

EMTDC를 이용한 대형 산업체 수전설비의 전압저감해석과 보상에 관한 연구

송빈태, 유인근
 창원대학교 전기공학과

A Study on the Voltage Sags and Compensation of Large Industrial Distribution System using EMTDC

Bin-tae Song, In-keun Yu
 Dept. of Electrical Engineering, Changwon National University

Abstract - Voltage Sags, different from electric outages, are important to industrial reliability because modern process controls are often sensitive to voltage sag. the designer and operator should recognize sag characteristics of the electric system not only to protect malfunction of equipment but also to make best choices between reliability and equipment cost.

The voltage sags and compensation countermeasures of large industrial distribution systems have been simulated using EMTDC. The causes of voltage sags occurred in the system are discussed in detail and several countermeasures including the transfer of large induction motor from normal power source to backup source are recommended in order to enhance the ride-through characteristics of equipments.

1. 서 론

전력계통의 고장으로 인하여 고장전류가 흐를 때 이웃하는 선로에 순간적으로 전압이 강하하는 전압저감 현상이 발생한다. 전압저감현상으로 인하여 전압변동에 대한 운전지속력(Ride-through)이 약한 기기의 빈번한 오동작으로 많은 경제적 손실을 초래하고있다. 계통의 고장이나 전동기와 같은 대형 부하의 기동전류로 발생하는 전압저감의 근본원인을 제거하는 것은 불가능하며, 전압저감에 대한 내성이 취약한 임계부하도 증가하고 있는 실정이다. 임계부하의 운전지속력을 경제적인 방법으로 향상시키기 위해서는 전압저감의 특성을 결정하는 크기, 지속시간 및 빈도를 정확하게 예측하여야 한다. 전압저감의 특성은 예측 가능한 특성을 지니고 있으며 특정 고장에 대한 전압 저감 크기의 정확한 계산은 예측에 필수적이다. 정확한 선로의 임피던스, 고장 임피던스 및 임계부하에 대한 고장 지점의 상대적 위치에 대한 정보뿐 아니라 변압기 결선과 저감 전 전압의 크기도 알아야 한다. 전압저감의 지속시간은 계전기와 차단기의 전체 고장제거 시간을 계산하여 예측 가능하며 빈도는 정확한 계통 임피던스와 인접한 모든 장비에 대한 신뢰성 있는 데이터가 필요하다[1-2].

자체 배전망을 구성하고 있는 대용량 수용가의 경우 자체 설비의 고장이 원인이 되어 전압저감 현상이 발생하며 대형부하의 기동전류 또한 전압저감의 원인이 된다 [3]. 유도전동기와 인접한 장소에서 사고가 발생하면 전동기 단자의 전압은 저하하고 기계적 토크가 감소한다. 그러나 부하 토크는 변화하지 않기 때문에 전동기의 속도가 감소한다. 고장이 제거된 후 전압이 회복되면 재가속하기 위하여 저 역률의 큰 전류가 흐른다. 이러한 기동 전류 때문에 수초간 저전압이 지속되는 현상이 발생한다. 많은 유도 전동기를 사용하는 대규모 공장의 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 보다 덜 중요한 전

동기를 트립하는 방법이나 유도전동기 전원을 절환하는 방법에 대한 연구가 있었으나, 이는 주로 소용량 전동기에 적용한 것이었다[4].

본 논문에서는 EMTDC[5]를 사용하여, 현재 조업중인 산업체 수용가의 80MVA 규모의 전기아크로와 5000마력의 대형유도전동기를 모의하여 이들 부하를 기동할 때 이웃한 부하의 전압저감을 연구하였다. 또한 내부 배전망 사고와 외부의 전기 사업자 계통의 사고로 인한 산업체 설비의 전압저감 현상을 고장전력수준의 관점에서 분석하고 효과적인 계통구성방법을 제안하였으며, 대형 유도전동기의 운전지속력을 향상하기 위한 효과적인 전원 절환 방법을 제시하였다.

