

## 전력품질 변화에 따른 유도전동기의 특성 해석

김종경, 이은웅, 손흥관, 이민명  
 전주대학, 충남대학교, 전기연구소, 대전산업대학교

### The Characteristic Analysis of Induction Motor by Power Quality Variance

Jong-Gyeum Kim\*, Eun-Woong Lee\*\*, Hong-Kwan Sohn\*\*\*, Min-Myung Lee,  
 WonJU College\*, ChungNam Univ\*\*, KERI\*\*\*, Taejon National Univ. of Technology

**Abstract** - Electrical service faults and momentary voltage variances may result in a costly shutdown. This papers present the degree that power quality variance have an effect on the performance of induction motor.

#### 1. 서론

산업의 발전에 따라 전기를 사용하는 장비에서도 점차 높은 전력품질이 요구되고 있다. 전기설비에서 고장과 일시적인 전압차단 등은 민감한 장비나 제어를 필요로 하는 프로세서에서 증대한 문제점을 발생하기 때문에 이를 해결하기 위한 관심이 증대하고 있다[1]. 대부분의 전력설비에서 발생하는 전압강하나 전압동요 및 과도전압 등과 같은 현상은 민감한 전압변화에 쉽게 영향을 받는 장비의 신뢰도를 떨어뜨릴 수 있다.

이와 같은 전력품질변화에 따른 영향을 최소화하기 위해 이중전원공급, 빠른 버스절환, 예비발전기 등의 방법을 사용하고 소용량의 경우 UPS와 같은 장비로 연속적인 전력을 공급받을 수 있지만, 산업용 설비에서는 안정적인 전력을 확보할 수 있는 지속적인 노력이 필요하다.

산업현장 대부분의 부하가 전동기로 이루어져 있는 경우 이를 제어하는 프로세스의 일부가 수 사이클 동안 지속되지 못할 경우 자동적으로 정지하게 되어 이 기간동안 초래된 손실은 상당히 커질 수 있다[1].

본 논문에서는 전력 품질의 변화가 전동기의 특성에 미치는 영향과 그 영향을 줄일 수 있는 방법을 찾고자 한다.

#### 2. 전력품질과 전동기 특성 관계

##### 2.1 전력품질

산업용 프로세스에 영향을 줄 수 있는 전력품질은 전압강하(sag), 전압동요(swell), 정전(interruption)과 같은 것들이 있다[1]. 이들은 그 정도에 따라 시스템에 미치는 차이가 있지만 가능한 한 양호한 전력 품질을 가진 전력을 공급하는 것이 가장 바람직하다. 이들 현상은 다음과 같다.

전압강하는 설비 내부 또는 전원시스템에서 자주 발생하는 현상으로서 장비의 손상을 일으키지 않는다. 전압동요는 흔하게 일어나는 현상은 아니지만 민감한 장비의 동작을 어렵게 한다[1]. 전압강하는 고장이나 과부하의 상대적인 위치와 과부하를 제거나 고장을 격리시키기 위해 요구되는 시간의 양에 따라 크기와 기간에서 따라 변화한다[1].

가변속 구동장치(ASD)의 경우 전압강하나 일시적인 차단은 출력을 떨어뜨릴 수 있으며, 전체 프로세스에 영향을 끼쳐 전동기 토크와 속도의 손실을 발생시킬 수 있다[1,2].

버스절환은 돌입전류와 큰 토오크를 발생시켜 축에 무리를 가할 수 있다[2,3].

그림1은 저압 변압기로 연결된 배전 시스템으로 일반 유도전동기와 가변속 유도전동기가 연결된 설비의 전력 품질에 따른 영향을 해석할 수 있는 대표적인 것이다.

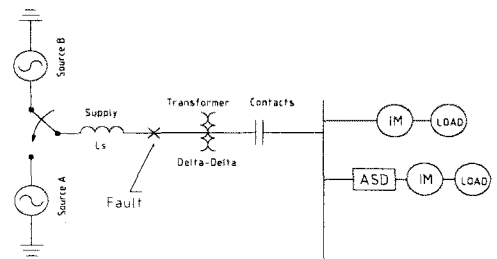


Fig 1 The power systems and motor load model

설비에서 가장 일반적인 혼란의 원인은 지락사고, 단락사고, 전압변동, 정전 등과 같은 전력품질의 변화와 관련된 것이다.

