

디지털시대의 대형사고의 전기적 영향 고찰 (Electric power system effect investigation of large size digital signal accident thought in digital age)

강태근*

(Tae-keun Kang)

주식회사 청효엔지니어링그룹 부설 안전에너지연구소

Abstract

The latest equipment automatic Intelligence of digital base done large size equipment appear in succession .That run by voltage electric current(mA, mV, μ A, μ V) that outline is microscopic of action of accuracy large size equipment of this digital base is bulk. Have received influence that is great in river electric field by installment that use computer. Most of domestic working voltage from service entrance extra-high voltage and working voltage of commercial frequency 60Hz working voltage 220V that use our country outside 1 country in interior of 22.900V for semiconductor use computer use digital installment of appliance as well as various smalls of digital base, middle, large size that safety is these fine voltage electric current that is not enough direct admonition hundred vast damage give can . Also, already act in surge circle and impulse transient phenomena such as several thousands, myriads, strong bit error more than billions time to digital fine electronic circuit by mistake use of using electric facility system of system electric power.

서론

최근 설비는 디지털 기반의 자동 지능화된 대형설비가 속출하고 있다.

이러한 디지털 기반의 정밀 대형설비의 동작은 대개가 미세한 전압 전류(mA, mV, μ A, μ V)로 구동하는 것이 대부분이다.

컴퓨터를 이용하는 설비로 강한 전계에 엄청난 영향을 받게 되어 있다. 국내 사용전압의 대부분은 인입구에선 22.900V의 특별고압과 옥내에서는 우리나라와 페루에서만 사용하는 상용주파수 60Hz 사용전압 220V가 안전이 충분치 못한 이러한 미세 전압 전류인 디지털 기반의 가전제품은 물론 각종 소, 중, 대형의 반도체 사용 컴퓨터 설비에 직간접 엄청난 피해를 줄 수 있다. 또한 이미 사용하고 있는 전기사용 설비의 계통전력의 전력 시스템의 잘못 사용으로 인하여 디지털기반 미세 전자 회로에 수천, 수만, 수억 배 이상의 강한 서어지원이나 임펄스인 과도현상으로도 작용할 수 있다.

이러한 상존하는 기존 계통 사용전원이 디지털 기반 대형설비의 미세한 전압 전류 회로로서는 근본적으로 존재하는 위험 전압이다.

기존 계통 전력 설비는 가동 중인 첨단 대형설비에 엄청난 초 고압적 전압 전류로 장애를 줄 수

있는 현실이다..

이는 결국 디지털기반의 이산적인 비트 신호 전달 시스템에서 정보를 취급하는 첨단설비에 대형사고의 요인으로 작용될 수 있다는 것이다. 본고에서는 대형 디지털 설비에 공통적으로 발생 할 수 있는 오동작, 시스템 마비, 디지털 반도체소자의 파괴와 발생하는 디지털설비 에러발생의 고장은 직 간접 대형사고의 원인으로도 작용할 수 있다. 따라서 본고에서는 비트에러발생을 일으키는 강한 전기 영향에 대하여 살펴보고자 한다.

1. 디지털컴퓨터 기반설비의 발전과 특성

1.1 제1세대(1946~1957년) 컴퓨터 특성

주요 소자	진공관(Tube)
연산 속도	ms (10^{-3} sec)
사용 언어	기계어, 어셈블리어
기억 장치	지연 회로, 자기드럼

· 하드웨어 개발에 치중하였으며 주로 과학 계산용으로 사용 되었다.

· 부피와 전력 소모는 작지만 계산 능력 및 신뢰도는 떨어진다.

1.2 제2세대(1958~1964년) 컴퓨터 특성

주요 소자	트랜지스터(TR)
-------	-----------

연산 속도 $\mu s (10^{-6} sec)$
 사용 언어 COBOL, FORTRAN, ALGOL 등
 기억 장치 자기 코어

- 하드웨어 중심에서 소프트웨어 중심으로 전환되었으며 COBOL과 같은 고급 언어가 개발되었다.
- 운영 체제가 등장 하였고 멀티프로그래밍이 도입되었다.
- 부피는 작아진 반면 신뢰도는 크게 향상 되었으며 온라인 실시간 처리 시스템이 실용화 되었다.

1.3 제3세대(1965~1974) 컴퓨터 특성

주요 소자 집적회로(IC)
 연산 속도 $ns (10^{-9} sec)$
 사용 언어 BASIC, PASCAL, LISP 등)
 기억 장치 집적회로(IC)

- 시분할 처리 시스템(Time Sharing System) 과 다중처리(Multi Processing) 기법이 개발되었다.
- OMR, OCR, MICR과 같은 입력장치, 경영정보시스템 도입되었다.