2. 전압저감의 원인 및 특성

2.1 원인

그림 1은 60MVA 규모의 변전소와 3개의 배전선으로 구성된 계통이다. 각 배전선은 사고를 검출하고 제거하기 위한 보호기기가 설치되어 있다. C지점은 임계부하지역으로 전압저감을 보고자하는 지역이다. F2선로의 A지점에 고장이 발생하면 이웃한 F1과 F3 선로는 전압이 저하한다. F2선로를 모선으로부터 분리하면 B지점은 정전이 되며 이웃한 F1과 F3선로는 전-전압을 회복한다. 일정시간이 지난 후 재폐로 하게 되면 다시 전압이 저하한다

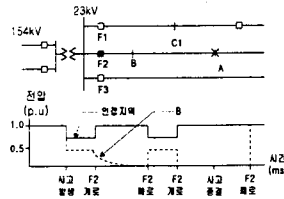


그림 1 전압저감 개념도

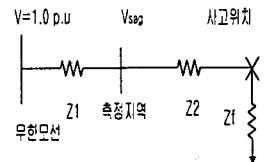


그림 2 임피던스 분배

2.2 특성

전압저감의 특성은 크기, 지속시간 및 빈도로 특성화할 수 있으며, 효과적이고 경제적인 대책을 세우기 위해서는 임계부하의 전압저감의 특성을 분석하고 기기의 정확한 운전지속력 특성 정보가 필요하다. 크기는 고장저항, 선로의 임피던스, 송·배전 방식 및 변압기 결선 등에 따라 다르다. 지속시간은 사고의 기간과 보호기의 특성 및 부하의 종류에 따라 다르게 나타나며, 빈도는 고장 발생 수와 기기의 민감성의 영향을 받는다.

• 크기 (Magnitude)

그림 2는 전압저감크기를 계산하기 위한 기본적인 임피던스 개념을 나타낸다. 관측하고자 하는 지점의 전압

저감은 식 (1)과 같이 간단한 임피던스 분배에 의하여 계산된다.

$$V_{sag} = \frac{Z_2 + Z_f}{Z_1 + Z_2 + Z_f} \quad (1)$$

식 (1)에서 단위길이당 임피던스로 표현하면

$$V_{sag} = \frac{Z_u \times l_{sf} + Z_f}{Z_u \times l_{si} + Z_u \times l_{sf} + Z_f} \quad (2)$$

Z_u : 단위길이당 임피던스

l_{si} : 무한모선과 측정지점간 거리

l_{sf} : 사고지점과 측정지점간 거리

이며, 여기서 Z_u 는 단위길이당 임피던스, l_{si} 는 무한 모선과 측정지점간 거리, l_{sf} 는 측정지점과 사고지점과의 거리이다. 임의의 전압저감의 크기를 일으키는 사고지점을 구하기 위하여 식 (2)을 사고지점과의 거리 l_{sf} 에 대하여 정리하면

$$l_{sf} = \frac{l_{si}(V_{sag} - k)}{V_{sag} - 1} \quad (3)$$

여기서 $k : -(Z_f/Z_u \cdot l_{si})$

이 된다. 따라서 임의의 기기의 임계전압을 알고 있다면 기기의 운전지속력을 벗어나는 임계 사고지점을 구할 수 있다.

· 지속시간(Duration)

지속시간은 고장이 발생한 후 보호장비가 작동하기 이전까지 고장전류가 흐르는 동안 계속된다. 사고시간이 차단기 동작 시간보다 짧으면 사고시간에 의하여 결정되며, 길면 보호기기의 동작시간에 의하여 결정된다. 재폐로의 유무에 따라 한 사고에 대하여 여러 번의 저감이 발생할 수 있다. 다양한 보호장비가 있으며, 고유의 차단시간을 가진다. 차단 협조를 위한 의도적인 시간 지연도 있다. 표 1에 차단기의 전형적인 동작특성을 나타내었다. 보호기기의 특성에 따라 다르지만 보고된 60%~80%의 전압저감 지속시간은 0.2s 미만이다. 또한 50%이상의 전압저감이 0.1s 이내에 종결된다.

· 빈도(Frequency)

전압저감의 빈도를 예측하기 위해서는 계통의 정확한 임피던스 모델과 인접한 모든 장비에 대한 정확한 데이터가 필요하다. 빈도를 예측하는데 있어서, 중요한 문제는 고장이 발생하였을 때 어떤 부하가 전압저감의 영향을 받는지를 결정한 다음 고장이 일어날 확률을 구하는 것이다. 빈도의 예측방법이 여러 논문에서 제안되고 있다.

