

최근에는, 싸이리스터, Power트랜지스터, Power MOS-FET 등의 전력용 반도체 소자를 IC, 마이크로컴퓨터를 포함한 전자회로로써 구동하여 임의의 입력전압을 원하는 형태 전력으로 변환·제어하는 Power Electronics의 기술이 날로 발달하고 있다.

참 고 문 헌

(1) 김능수外, 「최근 방전등 안정기의 기술현황」,

산업연구원 기술정보시리즈, no.1, 1986.

(2) 姫井 豊治, “電子回路 と 放電ランプ”, 照明學會誌, vol.69, no.7, 1985, pp.316~318.

(3) 中西 宣一郎, “放電燈點燈回路の技術進歩”, 照明學會誌, vol.67, no.11, 1983, pp.578~583.

(4) P.C.Sorcar, Energy Saving Lighting Systems, Van Nostrand Reinhold. Co. Inc.,1982.

Ⅱ. 靜止形 無停電 電源의 系統 設計

(韓國建設技術研究院 設備研究室長) 宋 彦 彬

1. 概要

靜止形 無停電 電源(UPS: Uninterruptible Power Supply)은 전산시설, 각종 제어시스템, 및 非常用 設備의 電源으로 널리 이용되고 있다. 産業施設의 計裝系統, 建物 自動化 시스템등의 경우에도 UPS 시설이 증가하고 있기 때문에 적절한 系統構成과 設計를 위한 技術檢討가 필요하다.

靜止形 UPS는 다음과 같은 주요부분으로 구성되어 있다.

- (1) 商用交流電力을 直流電力으로 바꾸는 정류기
- (2) 直流電力을 蓄電池에 充電하기 위한 충전기
- (3) 直流電力을 一定周波數, 一定電壓으로 變換시키는 인버터

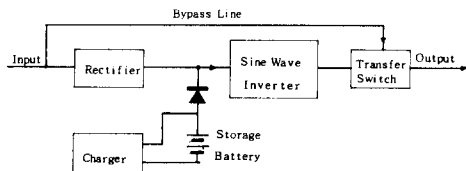


그림1. 정지형 UPS 시스템의 블록도

(4) 시스템의 고장, 보수의 경우 負荷에 대한 電力 供給을 關閉할 수 있는 靜止形切換스위치 이와같은 UPS시스템의 심장부는 直流電力을 交流電力으로 바꾸는 인버터이다. 인버터의 성능과 信賴度에 따라 UPS시스템의 信賴度가 달라지게 된다. 그림1은 UPS의 블록도이다.

2. 開發動向과 構成시스템 특징

2-1. UPS 開發動向

UPS 시스템의 발전은 컴퓨터의 발달에 비례하여 크게 진보되어 왔다. 100KVA급 UPS 시스템의 기준으로 할 경우 새로운 電力用 半導體素子の 개발에 따라 시스템損失과 重量도 크게 개선되었다.

그림2는 UPS시스템이 電力用 素子の 개발에 따라 그 성능개선 추이를 나타내고 있다.

최근의 UPS시스템에서는 轉流回路를 없애고 制御回路를 단순화하기 위하여 GTO(Gate Turn Off) Thyristor, Power Transistor를 이용하고 있다.

新技術動向은 다음과 같다.

- (1) 轉流回路(Commutation Circuit)를 없애고 制御回路를 단순화 한다.

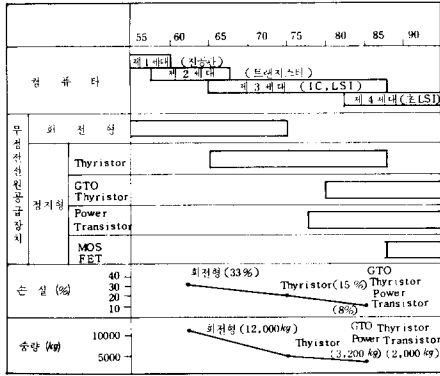


그림2. UPS시스템의 개발동향

- (2) 승압초퍼와 인버터터를 조합하여 초퍼部에서 電壓制御를 행하므로써 인버터터의 기능을 단순화 한다.
- (3) 인버터터 유니트수를 적게 한다. 200KVA급은 1유니트로 300KVA급 이상은 2유니트로 한다.
- (4) 平面冷却方式의 채용으로 시스템구조의 개선
- (5) 인버터터회로에 GTO Thyristor를 사용함으로써 병렬운전시스템에 필요한 Thyristor용 차단기를 없앤다.
- (6) 소음은 300KVA급에서는 65dB이하 400~500KVA급은 70dB이하이다.