1.4 제4세대(1975~1983년) 컴퓨터 특성

주요 소자 고밀도 집적회로(LSI)
 연산 속도 $ps (10^{-12} sec)$
 사용 언어 C 등
 기억 장치 고밀도 집적회로(LSI)

- 마이크로프로세서의 출현으로 최초의 개인용 컴퓨터가 출현하였다.
- 네트워크(Network) 가 크게 발달되어 원격지의 자료도 공유가 가능해졌다.
- 공장 자동화(FA), 사무 자동화(OA) 등 각종 분야에 컴퓨터를 이용한 자동화가 이루어졌다.
- 가상기억장치 기법(Virtual Memory) 이 도입 되었고 최초의 슈퍼 컴퓨터가 등장 하였다.

1.5 제5세대(1984~현재)

주요 소자 초고밀도 집적회로(VLSI)
 연산 속도 $fs (10^{-15} sec)$
 사용 언어 Visual C, Visual Basic, Java, Delphi) 등
 기억 장치 초고밀도 집적회로(VLSI)

· 인공지능(AI), 전문가 시스템(Expert System), 패턴 인식 시스템, 의사 결정 시스템(DSS), 퍼지이론(Fuzzy Theory) 등이 도입되었다.

- 컴퓨터를 이용하여 보다 복잡한 계산을 수행하고 고도의 정밀 시스템 분야에 활용하고 있다.

2. 상용 전압전류와 디지털 동작 전압 전류

국내 강전계의 최소 옥내 사용전압은 상용주파수 60Hz, 220V인 반면에 디지털 전자회로의 내부 동작 전원인 전류 전압은 거의 mA, mV, μA , μV 로 이미 옥외의 인입전압 22,900V, 옥내 최소 사용전압이 우리나라만 (표1) 상용주파수 60Hz에서 옥내 220V는 우리나라와 페루만 사용하는 옥내 사용전압으로 이는 옥내 디지털 사용설비등 전자회로에 수천, 수만, 수억배 이상의 영향을 주는 전원이 될 수 있다.

사용주파수	사용전압	국가수	참고
50Hz	100 급	4개국	볼리비아 리비아 세네갈, 모로코
	100/200 급	9개국	토고, 튀니지, 자메이카, 카나리아등
	200급	110개국	유럽권 중동일부
50/60 Hz	100v급	없음	
	100/200 v 급	2개국	일본, 가아나
	200 v 급	없음	
60Hz	100 v 급	19개	미국, 캐나다, 중남미부
	100/200 v 급	7개국	미국 일부, 동유럽, 남미,
	200 v 급	2개국	한 국(220 v), 페루

(표1) 세계 국가별 상용주파수 사용전압

3. 대형설비에 영향 주는 고조파, 고주파의 정의

고조파란 미국의 NEC SECTION-210-4a는 고조파를 총칭하여 Harmonic Current-Nonlinear Loads라고 지칭하고 있다.

일본 JIS에 의하면 고조파란 주기적인 복합적인 각 성분중 기본파 이외의 것으로 제 n차 고조파란

기본 주파수의 n배의 주파수를 가진 것으로 정의하고 있다.

파워일렉트로닉스 분야에서는 보통 40~50 차수까지의 것을 고조파로 분류하고 그 이상의 것을 노이즈로 취급한다.

규제 면으로 살펴보면 전원 고주파 전류에 대한 규제는 국제 규격인 IEC 1000-3 시리즈나 일본의 "고압 또는 특별고압으로 수전하는 수용가의 고조파 억제 대책 가이드라인"등에서 대부분이 제 40차 성분까지 언급된 것으로 보아 우리나라 상용 주파수 60HZ 에서는 2.4KHZ 이하의 주파수를 고조파, 그 이상을 고주파로 구별해도 무리는 없을 것이다.

다만 유럽연합은 전자파 규제에 EMC 규격에서 주파수에 따라 분류하여 9KHZ를 경계로 하여 저주파, 고주파로 정하여 별도로 규제하고 있다. 이는 전자파 규제를 위한 목적 때문이다.

상기내용을 종합해볼 때 결국 미국의 NEC SECTION-210-4a는 고조파를 총칭하여 Harmonic Current-Nonlinear Loads 라고 지칭하는 것이 광의적으로 합당하다. 즉 고조파는 컴퓨터, 용접기, 선풍기, 펌, 전등의 ON, OFF, 각종 전력변환소자, 심지어 가정, 공장, 빌딩에서의 모든 비선형적인 전기사용 부하를 모두 고조파, 고주파원으로 보아도 무리가 아님을 고찰할 수 있다.