표 1 전형적인 차단시간

차단기 종류	차단 시간 (cycle)		
	최소	시간지연	재폐로횟수
소호 퓨즈	0.5	0.5~60	무
전류 제한 퓨즈	0.25 미만	0.25~6	무
전자식 개폐기	3	1~30	0~4
오일 회로 차단기	5	1~60	0~4
SF6 또는 진공 차단기	3	1~600	0~4

2.3 민감성 곡선(Susceptibility curve)

모든 기기는 고유의 운전지속력을 갖는다. 그림 3에 CBEMA(Computer and Business Equipment Manufacturers Association) 곡선을 나타내었다. ANSI/IEEE Std 466에서 제안하는 전원 조건에 의하면 2초 이상의 비교적 긴 시간 동안의 전압변동의 경우 +6~-13 이내로 유지할 것을 제안하고 있다. CBEMA 곡선에서, 전압저감이 기기의 민감성 곡선외부에 존재하면 운전 가능함을 나타내고 내부에 존재하면 기기가 오동작을 일으키거나 트립되게 된다. 대책으로는 기기 자체의 전압저감 내성을 향상시켜 운전 가능한 범위를 확대하는 방법과 전압저감의 크기와 기간을 줄이는 두 가지 측면이 있다. 제어기기의 보급에 따라 오히려 장비의 민감도는 더욱 높아져 장비 자체의 운전지속력을 강화하는 것은 한계가 있으므로 전원 측에서 크기와 기간을 줄이는 방법이 필요하다.

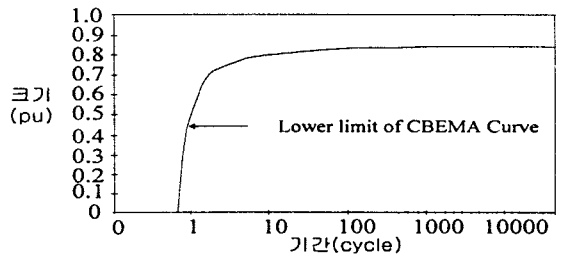


그림 3 CBEMA 민감성 곡선

3. 모델 산업체 계통

3.1 모델 계통의 구성

그림 4 와 같은 설비 용량 225MVA, 154kV 특고압 수용가인 제강업체를 적용 모델로 하였다. 6개의 변압기뱅크로 이루어져 있으며, 설비용량, 부하거리, 결선, 주요부하등 각 뱅크별 특성을 표 2에 나타내었다.

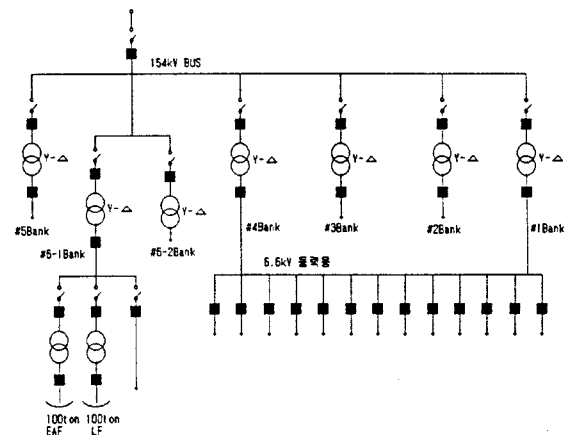


그림 4 모델 산업체 계통

동력용인 1, 4, 5, 6-2뱅크는 2차 전압이 6.6kV이며, 뱅크2,3은 22kV이다. 전기아크로의 전력을 공급하는 뱅크6-1의 2차 전압은 30kV이며, 전기아크로 탭절환 변압기를 통하여 1kV 미만의 저압으로 감압시켜 전력을 공급하고 있다.