그림3은 UPS시스템에 이용되고 있는 전력용 반도체 소자의 스위칭 용량을 나타낸 것이다.

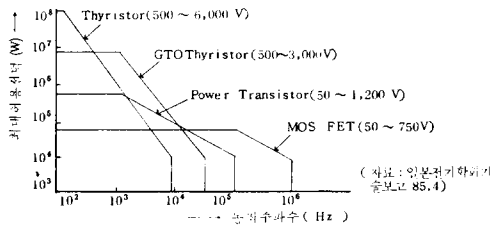


그림3. 각종 전력용 반도체소자의 스위칭 용량

2-2. 構成시스템 特徵

無停電 電源系統은 시스템의 동작 상태에 따라서 다음과 같이 구분된다.

- (1) Continuous UPS with Various DC Voltage Supply.
- (2) Forward UPS System
- (3) Reverse UPS System
- (4) Reverse UPS and Engine Generator Set
- (5) Parallel Redundant UPS System

엔진발전기는 蓄電池에 의한 電源供給 時限이상의 停電이 계속될 경우 非常用 母線을 통하여 負荷와 연결된다. 蓄電池容量은 약30분 정도의 電源供給能力을 가지도록 설계한다.

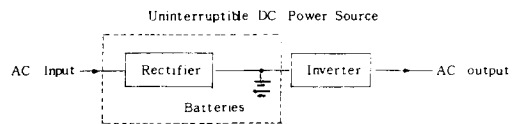
Continuous UPS에서는 蓄電池 直流出力電壓은 125V로하고 인버터터부에서 負荷가 요구하는 交流電壓과 直流電壓으로 나누어진다. 直流電壓은 12, 24, 48Volt로 나누는 경우도 있다.

UPS Systems에서는 商用交流電源과 인버터터에서 발생하는 交流가 電壓의 크기 位相, 周波數에 있어서 同期되어 있어야 한다.

電力의 흐름을 商用電源에서 인버터터, 인버터터에서 商用電源으로 바꾸고자 할 때는 静止形 切換스 위치를 설치한다. 이 스위치는 $0 \sim \frac{1}{4}$ Cycle 이내에 동작되도록 설계한다.

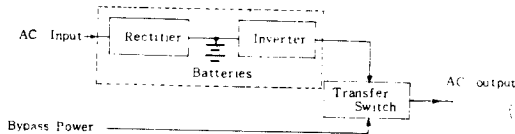
Forward UPS System은 정상시에는 商用交流電源에서 電力을 공급받으며 商用電源의 瞬時電壓低下, 異常, 停電時에 인버터터에 交流電源을 공급한다. 電子制御裝置, 컴퓨터負荷들은 그 중요도에 따라 直流供給系統, 交流供給系統으로 분리되어 있다. 인버터터의 동작시한은 약30분 정도로 하며 이시한 이내에 엔진발전기에 의하여 電源을 공급할 수 있도록 非常用 母線을 설치한다.

Reverse UPS System은 정상시에는 浮動充電力



	Rectifier	Battery	Inverter
AC Power receiving	Running	Charging	Running
AC Power failure	Cearing	Discharging	Running

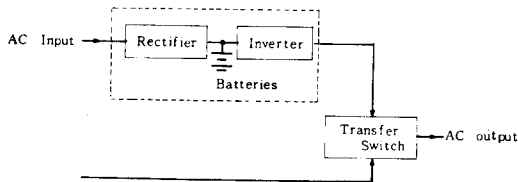
그림4. Continuous UPS System



	Rectifier	Battery	Inverter	AC out put
AC Power receiving	Running	Charging	Stopping	Bypass Supply
AC Power failure	Running	Charging	Running	Inverter Supply

그림5. Forward UPS System

式에 의하여 인버터로 交流電源을 공급하며, 인버터에 異常이 발생되면 商用電源으로 電源供給이 옮겨진다. 이 시스템은 정상동작시에 인버터에 의하여 電源供給을 행하므로써 負荷의 特性에 따르는 電壓, 周波數의 精度를 유지할 수 있고, 電壓調整 및 電源측의 過渡現象을 방지할 수 있는 특징이 있다. 그러나 充電器는 인버터에 직접 연결되므로 인버터 용량과 같아야 하기 때문에 Forward UPS System에 비하여 高價이다. 부하의 重要性에 따라 엔진발전기에 의하여 電源을 공급할 수 있도록 非常用 母線을 설치한다.