4. 고조파와 고주파의 차이와 심각성 고찰

저주파인 고조파는 단순 전원에서 전도성 의미만 존재하지만 고주파는 도체에서 뿐만 아니라 전원에서의 전도성, 그리고 입체적인 방사성, 그리고 유도성등 입체적인 방해파로 작용하고 있어서 고조파와 분명한 차별성이 있다.

문제의 심각성은 고조파는 정형화 즉 계측, 계량 분석이 가능하고 또한 분석에 대한 대책도 가능하다. 고조파는 동일한 전원계통에만 전파하는 도전성 장애요인이다. 즉 동일한 전원계통이나 접속된 접지계통에 모두 도전성으로 전파 되는 것과 다르게 고주파는 전자파로 공중을 전파하여 방사성으로 장애를 유발한다. 이와 같은 방사성 상태의 전파성, 그리고 전자적으로 결합하여 비트 장애를 주는 유도성 그리고 고조파와 같은 도전성의 전방위적인 장애현상은 고조파보다도 더욱 디지털 기반 설비에 심각한 영향을 준다.

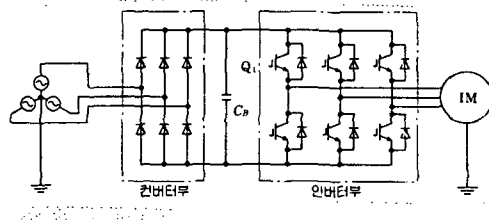
이와 같은 디지털 기반의 첨단 대형 전기 전자 정보 통신설비에 심각한 사고 장애를 유발하는 고조파 고주파는 혼란스러우며 고조파보다 고주파가

더욱 심각하다고 볼 수 있다

즉 고조파는 전원과 동일계통에 접속한 진상콘덴서와 직렬리액터, 비상발전기의 펌퍼권선, 전력간선의 소손을 일으킨다. 반면에 고주파는 전반적으로 도전성, 방사성, 유도성으로 전방위적으로 디지털설비에 장애를 일으킨다. 이와 같이 고주파는 고조파의 도전성이외도 방사성, 유도성이 심각하고 불특정으로 발생하고 예측이나 정형화 계량화 분석이 어렵다. 모든 국책 연구소나 국영설비 및 민간설비 등 즉 예를 들면 병원의 전자회로 이용 첨단 정밀설비(ME)에는 반드시 이에 대한 대책이 있어야 하나 국내 기술 분야의 여러 가지 부조리와 탈법, 편법으로 이미 관행처럼 굳어져 설계의 발주, 계획, 기본설계, 실시설계와 유지보수 단계에서 전부 누락되어 있다 이는 디지털 기반 대형설비의 대형사고 유발인자로 인재의 원인이다.

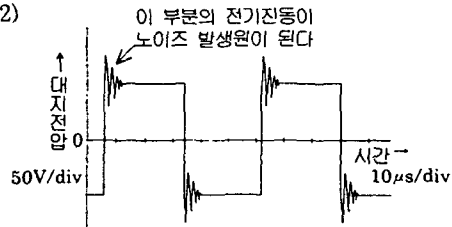
5. 비트(bit)에러 원인 고조파 고주파의 발생부분 분석

일반적으로 사용하는 인버터의 회로(그림1)에서 AC/DC 컨버터 회로에서는 저주파인 고조파가 발생하고 DC/AC의 인버터부에서는 노이즈원인 고주파가 발생한다.



(그림1) 범용 인버터의 주회로

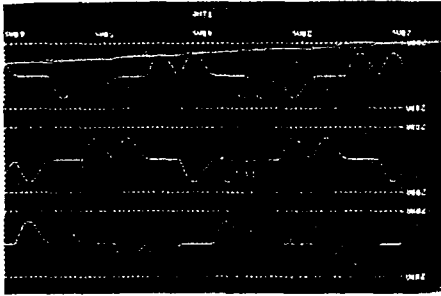
이는 인버터를 구성하는 고속 스위칭소자인 IGBT가 고속도로 ON/OFF를 반복하므로 그림처럼 배선의 인덕턴스나 대지와 표류 커패시턴스 사이에서 고주파의 전기진동이 발생함을 볼 수 있다.(그림2)



(그림4) 중성점 직접접지 방식의 실상

(그림2) 고주파 전기진동 예

이 밖에도 대형 첨단 전기전자 정보 통신 설비에 필수적으로 사용하는 마이크로컴퓨터의 클럭 발진기나 고속 스위칭 소자인 IGBT 게이트 전원용 DC/DC 컨버터도 고주파 노이즈 원인이다. 따라서 그림3처럼 범용 인버터의 전압전류 파형이 왜형화 됨을 볼 수 있다. 대부분의 전자회로의 미세 변환 장치들도 이러한 형태로 비록 정도차이가 다를 뿐 엄청난 어지러울 정도의 왜형파(그림 3)를 띄고 있으며 이는 디지털이 근본적으로 노이즈에 약한 취약성을 볼 때 이러한 고조파, 고주파는 첨단 설비에 심각한 영향을 미칠 수 있는 요인이다.