표 2 제강공장 수변전설비

뱅크	설비용량 [MVA]	결선/2차 전압(kV)	선로 길이	대 표 부 하	비고
1	40	Y-Δ/6.6	.353	5000HP 전동기	제1압연
2	20	Y-Δ/22	.380	7500KVA 전기로	15t 전기로
3	30	Y-Δ/22	.435	20MVA 전기로	30t 전기로
4	27	Y-Δ/6.6	.353	1bank와 병렬	제1압연
5	13	Y-Δ/6.6	.328	100HP 전동기	신압연
6-1	80	Y-Δ/30	1.2	80MVA 전기로	100t 아크로
6-2	15	Y-Δ/6.6	1.2	200HP 전동기	제2제강
총계	225				

3.2 모델링

1) 전기아크로(EAF: Electric Arc Furnace)

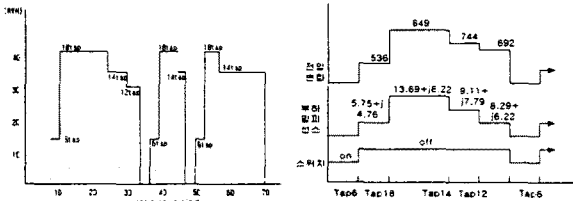


그림 5 전기아크로 운전패턴

전기아크로의 기동시의 이웃한 뱅크의 전압저감 영향을 알아보기 위하여 가장 용량이 큰 100톤 전기아크로를 모델링 하였다. 그림 5는 아크로의 운전패턴을 나타낸다. 총 운전시간은 약 70분간이며, 그림에서 알 수 있듯이 3단계의 순환 운전패턴을 가진다. 탭 절환 작업의 가능 탭 수는 18개로 407-849V 사이에서 운전 가능하지만, 사용하는 탭은 표 3과 같다. 표 3은 실제 운전에서 사용되고 있는 탭의 전압과 전류, %임피던스를 나타내며, 각 운전 단계의 전기아크로 부하의 임피던스를 나타낸다.

표 3 전기로 변압기 탭 변화에 따른 정수 변화

구분	탭	전압 (V)	전류 (kA)	%Z	역률 (pf)	부하정수		
						R (mΩ)	X (mΩ)	L (mH)
1	6	536	71.9	7.8	0.77	5.747	4.763	0.01263
2	18	849	54.4	3.9	0.85	13.69	8.220	0.02181
3	14	744	62.1	4.5	0.76	9.108	7.789	0.02066
4	12	692	66.7	5.4	0.80	8.294	6.221	0.01650

탭절환에 따라 전압과 임피던스는 동일한 변화 과정을 가지며, 스위치의 동작은 이와는 독립적으로 한 과정이 진행되고 나면 개·폐로의 동작을 하게 된다.

EMTDC에서 상기와 같은 아크로의 특성을 구현하기 위해서는 PSCAD의 드래프트에서 작성한 모델을 컴파일 후 생성되는 EMTDC의 DSDYN 파일을 부하조정 함수(PRL2), 변압기 탭 전압 조정함수(TRTAP5), 스위치조정수(SWCH5)를 사용하여 수정하여야 한다.

2) 유도전동기(IM: Induction Motor)

유도전동기는 가장 많이 사용되고 있는 동력용 부하로서 여러 가지 종류가 있지만, 본 연구에서는 3상 유도 전동기를 적용하였다. 표 4에 제강공장의 유도 전동기의 주요 설비 사양을 나타내었다. 제강공장에

서 사용하고 있는 유도 전동기는 주로 압연, 로울러, 제련 등 제강공정에 필요한 동력용과 공기조화를 위한 동력용으로 두 종류로 크게 분류할 수 있다. 전동기 모델은 EMTDC에서 제공하는 유도전동기 모델 "MAC 100 Machine Model"을 이용하여, 500마력과 5000마력의 유도전동기를 구현하였다. 유도 전동기 정수 입력방법에 따라 "Automatic" 법과 "Explicit" 법 2가지가 있다. "Automatic"에 의한 모델은 정격용량과 전압, 전류만을 입력하면, EMTDC에서 제공하는 가장 일반적인 유도 전동기 형태로 본 논문에서는 "Automatic" 법을 사용하였다.

