

정 혼 서울대학교 대학원  
차 귀 수\* 서울대학교 대학원  
원 종 수 서울대학교 교수

1. 서 론

컨버터로 구동되는 시스템의 신뢰성을 높이고 안정된 운전의 위해서는 고장의 신속한 검출을 통해 그 고장 종류에 적합한 조치가 필요하다. 이는 컨버터가 대용량 직류 전동기, 발전기의 여자제어 및 직류 송전에 이용됨에 따라 그 필요성이 더해가고 있다.

고장 종류의 검출 및 그 조치라 함은 고장 상례 및 고장 종류를 확인하고, 이를 제거하거나 예비 회로를 동작시키는 등 필요한 조치를 행하는 것을 말한다. 이를 위해서는 예상되는 고장을 검출하는 회로와 이를 해석하는 것을 필요로 한다.

지금까지는 전력변환장치의 고장 검출에는 분류기<sup>1)</sup> 또는 변류기<sup>2)</sup>를 이용하는 전류방식이 주로 사용되어 왔다.

본 연구에서는 컨버터를 구성하는 다이리스터에 걸리는 전압을 검출하는 방식을 사용하기 때문에 경부하시에도 신뢰성이 높은 고장감지가 용이하다. 그리고 컨버터를 이용해서 직류 전동기를 페루우프 제어방식으로 구동하는 과정에서 발생하는 여러가지 고장에 대해서 이를 검출하여 필요한 조치를 마이크로프로세서를 이용해서 수행케 한다.

2. 고장의 종류 및 검출

그림 1과 같은 컨버터회로에서 일반적으로 발생하는 고장의 종류로서는 다이리스터의 도통 불능, 다이리스터의 단락, 공급전원의 결상 및 부하측에서의 단락등을 들 수 있다.

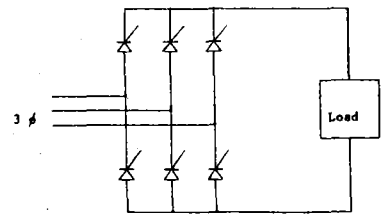


Fig. 1 Three Phase Converter System

다이리스터의 도통 여부 검출: 변류기나 분류기를 이용하는 경우는, 경부하시 정확한 검출이 어렵고, 전력손실을 수반하는 결점이 있으므로 본 연구에서는 다이리스터의 도통 실패시 다이리스터의 양단에 걸리는 전압을 검출해서 도통실패를 판단한다.

다이리스터의 단락 검출: 앞에서 설명한 다이리스터의 도통 여부 검출과 같은 신호를 이용할 수 있으므로 하드웨어를 감소시킬 수 있다. 동작하여야 할 다이리스터 이외의 다이리스터가 단락으로 통전시에는 이에 전압이 걸리지 않는 것을 이용해서 다이리스터의 단락을 검출한다.

결상 검출: 정상적인 운전 중에는 3상 회로의 전압 순시치의 합은 영이 되는 것으로부터 결상을 검출할 수 있다. 전원이 불평형인 경우 또는 부하가 불평형인 경우는 동작 설정치의 가감에 의해서 이의 동작을 조절할 수 있다.

부하의 단락 검출: 직류 전동기를 부하로 하는 시스템의 페루우프 제어에서는 전류 피이드백 제어와 속도 피이드백 제어등이 이용되고 있는 바, 부하측에서의 단락은 부하에 흐르는 전류를 감지하는 회로 즉 전류 피이드백 회로를 이용한다.

3. 시스템 구성 및 제어 프로그램

컨버터로 구동되는 전동기를 마이크로프로세서 를 이용해서 디지털 제어를 행하는 경우의 블록선 도는 그림 2와 같다. 본 연구는 전동기의 속도 제어를 목적으로 하는 것이 아니므로 전동기의 제어는 비례-적분보상에 의한 전류 피드백 제어만을 행하는 것으로 한다.

PI Controller, Converter 및 ZOH, 직류 전동 기 그리고 Low Pass Filter 의 전달함수를 각각  $G_c, G_z, G_M$  그리고  $H$  라고 하면 시스템의 전 달함수는

$$\frac{I(z)}{R(z)} = \frac{G_c(z) \cdot G_z \cdot G_M(z)}{1 + G_c(z) \cdot G_z \cdot G_M \cdot H(z)}$$

로 표시되고

$$G_c(z) = \frac{zK_I + K_P(z-1)}{z-1}$$

$$G_z \cdot G_M(z) = \frac{K_T K_M}{a} \frac{1 - e^{-aT}}{z - e^{-aT}}$$

$$G_z \cdot G_M \cdot H(z) = K_T K_M K_F \frac{Cz + D}{z^2 + Az + B}$$

단  $A = -e^{-aT} - e^{-bT}$   
 $B = e^{-(a+b)T}$   
 $C = -(ae^{-bT} - be^{-aT} + b - a) / ab(a-b)$   
 $D = ((a-b)e^{-(a+b)T} + be^{-bT} - ae^{-aT}) / ab(a-b)$

이므로

$$\frac{I(z)}{R(z)} = K \frac{z^2 + h_1 z + h_2}{z^2 + d_1 z + d_2 z + d_3}$$

단  $K = \frac{K_I K_M}{a} (K_I + K_P) (1 - e^{-aT})$   
 $h_1 = - \frac{K_P (1 - e^{-aT}) + (K_I + K_P) e^{-bT} (1 - e^{-aT})}{(K_I + K_P) (1 - e^{-aT})}$

$$h_2 = - \frac{K_P e^{-bT} (1 - e^{-aT})}{(K_I + K_P) (1 - e^{-aT})}$$

$$d_1 = A - 1 + K_T K_M K_F \cdot C (K_I + K_P)$$

$$d_2 = B - A - K_T K_M K_F \cdot C \cdot K_P - K_T K_M K_F \cdot D \cdot (K_I + K_P)$$

$$d_3 = -K_T K_M K_F K_P \cdot D - B$$

이다.