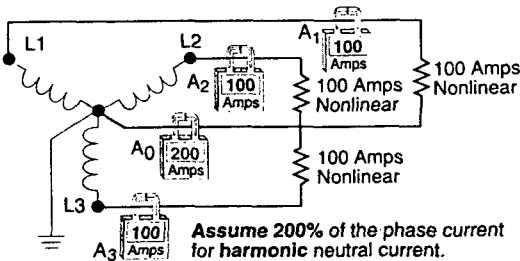


(그림3) 범용 인버터의 전압전류 파형

6. 발전, 변전, 송배전, 변전 계통접지의 문제점

우리나라에서 유효접지로 사용하는 22.9kv 중성점 다중접지인 직접접지 방식의 엄청난 고장전류는 대형 디지털기반 설비에 일순간 초토화 할 수 있는 엄청난 영향을 주며 이는 시스템 다운등 대형사고로 이어질 수 있다. 각종 악 영향을 주는 예를 지면의 제약으로 일부만 살펴본다 (그림 4)

Wye Neutral Current - Nonlinear Loads
Table 310-16 Note 10(c)

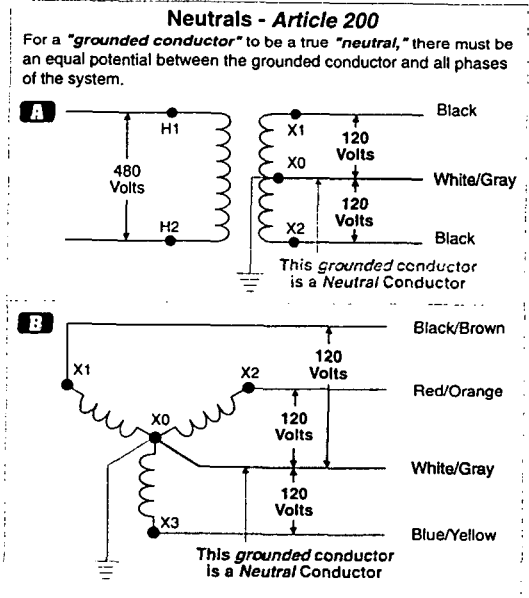


7. Neutral 과 Ground의 혼돈 사용

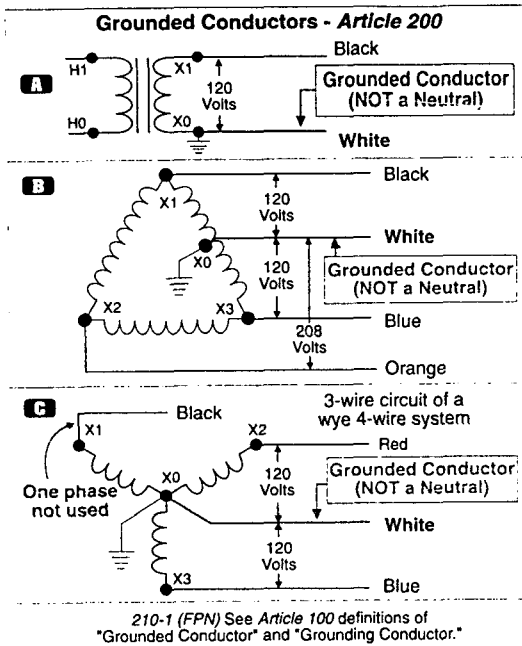
국내에서 중성점 다중접지로 사용 하는 중성선이 이론상으로 무전압 무전류이나 현실적으로는 100% 평형이 곤란하다. 전압 전류가 항상 상존한다는 것이다..

중성선 개념의 마이너스 접지된 중성선을 잘못 접지선으로 연결하여 사용하는 이러한 중성선에는 고조파전류가 기본파전류의 약 200-300%로 적용하는 것을 고찰 할 수 있다. 정도차이 이지만 전압은 당연하다.(그림4) 이는 신문에 대서특필된 여의도 공동구와 종로 통신선 화재, 석관 변전소의 찬단기 폭발로 이어졌은 자명하다.