표 4 유도 전동기 사양

종류	용량 [KW]	전압[kV] 전류 [A]	극수	pf	기동법
유도기	3730	6.6/408	8	0.80	리액터
유도기	500	6.6/59	8	0.74	리액터
유도기	1500	6.6/183	8	0.71	리액터
유도기	150	0.44/246	8	0.80	리액터
유도기	110	0.44/178	4	0.81	리액터

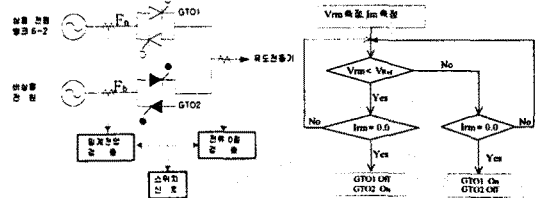


그림 6 전원 절환 모델

그림 7 순서도

3) 전원 절환 개폐기(Static switch)

그림 6은 전동기의 운전지속력을 향상하기 위한 전원의 절환을 나타낸다. 6.6kV 동력용 등가전원은 제강업체의 154/6.6kV 변압기 뱅크 6-2 이며, 비상용 전원은 EMTDC의 "ESYS65" 3상 전원 모델을 사용하였다. 고장으로 인하여 선로 F_n의 전압이 유도전동기의 임계 전압 이하로 저하하면 스위치에 의해 F_n 선로를 신속하게 차단함과 동시에 F_b 선로를 투입하여 전원을 절환한다. 그림 7은 스위치 제어 순서도를 나타낸다. 부하의 전압이 기준값보다 작고, 부하전류가 0 이면 GTO1은 개로 하고 동시에 GTO2는 폐로한다. 전압저감 전압이 기준값 이상이고 전류 0점에서 GTO의 상태는 반대가 된다. 여기서 기준값은 기기의 전압저감에 대한 감응성, 즉 민감도 곡선과 관련된 기기의 운전 가능 임계 전압이 된다.

4. 사례연구

4.1 상정사고의 선정

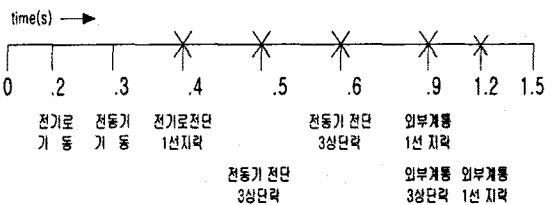


그림 8 모의실험 진행

각각의 원인별 산업체의 저감 현상 해석과 전압저감에 취약한 유도전동기 부하의 운전지속능력 향상을 위한 효과적인 전원 절환 방법과 특성을 분석하기 위하여, 각각

상정사고 1, 2를 선정하여 시뮬레이션 하였다. 상정사고 1에서는 0.2초와 0.3초에서 각각 전기로와 전동기를 기동시켜 대형부하의 기동으로 인한 인접선로의 전압저감을 보고자 하였으며, 0.4초와 0.6초에 자체 설비의 사고로 인한 전압저감과 0.9초에 외부 계통의 사고를 상정하여 산업체 설비의 각 모선에 나타나는 현상을 분석하고자 하였다. 사고의 기간은 동일하게 0.1초로 하였으며 차단동작시간은 0.06초로 하였다. 상정사고 2에서는 5000HP 과 500HP의 유도전동기 부하에 대하여 1) 전원 절환을 하지 않았을 경우 2) 0.9pu 전압저감에서 절환하였을 경우 3) 0.95pu의 전압저감에서 절환하였을 경우를 각기 실행하였다.

4.2 결과 및 분석

4.2.1 상정사고 1

그림 9에 상정사고 1의 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 그림에서 제 1열은 각 사건에 대한 유도 전동기 전단의 전압저감 크기를 나타내며 제 2열은 전기로 전단의 전압저감 크기를 나타낸다.

1) 대형부하의 기동으로 인한 전압저감

- 전기아크로 가동: 그림 (a)는 전기 아크로 기동시의 유도전동기 배전선의 전압 크기로서, 0.98pu를 나타내고 있다. 전기아크로의 기동으로 인한 전압저감의 크기는 무시할 수 있는 것으로 볼 수 있다.

- 유도전동기 기동: 그림 (d)는 전동기 기동시 전기아크로 배전선의 전압저감을 나타내고 있는데, 이 또한 영향을 주지 않고 있음을 알 수 있다. 전기아크로의 정격 전류는 71.9kA로 대단히 큰 전류이나 기동전압이 536V로 전력수준은 66.75MVA로 전체 수전 설비 용량 225MVA의 29.67%이다. 전동기의 기동의 경우 최대 기동전류는 2.035kA로 전력수준은 23.26MVA이다.