그림2는 전력품질에 대한 가장 일반적인 것으로서 Δ-Y로 연결된 변압기의 고압측에 1선 지락시 저압측의 전압변화를 나타낸 것으로 지락동안 전압의 크기는 0.58pu가 되나 소멸후 전압은 순간적으로 정격전압의 거의 두 배 크기를 나타낸다.

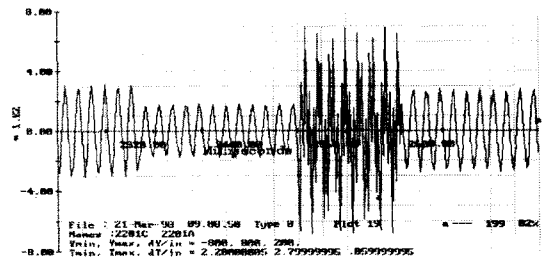


Fig 2 Low-side voltages with a L-G fault

##### 2.2 전동기 특성

유도전동기는 관성을 가지고 있기 때문에 수십 사이클 동안의 전압 upset에 견딜 수 있지만, 제어설비는 1~2 사이클 이내 사라진다[1,2]. 따라서 제어의 상태를 약간 변경할 경우 프로세스의 질을 향상시킬 수 있다.

유도전동기의 경우 버스절환시 위상이 일치하지 않거나 순간적인 전압차단 및 같은 버스에서 재투입될 때 상당히 큰 기동전류를 발생시킨다[3]. 이 과도 현상은 정격의 거의 2~20배 되며 기기, 동작조건, 스위칭시간, 시스템관성 등의 지배를 받는다.

따라서 전동기나 구동장치의 고장 가능성을 제한하기

위해 절환이나 재투입시 주파수당 인입 전원전압과 주파수당 전동기 잔류전압사이 주파수당 합성 백터전압이 전동기에 있어 정격전압과 주파수에서 1.33[pu/Hz]를 넘지 않도록 하고 있다[3].

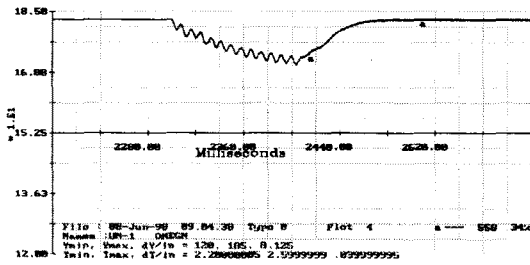
그래서 전력 품질변화에 따른 특성 해석시 가장 흔하게 발생하는 조건들을 고려한 해석이 중요하다.

### 3. 시뮬레이션 및 결과

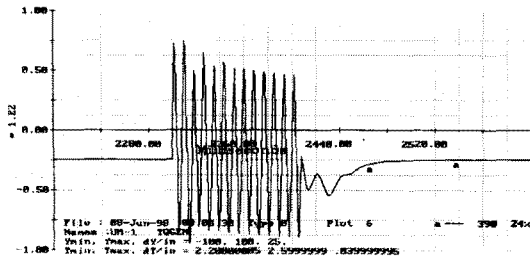
시스템에서 고장이 날 경우는 1선 지락사고가 가장 많으며 3상 단락 사고도 간혹 발생할 수 있다.

그림3은 지락 사고 후 12사이클이 지난 다음 전동기의 동작변화를 시뮬레이션한 것이다.

그림3에서 12사이클 이후 절환시 ANSI C-50에서 제시한 정격전압/주파수 1.33[pu] 보다 작은 0.92[pu]로 안정권에 들어감을 알 수 있다. 속도는 고장 소거시 까지 최고로 줄어들다가 고장 소거후 점차 회복되나 전동기 토오크는 고장 소거시까지 상당히 큰 값을 가진다