	Rectifier	Battery	Inverter	AC out put
AC Power receiving	Running	Charging	Running	Inverter Supply
AC Power failure	Ceasing	Discharging	Running	Inverter Supply
Inverter trouble	Running	Charging	Stopping	Bypass Supply

그림6. Reverse UPS System

Paralled Redundant UPS System은 信賴性을 높이기 위하여 整流器, 蓄電池, 인버터를 並列 多重化한 것이다. 단일 시스템의 MTBF(Mean Time Between Failures)는 40,000시간 정도이나, 多重化 시스템은 80,000시간 정도이다. 이 시스템은 2개의 浮動充電方式의 整流器와 인버터에 의하여

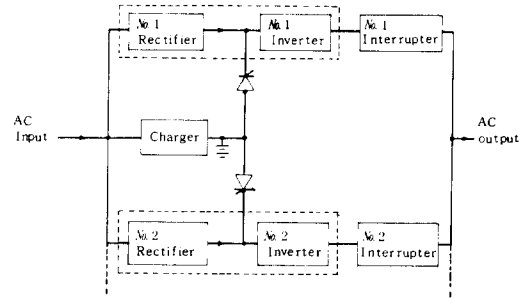


그림7. Parallel Redundant UPS System

並列運轉되도록 설계되므로써 高價의 설치비가 필요하나, 高信賴度가 보장된다.

3. 系統設計 要點

3-1. 系統 設計順序

제1단계에서는 負荷의 동작상태에 지장이 없도록 切換時間을 설정한다.

단지 停電에 대비한 無停電 電源系統은 Forward System이 가장 적합하다.

無停電 電源供給과 동시에 電壓, 周波數를 一定하게 유지하기 위한 계통은 Reverse System이 적합하다.

切換時間과 電源供給 상태에 따라 非常負荷들은 다음과 같이 분류된다.

(1) $\frac{1}{4}$ 사이클 이상의 無電壓 상태에서 지장이 없는 負荷 : 전동기, 일반조명설비, 일반용 히터

(2) $\frac{1}{4}$ 사이클 정도의 無電壓 상태에서 크게 지장이 없는 負荷 : 리레이, 각종 개폐 접촉기, 프로세스 컴퓨터, 통신장치, 非常照明設備, 定電壓 變壓器

(3) 일체의 停電을 허용할 수 없는 負荷 : High-speed Communication Networks, Electronic Data Process Systems, Nuclear Reactor Control System, Missile Tracking and Launching System, Air-traffic Control Systems, Micro wave Repeater Systems. (4) 周波數의 변동을 허용할 수 없는 負荷 : Digital Computers, Critical Timing Circuits,

Frequency Discriminators

제2단계에서는 必須적으로 電源供給을 하지 않으면 안될 負荷에 대한 力率, 最大 突入電流를 圖表化하고 必須負荷容量을 산정한다.

인버터의 容量은 突入電流에 대비하여 定格容量의 125% 정도로 한다. 突入電流는 必須負荷에 대하여 Power On 순간의 電流로 한다. 다음은 인버터를 설치하는 장소의 주위온도와 出力電壓의 相數를 결정한다.

제3단계에서는 切換時間과 負荷容量, 力率의 기본 자료를 이용하여 Continuous UPS, Forward UPS, Reverse UPS, 중의 어느 하나를 선정하며, 信賴性에 따라 並列多重 UPS Systems을 선정한다.

제4단계에서는 인버터에 공급할 直流電源으로 蓄電池 容量을 결정한다. 蓄電池에 의한 電源供給시간은 5~60분 범위이다.

제5단계에서는 充電器의 容量을 선택하는데 蓄電池 再充電에 요구되는 시간은 8시간 정도이므로 인버터와 必須 直流電源에 공급할 수 있는 능력이 고려되어야 한다.

제6단계에서는 (1) Current Limiting Circuit (2) Audio Filter (3) Inverter Synchronizing Circuit (4) Transfer Switches (5) Manual Bypass Switches (6) AC Line Regulator (7) Undervoltage Trip 에 대한 대책을 수립한다.

電流制御回路는 過負荷와 負荷側의 단락사고에 대하여 인버터를 보호하기 위한 것이다. 誘導性 負荷는 커다란 突入電流의 原因이 된다.

따라서 인버터는 정상동작전류보다는 突入電流에 대한 대응 설계를 하여야 한다.