2) 계통의 고장으로 인한 전압저감

그림 8의 (b)와 (e)는 각각 내부 배전망의 1선 지락 고장과 3상 단락으로 인한 전압 저감을 나타내며, (c)와 (f)는 외부 계통의 1선 지락사고로 인한 전동기 선로와 전기로 선로의 전압저감 크기를 나타낸다.

- 6.6kV 동력용 선로 3상 단락: 전동기의 동력용 선로에 3상 단락 고장을 모의하였다. 한 상의 고장전류는 41.77kA이며 선간 전류는 72.26kA이다. 고장전력수준은 476.91MVA 이었다. 전기로 전단의 전압저하는 0.032pu로 3.2%의 전압저감이 있는 것으로 나타났다. 3상 단락고장은 가장 최악의 고장임에도 불구하고 선로의 전압이 낮아 고장전류가 그다지 크지 않아 인접선로에 영향을 주지 않았다.

- 30kV 전기아크로 선로 1선 지락: 전기아크로 변압기의 1차측 선로에 1선 지락 고장을 모의하였다. 고장 전류는 147.6kA로 모선 전압 154kV 환산전류는 28.75kA로 고장전력수준은 2556.5MVA이다. 이때 전동기 전단의 6.6kV 배전선의 전압은 0.82pu로 0.18pu의 전압저감이 있는 것으로 나타나, 인접한 선로에 상당한 전압저감을 주었다.

- 154kV 외부 계통 1선 지락: 154kV의 1선 지락고장 전류는 59.51kA 로 고장전력수준은 3054MVA 이다. 전기로 선로의 전압은 0.72pu, 전동기 동력용 선로의 전압은 0.68pu이다.

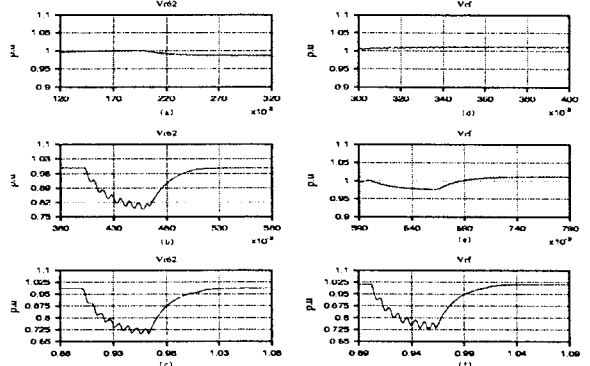
표 5에 각 사례별 고장전류와 전력수준 및 전압저감

표 5 사례별 전력수준과 전압저감

사 건	전압(kVA)	전류(kA)	고장전력(MVA)	단위전력	전압저감(pu)
전기로기동	0.536	79.10	66.8	0.39	0.98
전동기기동	6.6	2.04	23.3	0.14	0.99
전기로선로 1선지락	30	147.60	2556.0	15.04	0.82
외부계통 1선지락	154	59.51	3054.8	17.97	0.72
전동기 선로 3상단락	6.6	41.77	477.5	1.24	0.96

* 기준전력 설비용량: 175MVA

을 정리하였다. 고장전류는 전기로 전기아크로 선로의 1선 지락 사고의 고장전류가 147.60kA로 가장 크나 실제 전압저감은 154kV 전압수준 사고인 외부계통의 1선 지락사고 보다 작다.



전동기 전압저감

(a) 전기아크로 기동

(b) 전기로 전단 1선지락

(c) 외부계통 1선지락

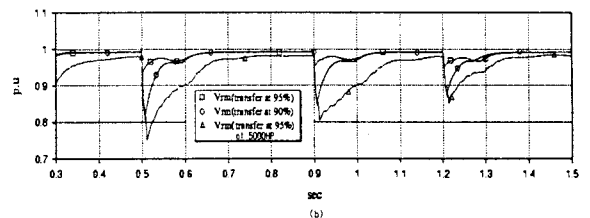
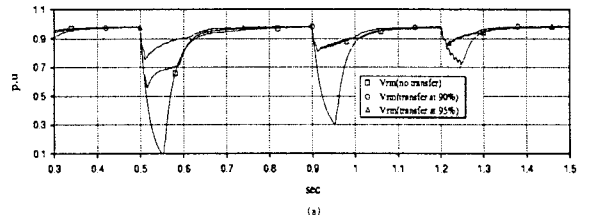
전기아크로 전압 저감

