있는 모터 및 이 모듈을 벨트에 연결하여 상하로 이동시킬 수 있는 모터로 구성되어 있으며, 리미트스위치를 사용하여 모터컨트롤센터의 크기에 따라 상하, 좌우의 범위를 한정시킬 수 있다.

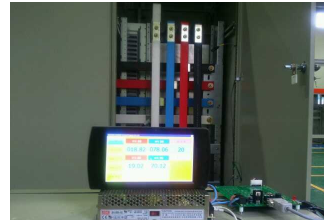
본 연구에서 모터컨트롤센터 내부 BUS BAR의 온도를 2차원으로 감지하기 위해서 2개의 모터를 제어하여 적외선 센서가 R, S, T 3상의 메인 BUS BAR와 부하 BUS BAR, 볼트 연결부의 온도를 측정하고자 한다.



[그림 3] 설계된 제어기 기관
[Fig. 3] PCB controlled in programming

그림 3은 본 연구의 실험을 위하여 제작된 제어기 기관이다. 제어기 기관은 모터 제어 및 모터의 상하 리미트 스위치와 각도 제어용 모터의 좌우 리미트 스위치로부터 입력을 받아 센서의 이동 거리 및 위치를 제어하게 되며 BUS BAR의 온도 측정과 함께 전류 센서로부터 각 상의 전류를 입력 받도록 설계 하였다.

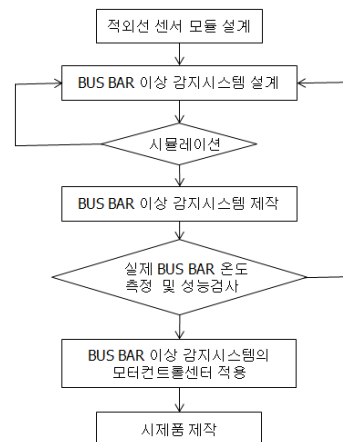
4. 실험 결과 고찰



[그림 4] 실험장치 사진
[Fig. 4] Experimental device photo

그림 4는 모터컨트롤센터 내부 BUS BAR의 온도를 감지하기 위한 실험 사진이다. 모터컨트롤센터 내부에는 R, S, T 3상의 메인 BUS BAR와 R, S, T 3상의 부하 BUS BAR가 있고 메인 BUS BAR와 부하 BUS BAR가 연결되는 볼트 연결부가 있다. 이들의 온도를 BUS BAR 이상 감지 시스템으로 감지를 하고 전류센서를 이용하여 R, S, T 3상의 BUS BAR에 흐르는 전류 값을 측정하였다.

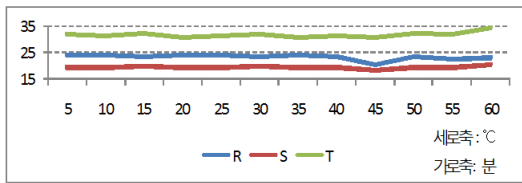
R, S, T 3상의 BUS BAR에서 감지된 온도와 흐르는 전류 값을 통신포트를 이용하여 모터컨트롤센터 전면부에 설치되는 모니터링시스템에서 확인할 수 있도록 하였다.



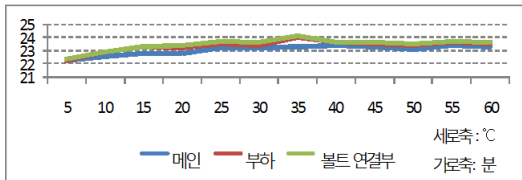
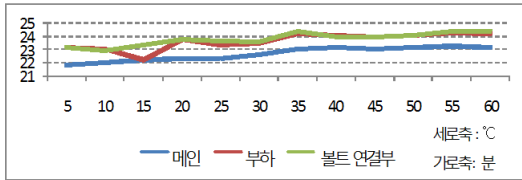
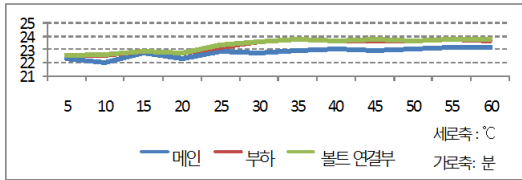
[그림 5] 실험분석 흐름도
[Fig. 5] Diagram of experimental analysis

실험의 조건은 메인 BUS BAR와 부하 BUS BAR를 연결하는 볼트 체결부가 정상상태인 경우와 비정상인 접촉 불량 상태의 2가지 경우에 대하여 부하를 사용하여 실험을 수행하였으며 그림 6부터 그림 9까지 비교 분석하였다. 그림 5는 실험분석 흐름도이다.