오디오 필터는 인버터 장치에서 발생하는 高調波, 蓄電池 電壓脈動 등에 기인하여 電話系統, 弱電制御系統에 영향을 주는것을 방지하기 위한 것이다.

인버터 同期回路는 인버터의 出力電壓 및 出力周波數를 商用電源의 出力電壓 및 周波數와 同期시키기 위한 것이다.

切換스위치는 高速 切換能力을 가져야 하며 최근에는 静止形 切換스위치가 사용되고 있다.

Manual Bypass Switches는 負荷에 중단없이 電源을 공급하기 위하여 추가되며 AC Line Regulator 는 出力電壓을 定格電壓의 ±2% 이내에서 조정되도록 한다. 蓄電池 電壓이 일정 放電값 이하로 떨어지는 것을 방지하기 위하여 부족전압 트립장치가 설치된다.

3-2 設計檢討要點

1) 高調波 電流 영향

인버터 장치는 高調波 電流源으로 작용하여 商用電源系統에 영향을 끼치게 되는데, 과대한 高調波 電流의 유입으로 계통 콘덴서와 같은 機器에 過電流로 인한 과열과 각종 電子制御裝置의 오동작 原因이 된다.

그림8에서 高調波 電流源은 인버터장치에서 발생된다.

표1. 필수부하의 표작성 예

LOAD	SIZE	P.F.	KVA	KW	KVAR
Motor	2KW 0.8	lagging	$\frac{2}{0.8} = 2.5$	(given) 2.0	$-2.5 \times \sqrt{1-(0.8)^2}$ = -1.5
Lights	1KW 1.0		$\frac{1}{1} = 1.0$	(given) 1.0	$1 \times \sqrt{1-1^2} = 0$
Instruments	5KVA 0.9	lagging	given = 5.0	5 × 0.9 = 4.5	$-5 \times \sqrt{1-(0.9)^2}$ = -2.17
Controls	3KVA 0.8	leading	given = 3.0	3 × 0.8 = 2.4	$3 \times \sqrt{1-(0.8)^2}$ = +1.80

TOTALS KW = 9.9 KVAR = -1.87

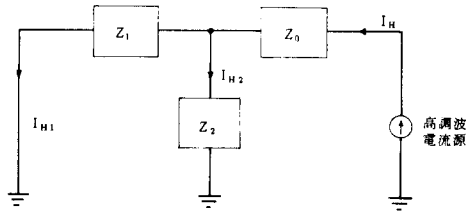


그림8. UPS 계통의 等價回路

I_{H1} 은 전원측에 유입되는 高調波 電流이며 I_{H2} 는 다른 負荷側에 전달되는 高調波 電流이다. I_{H1} , I_{H2} 는 식(1) 및 식(2)과 같다.

$$I_{H1} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} I_H \dots\dots\dots (1)$$

$$I_{H2} = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} I_H \dots\dots\dots (2)$$

여기서 Z_1 =線路 임피이던스, Z_2 =다른 負荷 임피이던스

Z_0 =UPS의 임피이던스, I_H =高調波 電流

系統에서는 容量性 및 誘導性 임피이던스가 존재하기 때문에 共振現象이 발생한다.

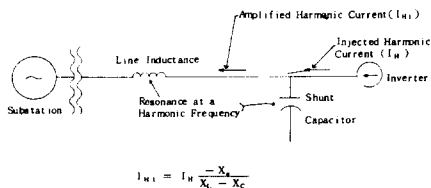
이런 현상은 그림9의 회로에서 $Z_1 = j\omega L$,

$Z_2 = \frac{1}{j\omega C}$ 일 경우 식(1)의 분모는 $1 - n^2\omega^2 LC$ 가 된다. 따라서 $n^2\omega^2 LC = 1$ 인 경우 I_{H1} 및 I_{H2} 는 대단히 큰 값이 된다. 그림9은 高調波 電流에 의한 共振現象이 電源側에 영향을 미치는 것을 보여주고 있다.

共振現象이 발생되면 高調波 電流는 증폭되며 전력용 콘덴서, 변압기, 발전기, 전동기, 각종 조명설비는 과대한 전류에 의하여 기기의 과열, 소손이 발생한다.

이 고조파 전류의 억제대책은 다음과 같다.

- (1) 컨덴서용량의 변경, 직렬리액터의 추가설계
- (2) 교류필터의 추가설계
- (3) 발생高調波 電流의 억제



$$I_{HI} = I_H \frac{-X_L}{X_L - X_C}$$

그림9. 케패시턴스에 의한 共振現象

- (4) 전원계통 구성의 변경
- 2) 零相電流의 영향

인버터 장치내에서 발생하는 $\frac{dv}{dt}$ 는 線路 및 機器의 大地靜電容量으로 인하여 $C \frac{dv}{dt}$ 의 전류가 흐른다.