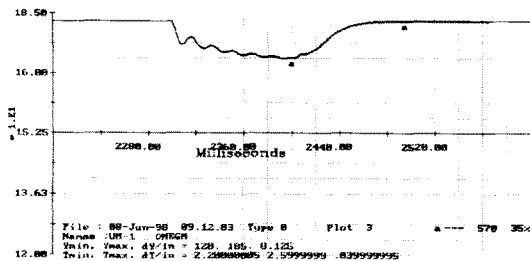
(a) rotor speed



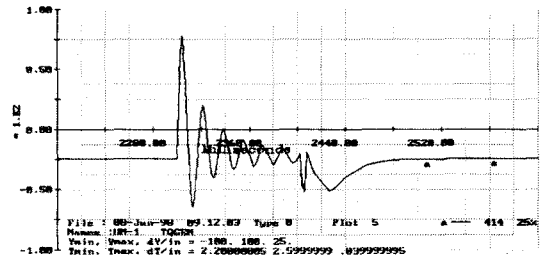
(b) Torque

Fig 3 Simulation of a single motor that remains connected during 12 cycles, line-to-ground fault on the primary

그림4는 3상 단락시 전동기의 동작변화를 시뮬레이션한 것이다. 1선 지락사고에 비해 속도에는 큰 차이를 보이지 않지만, 토오크의 경우 상당히 완화되어 맥동 현상이 크게 나타나지 않음을 알 수 있다.



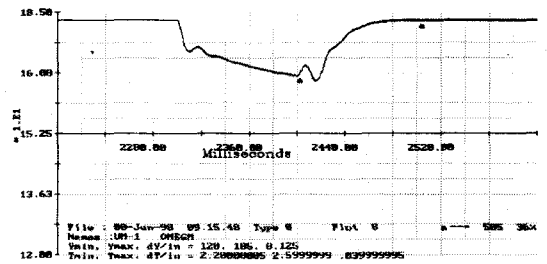
(a) rotor speed



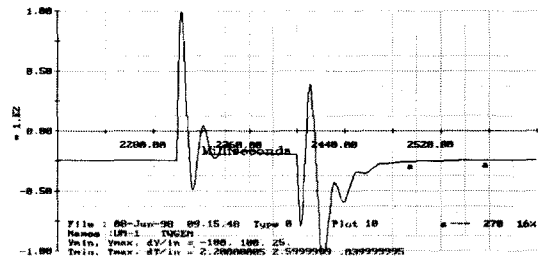
(b) Torque

Fig 4 Simulation of motor during a 12cycle, 3phase bolted on the primary

작변화를 나타낸 것이다. 전동기의 속도는 1선 지락사고시나 3상 단락시에 비해 속도 변동폭이 다소 크게 나타남을 알 수 있다. 토오크는 전압강하 시작시와 회복시에 크게 나타내고 있다.



(a) rotor speed



(b) Torque

Fig 5 Simulation of motor performance for 12 cycles voltage sag

ASD의 적용과 다른 복잡한 산업용 프로세스의 결합이 증가함에 따라 전력 시스템에서 전압변동시 ASD가 어떻게 동작하는가는 ASD가 프로세스의 정확한 속도제어를 필요로 하는 곳에 사용될 때 매우 중요하다.

그림 6 은 가변속 전동기와 일반전동기가 함께 사용되고 있는 곳의 1선 지락 사고시 동작특성을 나타낸 것이다.

일반전동기의 경우 그림5(b) 속도변화는 크지 않지만 가변속 구동 전동기의 경우 그림5(a) 속도가 일정하지 않으며 지락사고 소거 시점에서 가장 속도변화가 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 토오크의 변화에서는 일반전동기의 경우 그림3과 같은 현상을 나타내지만 가변속의 경우 지락사고 시작점에서는 점차 토오크가 소멸되며 소거 시작점에서는 큰 토오크가 발생하며 일정시간에 지난 다음에 정상적인 토오크를 발생한다.

전력품질 변화가 발생할 경우 가능한 빨리 안정적인 전력을 공급할 수 있는 시스템의 구축이 중요하다.

그림7은 서로 다른 2대(3.5마력)의 전동기를 지락사고 발생후 다른 전원으로 버스 절환을 통해 전력을 공급할

그림5는 12사이클 동안 50% 전압강하시 전동기의 동

경우 전동기의 동작 변화를 나타낸 것이다.

그림7에서 5마력의 경우 절환시작 이후 회전자 속도 변화는 3마력의 경우 보다 크게 변화함을 알 수 있다.

토크의 경우는 맥동분은 상당히 줄어들지만 사고후 절환까지 발전기 영역으로 동작할 수 있는 가능성을 나타내고 있다.