빌딩 공장 등 공사현장에서 중성선(그림5)과 접지선(그림6)의 구분이 명확하지 않아 시스템전체가 비정상적으로 동작하는 신축 설비를 확인할 수 있었고 이러한 중성선, 접지선의 혼용사용은 직 간접의 디지털 기반설비의 대형사고의 원인이 될 수 있다.



(그림5) 중성선 도체의 정의



(그림6) 접지 도체의 정의

8. 동시 비트 에러발생 시스템 다운 유발 고찰

강전계의 정전, 전자 유도현상과 절연 열화에 의한 강전계 누설전류의 크기, 통전경로, 통전시간 상용 전원(220V, 22,900V 등 주파수의 크기, 직류, 교류) 통전 경로별 가중치 그리고

유도와 각종 왜란요인 그리고 전자회로를 둘러 싸고 있는 내 외부의 노이즈 원이 디지털 설비에 작용되며 노이즈에 치명적인 디지털 소자를 파괴하여 대형사고를 유발할 수 있다.

광의적으로 강전계의 비선형적인 모든 동작은 디지털기반의 전자회로에 영향을 줄 수 밖에 없다. 즉 강전계의 누전현상, 선간단락, 합선, 전기설비의 충전 단락, 고압방전, 과부하 상태, 접촉불량 상태, 통전 전원의 방치, 연선 소선 합선 중단, 전기스파크, 정전기 스파크, 고조파, 고주파, 코로나현상은 디지털 설비에 동시 비트에러 발생의 악 영향을 준다. 경우에 따라서는 디지털 설비의 시스템 down으로 대형사고를 유발할 수 밖에 없다.

예를 들면 전선의 mm² 당의 전류밀도가 120A 이상의 순시 용단현상에 의한 전선의 폭발 때 발생하는 썩어지 충격파는 디지털 설비의 취약한 부분을 초토화하거나 시스템 down을 발생 시킨다.

결론

디지털시대의 대형사고는 전술한대로 초 집적회화로 그리고 컴퓨터의 발전과 더불어 상용반도체로 구성 되어 디지털 설비는 전기영향을 언제든지 받을 수밖에 없다. 상용디지털기반으로 산업설비화는 필연으로 더욱 심각성이 크다.

전자회로, 반도체 회로의 급속한 소형화 초 집적화, 초 경량화와 전자회로의 초집적화 경량화 경박화가 반도체 연구개발의 근본적인 목표인 이상 이는 피할 수 없다.

BIL을 적용하는 강전계 와는 근본적으로 다르다.

이러한 반도체의 연구개발 목표, 그리고 디지털기반의 전자회로등 여러 곳에 상용되는 반도체의 취약성은 더욱 이보다 낮은 전압으로도 소자등 디지털 회로의 파괴로 인한 대형사고 유발가능성은 언제나 상존한다.

따라서 전 방위적인 노이즈, 썩어지, 과도현상, 정전 전자 유도등 각종 디지털 장애 요인을 완전 차폐하거나 격리하여 전자파의 약한 소자들에 대한 입체적 전달되는 요인의 차단이 필요하다.

최근 개통한 고속전철과 디지털 기반의 산업설비 그리고 인텔리전트빌딩의 지능화 자동화가 마비되는 제반 현실을 보면서 국민의 생명과 재산은 인재에 여러 방면으로 노출되어 있다는 것이 필자의 주장이다.

사고이후에도 실질적으로 개선되는 근본 대책이 없는 것은 심각한 사회적 현상이다.

따라서 기술의 적용 검토도 중요하지만 그 이전에 초기단계에서 부터 전문가 참여의 제도 보완이 필요하다..

문헌

1. JerryC Whiteker, Digital Handbook McGraw hill
2. 정갑판, 문종환, 안세영 공저 디지털 방송기술 도서출판 차송
3. HAND BOOK of practice Electrical DESIGN JESEPLNE MCPARTLANA
4. WINDOW JANEALABRIA AND DOROTHY BURKE
5. 신화성 영진정보연구소 공저

- 네트워크관리사 영진출판사
6. 영진정보연구소 정보처리기사 영진출판사
 7. 가용전기설비 오움사 성안당
 8. 최연화, 이동수, 영진정보연구소
공저 사무자동화산업기사 영진 출판사
 9. 우석진 컴퓨터 그래픽스 영진출판사
 10. 채운병 컴퓨터 활용능력 영진 출판사
 11. 심학철, 오동준, 임환, 조규철 공저
전자상거래관리사 영진 출판사
 12. 강태근 편저 전기CAD설계사 실무, 도서출판 설학