(d) 전동기 기동

(e) 전동기 전단 3상 단락

(f) 외부계통 1선지락

그림 9 부하 기동, 사고 위치와 전압저감 크기 관계



(a) 5000HP (b) 500HP
그림 10 절환 전압과 전압저감

4.2.2 상정사고 2

그림 10에 전동기 부하 절환에 따른 전동기의 전압저감 보상을 나타내었다. 절환한 경우와 그렇지 않은 경우의 전압저감 크기 보상은 이루어지고 있지만, 전-전압으로 회복하는데 소요되는 시간, 즉 지속시간은 크게 줄지 않았다. 이는 전동기의 재기동으로 인한 역기전력으로 인하여 지속시간이 길어지고 있기 때문이다. 그림 10(a)의 0.5-0.6초에서 90% 전압과 95% 전압에서 각기

절환을 하였을 때 보상의 크기는 상당한 차이를 보여 주고 있다. 이때의 사고는 전동기 전단에 3상 단락을 모의한 경우이다. 그러나 (a)의 0.9초와 1.2초의 그래프는 외부 계통에 3상 단락과 1선 지락을 모의하였을 때 그래프로써, 절환 전압에 따른 보상크기의 차이는 거의 없는 것으로 나타나고 있다.

표 6 절환기준전압과 전압저감 특성

전동기 용량	절 환 조 건	지속시간 (0.9pu이하)		최저치		
		sec	cycle	0.5sec	0.9sec	1.2sec
5000 HP	Non transfer	0.119	7.14	0.0869	0.2989	0.7165
	transfer at 90%	0.120	7.20	0.5580	0.8084	0.8427
	transfer at 95%	0.089	5.34	0.7507	0.8306	0.8457
500 HP	transfer at 90%	0.020	1.20	0.809	0.857	0.873
	transfer at 95%					

그림 10의 (b)는 500마력의 전동기를 90% 전압과 95% 전압에서 절환하였을 때 전동기의 전압저감 크기의 변화를 보여주주고 있다. 5000마력의 전동기와는 달리 절환 전압의 크기에 따라 전압저감의 크기가 상당한 변화를 보이고 있다. 90%의 전압에서 전원 절환을 한 경우에 0.9pu이하의 전압저감 지속시간은 1.2cycle로 나타나고 있으나 95%의 경우는 0.9 이상을 유지하고 있다. 표 6에 절환 기준전압과 전동기의 전압저감 특성을 나타내었다. 표에서 보면 5000마력의 전동기는 전원 절환을 하더라도 순간적인 전압저감을 피할 수 없다. 그러나 500마력의 전동기의 경우 90%의 전압에서 전원 절환을 하더라도 가장 가혹한 경우에도 영향을 받지 않는 것으로 나타나고 있다.