일반적으로 모터컨트롤센터에서 사용하는 부하 용량은 AC 400 [A] 정도인데, 부하에 따른 열화 및 노후화에 대비하기 위하여 30%의 여유를 갖도록 설계되어야 하므로 AC 520 [A]의 허용전류를 갖는 BUS BAR가 사용된다. 따라서 실험에서는 폭 40 mm, 두께 5 mm, AC 520 [A]의 허용전류를 가지는 BUS BAR를 사용하였다.



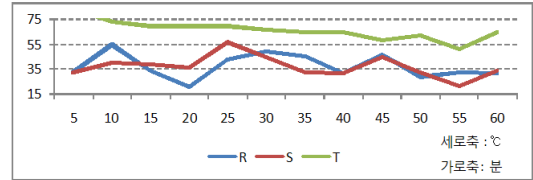
[그림 6] R, S, T 상의 정상 전류 변화
[Fig. 6] Variation of electric normal current in R, S, T phase



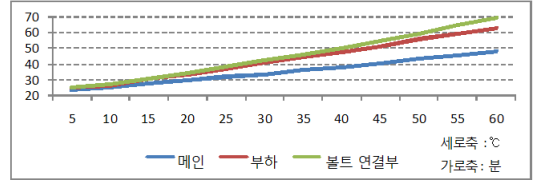
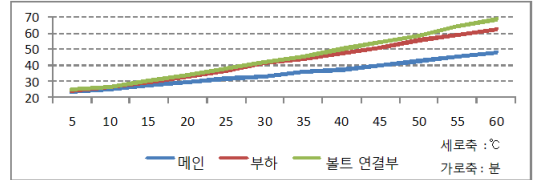
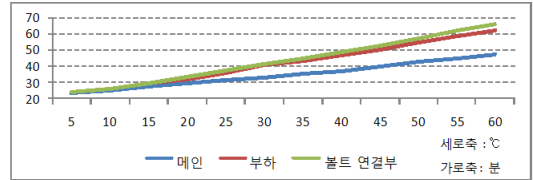
[그림 7] R, S, T 상의 시간대별 정상 온도 변화
[Fig. 7] Variation of normal temperature in R, S, T phase

그림 6과 그림 7은 메인 BUS BAR와 부하 BUS BAR를 연결하는 볼트 체결부가 정상상태인 경우에 R, S, T 3상 BUS BAR의 전류와 R, S, T 3상의 메인 BUS BAR, 부하 BUS BAR, 볼트 연결부의 온도를 5분 간격으로 1시

간 측정된 실험결과이다. 일정한 부하가 주어져도 R, S, T 3상 BUS BAR의 전류가 큰 변화 없이 거의 일정하며, 3상 중 T상의 전류 값이 다른 상에 비해 큰 것으로 나타났다. 또한 R, S, T 3상 BUS BAR의 온도도 1~2 °C 범위 정도로 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.



[그림 8] R, S, T 상의 비정상 전류 변화
[Fig. 8] Variation of electric abnormal current in R, S, T phase



[그림 9] R, S, T 상의 시간대별 비정상 온도 변화
[Fig. 9] Variation of abnormal temperature in R, S, T phase

그림 8과 그림 9는 메인 BUS BAR와 부하 BUS BAR를 연결하는 볼트 연결부가 비정상인 접촉 불량 상태에서 R, S, T 3상 BUS BAR의 전류와 R, S, T 3상의 메인 BUS BAR, 부하 BUS BAR, 볼트 연결부의 온도를 5분 간격으로 1시간 측정된 실험결과이다.

모터컨트롤센터가 설치되어 있는 하수종말처리장 등의 모터가 구동되는 실제 현장에서 직접적인 실험은 과정에서 급속한 온도 변화와 전류의 변화로 인해 사고의 위험성을 배제 할 수 없기 때문에 불가능하므로, 본 논문

에서는 실험을 위하여 메인 BUS BAR와 부하 BUS BAR 사이 볼트 연결부 볼트의 체결을 최악의 조건으로 풀어 메인 BUS BAR과 부하 BUS BAR 사이의 전류 흐름을 인위적으로 방해하여 실험하였다.