그림10에서 짐선으로 나타낸 것은 이 전류의 흐름 통로를 나타내며 이 전류를 零相電流라 부른다.

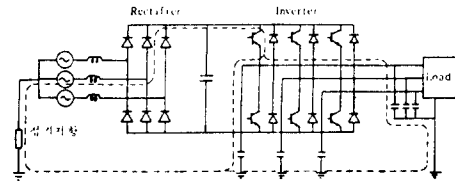


그림10. 零相電流의 흐름도

인버터 장치가 있는 電力系統은 다른 負荷系統에 필터가 있게 되면 필터 콘덴서를 통하여 零相電流가 흐르기 때문에 漏電遮斷器가 誤動作 하게 된다.

高調波 零相電流는 高調波잡음이 발생원이 되며 誘導障碍의 원인이 된다. 이런 현상을 다음의 방지책을 선정한다.

- (1) 線路 및 機器의 大地靜電容量의 低減
- (2) 零相 임피이던스를 부가하여 零相電流를 억제한다.
- (3) 零相電流의 경로를 遮斷한다.
- 3) 過渡特性 檢討

인버터에 부하를 연결하면 첫 半周期에는 定格 電壓의 약 27%정도 떨어지며, 다음 半周期에 $\pm 10\%$ 정도 유지되고 50mSec 이후에 $\pm 2\%$ 까지 회복된다. 그림11은 이와 같은 현상을 보여준다.

그림11과 같은 過度應答이 길게 진행되면 電壓偏差를 발생시키는 원인이 된다.

또한 静止形스위치의 동작은 2m sec 정도의 無電壓상태가 일어나게 된다. 그림12는 첫 半周期상에서 27% 정도의 電壓降下와 無電壓상태가 나타나고 있는 현상을 보여준다.

대형 컴퓨터설비는 2m sec 정도의 無電壓시간으로 半周期에서 30% 정도의 電壓降下에 대해서 여유

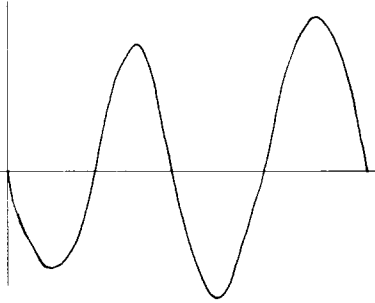


그림 11. 인버터터 起動時 電壓降下

가 있다. 静止形 UPS계통에서 過度應答은 半周期에서 30% 정도 떨어지며 다음 半周期에서는 $\pm 10\%$ 정도 회복되어야만 한다.

UPS계통에서는 平滑整流負荷가 있기 때문에 負荷투입시에 半週期~ 한周期사이에 정상시 波高值의 약 15배 정도의 突入電流가 흐른다. 따라서 인버터터의 過負荷 耐量을 크게 잡아야 한다. 이런 突入電流는 Thyristor와 같은 半導體素子를 사용한 인버터터는 轉流失敗현상을 가져온다. 또한 出力電壓 過度變動이 크게되면 計裝機器들을 誤動作하게 만든다.

(1) 電源裝置 자체의 過負荷 耐量을 크게 한다.

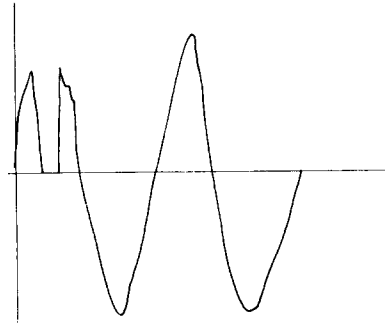


그림 12. 静止形스위치동작에 따른 過度現象

(2) 商用同期待機方式을 채용하여, 過電流時에 商用電源側으로 電力供給을 바꾼다.

(3) 負荷를 分割한다.

(4) 分岐한 負荷回路에 突入電流를 억제하기 위한 自動限流回路를 추가한다.

(5) 負荷急變時 出力電壓 過度特性이 좋은 인버터터를 채용한다.

UPS의 過負荷 耐量은 일반적으로 定格容量의 120~150%, 1분 정도이다. 負荷가 短絡될 경우를 대비하여 系統保護協調方式을 설계하여야 한다. 보호방식에는 再起動方式과 選擇遮斷方式이 있다.