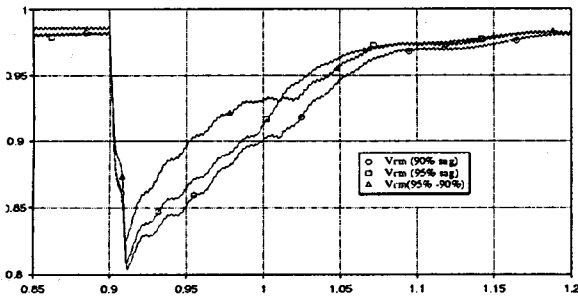


그림 11 절환 기준 전압 변화

그림 11은 5000HP의 전동기를 상용전원에서 비상용 전원으로 절환할 때는 95%의 전압에서, 비상용 전원에서 상용전원으로 복귀할 때는 90%의 전압에서 절환한 경우의 전압저감 크기를 나타낸다. 각기 90%와 95%의 동일한 전압에서 절환한 경우보다 양호한 특성을 나타내고 있다. 그림 12는 상이한 크기의 전압에서 절환할 때 상용전원과 비상용전원의 전압과 전압저감의 특성간의 관계를 나타내는 것으로, 사고발생과 동시에 상용전원의 전압이 급격하게 감소하고, 전원 절환이 이루어진 후 전동기의 역기전력으로 인하여 비상용 전원 전압이 저하되므로 보상의 정도가 작다. 사고가 제거된 후에는 상용전원의 전압의 회복속도가 비상용 전원보다 빠르다. 따라서 상용전원과 비상용 전원의 크기가 서로 교차하는 시점이 생긴다. 비상용 전원 투입 기준전압과 복귀 기준전압을 동일하게 설정하는 것 보다, 비상용 전원 투입 기준전압은 가능한 크게 설정하고 복귀 기준전압은 두 전원의 전압크기가 교차하는 지점으로 하는 것이 보다

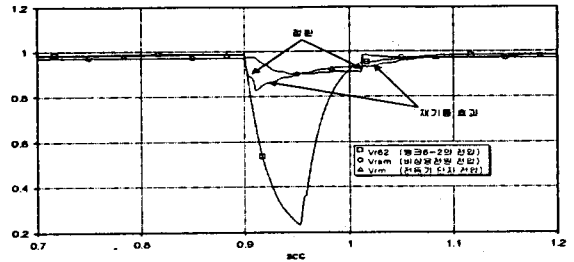


그림 12 전동기 재기동으로 인한 전원전압과 전압저감
나은 전압저감특성을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

5. 결 론

본 논문에서는 대형 산업체 설비의 사례별 전압저감 특성을 분석하였으며, 전원 절환을 이용한 전동기 부하의 적절한 전압저감 보상법에 관한 연구를 하였다. 모의 실험 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 일반적으로 대형부하의 기동으로 인하여 전압저감이 발생하나 기동전류가 전체 설비 규모의 일정수준 이상일 때 유효한 전압저감이 발생한다. 모의실험에 의하면 약 10배 이상의 전력수준이 되어야 하는 것으로 생각된다.
- 2) 전압저감의 크기는 고장전류의 크기에 비례하나, 단순히 고장전류의 크기에 의해서만 결정되는 것이 아니라 고장전력 수준이 상당한 영향을 준다. 고장지점과의 거리, 변압기 결선 등의 조건이 동일하다면 고장전력수준에 의해서 크기가 결정된다. 내부 고장으로 인한 전압저감크기와 빈도를 줄이기 위하여 가능한 한 고압 배전선은 단거리로 설계할 필요가 있으며, 고장전류검출 미비로 인한 고장차단을 실패하지 않는다면 고저항 접지, 소호리액티브접지, 비접지 방식으로 설계하여 고장임피던스를 크게 하는 것이 효과적이라 할 수 있다.
- 3) 전원 절환을 통한 전동기의 전압저감 보상에는 용량의 한계가 존재하며, 절환 전압에 따라 크기와 기간뿐만 아니라 전동기의 재기동 전류값의 변화가 있다. 기기의 민감도 특성에 따라 절대적인 크기는 다르지만, 비상용 전원으로 절환하는 경우, 기준 전압을 상용전원과 비상용 전원이 교차하는 지점을 전원 절환 기준전압으로 하여 전압저감의 크기뿐만 아니라 지속시간과 재기동전류를 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

(참 고 문 헌)

- (1) Larry E. Conrad "Proposed Chapter 9 for Prediction Voltage Sags(Dips) in Revision to IEEE Std 493, the Gold Book" in IEEE Transaction Industry Application, Vol. 30, No.3, p.p 803-821, May/June, 1994
- (2) Jeff Lamoree, "Voltage Sag Analysis Case Studies" in IEEE Transaction Industry Application, Vol. 30, No.4, p.p1083-1085, July/August, 1994
- (3) Christopher J. Melhorn, "An Evaluation of Energy Storage Techniques for Improve Ride-Through Capability for Sensitive Customers on Underground Networks" in IEEE Transaction Industry Application, Vol. 33, No.4, p.p1083-1095, July/August, 1997
- (4) Mark F, McGranaghan, "Voltage Sags in Industrial Systems" in IEEE Transaction Industry Application, VOL. 29, NO.2.p.p 397-402, March/April, 1994
- (5) PSCAD/EMTDC, Manitoba HVDC Research Centre, Winnipeg, Canada R3T 2G5.