실험 결과 R, S, T 3상의 BUS BAR에 흐르는 전류는 정상상태인 경우에 비하여 두 배 이상의 큰 폭으로 증가하는 것으로 나타났다. 또한 R, S, T 3상의 온도도 정상 일 때의 수치보다 1시간 동안 약 23 ℃에서 70 ℃ 근처로 급속히 상승하는 것이 나타나 실제 하수종말처리장 등 실제 상황에서 지속적인 진동 및 모터컨트롤센터의 노후화로 인한 BUS BAR 볼트 연결부위의 접촉강도가 약해졌을 경우 열화가 발생되어 부하 측의 MCCB가 과전류로 소손되어 모터컨트롤센터 자체 화재 및 현장의 모터 구동이 멈추어 하수가 범람하여 2차 피해가 발생할 것으로 예상된다.

5. 결론

비접촉 적외선 센서를 이용한 BUS BAR 이상 감지 시스템을 갖는 모터컨트롤센터 개발의 실험적 연구 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 위 실험조건에서 확인한 결과 모터컨트롤센터 내부 BUS BAR 볼트 연결부가 정상적인 상태에서는 부하를 주더라도 BUS BAR의 전류와 온도가 적은 폭에서 일정하게 변하지만, BUS BAR 볼트 연결부가 비정상적 접촉 불량인 상태에서는 부하가 주어지면 BUS BAR의 전류와 온도가 급격히 상승한다는 것을 알 수 있었다.
2. BUS BAR 볼트 연결부의 이상온도 및 이상전류를 감지하여 모터컨트롤센터의 외부에서 모니터링 함으로써 BUS BAR의 열화에 의한 대형 사고를 미연에 방지하고 경제적 손실과 인명 피해를 사전에 예방 할 수 있을 것으로 예상된다.
3. 이상과 같은 실험에서 BUS BAR의 볼트 연결부를 실시간으로 원격 감시함으로써 모터컨트롤센터의 더욱 더 안전하고 효율적인 관리에 기여하고자 한다.

향후 BUS BAR 이상 감지시스템을 모터컨트롤센터에 설치하여 전기연구소 등의 시험기관에서 부하 시험을 통한 데이터를 수집하고 이를 통하여 일정 이상의 온도에서는 자동으로 전기를 단락시키는 연구를 진행하고자 한다.

References

- [1] Dong-Woo Kim, Ki-Yeon Lee, Hyun-Wook Moon, Hyang-Kon Kim, Chung-Seog Choi, "Research on overheat protection techniques of connection parts of MCCB by poor contact" J. of Korean Institute of Fire Sci. & Eng. Vol. 22. No. 4, 54-60, 2008
- [2] Hyun-Wook Moon, Dong-Woo Kim, Hyung-Jun Gil, Dong-Ook Kim, Ki-Yeon Lee, Hyang-Kon Kim, "Operating characteristic analysis of optic temperature sensor for overheat detection in panel Board" J. of Korean Institute of III. & EIE. Vol. 23. No. 10, pp100-106, October, 2009
- [3] Takayuki Yamashita et al.. "Overheat Sensing system using an Odor Detector and Capsles CAN-NETSU-KUN", Hitachi Cable Review, No. 22, pp.66-69, 2003.
- [4] Jeong-ho kim, "A Development of the contactless temperatuer measuring system using a pyroelectric infrared sensor", Dankook University, master's thesis, 1992
- [5] National Electrical Code, 2005.
- [6] Albert Livshitz, Dr. Belia H. Chudnovsky, Boris Bukengolits, "On-Line Condition Monitoring and Diagnostics of Power Distribution Equipment", Proceeding of exposition, Vol. 2, pp. 646-653, 10-13 Oct, 2004.
- [7] Jeffrey H. Nelson, "Electric Utility Consideration for Circuit Breaker Monitoring", Proceedings of the 2001 IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exposition, Atlanta, Georgia, pp. 1094-1097, 2002.

김 성 대(Sung-dae Kim)

[정회원]



- 1986년 2월 : 동아대학교 일반대학원 전자공학과 (공학석사)
- 1996년 2월 : 동아대학교 일반대학원 전자공학과 (공학박사)
- 1991년 3월 ~ 현재 : 동명대학교 전기공학과 부교수

<관심분야>

계측 및 제어, 전자공학, 전기설비