각 (c) 진동하는 축 토크와 과도 전기 공급 토크사이 상관계(phase relationsjip)에 과도적인 변화가 좌우된다. 전력설비에서 버스절환동안 여러 대의 전동기 부하는 이들과 같은 높은 돌입전류와 축 토크에 영향을 받을 수 있다.

#### 4. 결론

산업용 전력설비에서 전력의 품질은 점차 향상되고 있지만 프로세스의 증가에 따라 약간의 전력품질의 변화에 따라 설비는 민감한 동작을 하게 된다.

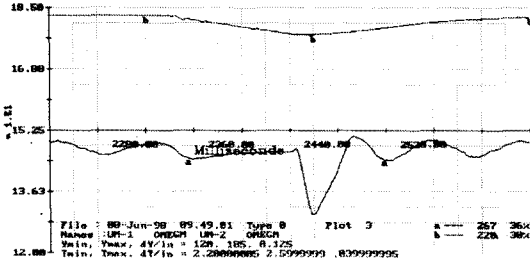
본 논문은 산업용설비에서 전동기를 이용하는 곳에서 1선 지락, 전압강하와 같은 전력품질의 변화에 따라 유도전동기의 특성변화를 계산한 것이다.

유도전동기 경우 사고 발생이후 부터 소거시까지 상당히 큰 토크를 발생하며, 정전사고시 빠른 시간내 다른 전원으로 버스 절환할 때 상당히 큰 토크가 나타남을 알았다.

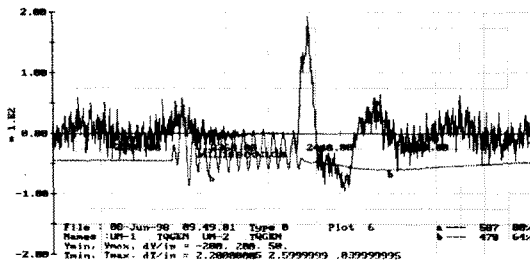
그리고 일반전동기와 가변속 구동 전동기를 같이 사용하는 설비에서는 사고발생후 소거시까지 가변속 전동기의 경우가 더 큰 속도변동과 토크 변화가 나타남을 알았다.

#### [참 고 문 헌]

- [1] Hector G. Sarmento & Eduardo Estrada, "A Voltage Sag Study in an Industry with Adjustable Speed Drives", IEEE Trans on IAS Magazine, Vol.2, No.1, pp.16-19, 1996, 1/2
- [2] R. H. Daugherty, "Analysis of Transient Electrical Torques and Shaft Torques in Induction Motors as a Result of Power Supply Disturbances", IEEE Trans on PAS, Vol.101, No.8, pp. 2826-2836, 1982, Aug
- [3] ANSI C50.41-1982

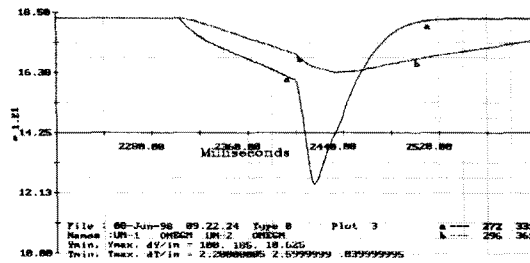


(a) rotor speed

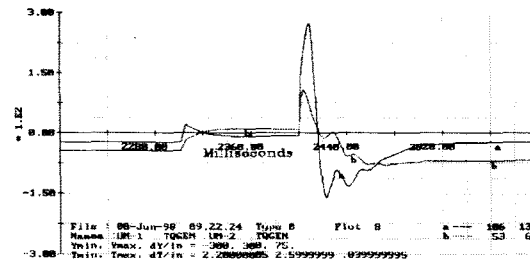


(b) Torque

Fig 6 Simulation of an ASD motor & normal motor during a 12cycle, line-to-ground fault on the primary



(a) rotor speed



(b) Torque(sag)

Fig 7 Simulation of motor during 12 cycles, bus transfer

상용에서 예비전력으로 절환하여 유도전동기에 전원을 재공급하는데 걸리는 모든 시간에서 (a) 전동기 잔류전압의 크기, (b) 전동기 잔류전압과 전원공급전압 사이 위상