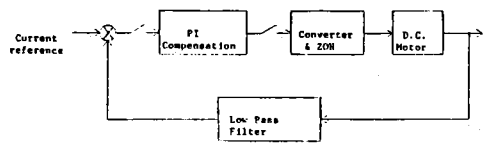


Fig. 2 Block Diagram of Motor Control

그림 3은 이 경우의 하드웨어 구성을 나타낸다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 기존의 전동기 제어를 위한 하드웨어 구성에 고장감지회로를 부가 함으로서 위에서 언급한 고장검출을 수행할 수 있다. 전체 시스템은 Z-80 마이크로프로세서, 기억장치, 표시장치, 고장검출회로 및 입출력장 치로 구성했다.

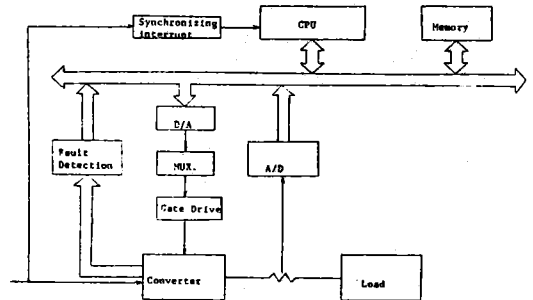


Fig. 3 Block Diagram of Hardware Structure

전동기의 디지털 제어, 고장 검출 및 그 처 리를 수행하는 프로그램의 유용도를 그림 4에 나타냈다. 마이크로프로세서는 전원에서 만들 어지는 동기신호에 의해 도통각을 계산하고 고장 처리를 한다.

4. 결 론

마이크로프로세서를 이용한 전압검출 방식은 3상 컨버터로 구동되는 직류 전동기에 적용하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다. 전력변환장치 의 고장을 검출하기 위해서 전압방식을 사용했기 때문에 경부하시에도 정확한 감지를 할 수 있었 고 검출기에 의한 전력손실도 제거할 수 있었다.

본 연구에서는 고장이 발생했을 때 그것이 심각한 고장일 경우는 전체 시스템의 동작을 중 단시켰다. 그러나 고장이 컨버터내의 고장 일 경우는 예비 컨버터러를 구성하므로서 무정전운전이 가능할 것으로 본다.

4. J. Arrillaga et al., "Fault Detection Scheme for a Direct Digital Control of A.C.-D.C. Interconnections," Proc. Inst. Elec. Eng., Vol. 117, April, 1970

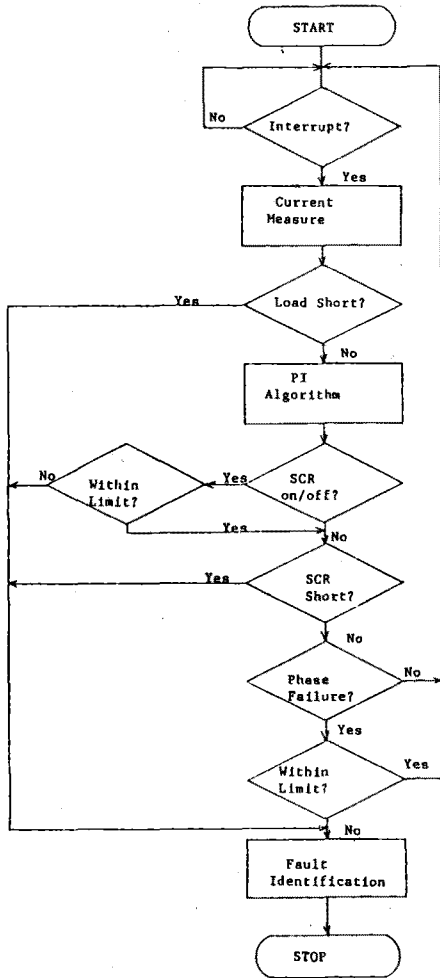


Fig. 4 Microprocessor Algorithm

참 고 문 헌

1. J. Arrillaga et al., "Fast On/OFF Detection of Silicon-Controlled Rectifiers and Its Influence on Converter Controllability," IEEE Trans. IECI, Vol. IECI-26, No.1, 1979
2. Murty et al., "Fault Diagnosis in Three-Phase Thyristor Converters Using Microprocessor," IEEE Trans. Ind. Appl., Vol. IA-20, No.6, 1984
3. Jiang et al., "Digitally Controlled DC Drive Motors," IEEE Trans. Ind. Appl., Vol IA-18, No. 6, 1982