

次世代의 에너지를 創造하는 太陽光發電시스템

1. 머리말

地球環境에 클린하고 무진장으로 있는 太陽에너지. 이것을 이용한 太陽光發電시스템은 최근 에너지문제, 지구환경문제를 해결하는 技術의 하나로 주목되어 實用化가 급속히 진전되었다.

일본에서도 뉴선샤인計劃中에서 太陽光發電시스템을 加速的推進프로젝트의 하나로 설정하는 등의 실현을 위한 제반시책이 通産省 資源에너지廳이나 電力會社 등에서 계속 발표되고 있으며, 1994년 12월 각의에서 결정된 「新에너지導入大綱」안에도 太陽光發電을 2000년에 40만kW, 2010년에 460만kW의 도입·보급을 목표로 추진할 것을 제창하고 있다.

同社에서도 1984년 東京秋葉原의 第一家電에 太陽光發電시스템用 인버터를 납입한 이래 해외용으로도 같은 인버터를 여러대 납입하는 등의 경위가 있었는데 최근의 技術進歩에 의하여 실현이 현실화되었으며, 에너지·환경문제에서도 보급확대가 요구되는 정세에 이르렀음을 감안하여 새로이 製品의 標準化·시리즈화를 기하였다.

1995년 4월부터 판매개시한 太陽光發電시스템의 新시리즈를 중심으로 同社의 太陽光發電시스템에 대한 대처사항의 일단을 아래에 소개한다.

2. 太陽光發電시스템에 대한 대처

太陽光發電技術은 1973년의 제1차 오일쇼크를 배경으로 선샤인計劃의 한 테마로서 스타트하였으나 실제로 설비를 도입하는 데는 코스트面, 法的인 규제가 장애가 되어 制度의 개선이 필요하였다. 太陽光發電은 전압이 30V 이상인 경우 電氣事業法の 적용을 받아 공사계획의 인가나 사용전검사 등이 필요하였다. 그러나 최근 수년 사이에 法制度가 정비되어 실용화가 급속히 진전되었다.

2.1 電氣事業法の 改正

1990년 4월의 電氣事業法 改正으로 太陽光發電 시스템은 法的地位를 얻어 설치·운용에 관한 제반 수속이 대폭 간소화되었다. 법적수속 내용은 표 1

<표 1> 電氣事業法の 改正(1990.6)에 의한 法手續의 簡素化

出力의 範圍	工事計劃	使用前檢査	使用開始届	主任技術者	保安規程	届出先
500kW 이상	認可	實施	不要 *	選任	届出	通産局
100kW 이상 500kW 미만	届出	實施	不要 *	不選任承認	届出	通産局
100kW 미만	不要	不要	不要 *	不選任承認	届出	通産局

注) *는 讓渡·借用한 것의 使用開始届는 必要.

과 같다.

2.2 系統連繫技術要件 가이드라인

電力會社 配電線과의 연계에 대하여 1990년 6월 高壓配電線에 대한 逆潮流가 없을 때라는 가이드라인이 정비되고 그후 1993년 3월의 高壓配電線·低壓配電線의 逆潮流가 있을 때란 가이드라인이 작성되어 모든 요건이 갖추어졌다(표 2 참조). 1992년 4월에는 電力會社에 의한 分散電源의 잉여전력매입 제도가 제정되었다.

2.3 補助金制度

太陽光發電시스템 導入에 있어서의 補助事業으로 新에너지發電 필드테스트事業이 1992년부터 공공 시설 등에 사용되는 太陽光發電시스템을 대상으로 시작하였다. 補助率은 설치비용의 3분의 2이고

<표 2> 系統連繫에 관한 가이드라인의 整備

連繫 區分	整 備 狀 況	
	逆潮流 있음	逆潮流 없음
高 壓	1993년 3월	1990년 6월
低 壓	1993년 3월	1991년 3월

<표 3> 補助事業

제 도 명 칭	대 상 자
公共施設 등用的 太陽光發電필드테스트사업 (新에너지發電필드테스트事業의 일부)	지방공공단체 등(NEDO의 공동사업자로 된다)
住宅用太陽光發電시스템모니터事業	개인
地域에너지開發利用모델事業(로컬 에너지開發利用事業의 일부)	지방공공단체, 민간단체 등
住宅用太陽光發電負荷平準化技術 등 確立實證試驗	주택사업자 등(NEDO의 공동사업자로 된다)
環境共生住宅 市街地整備事業	지방공공단체 등, 住·都公園, 地方住宅供給公社, 民間事業者
에너지需給構造改革投資 促進稅制	靑色申告를 하는 개인 또는 법인
로컬에너지稅制	사업을 경영하는 개인 또는 법인

1994년까지 3년간으로 41개소가 동사업의 대상으로 정해졌다. 또 1994년부터 주택용 太陽光發電시스템 모니터事業이 시작되어 577건이 대상으로 되었다.

그외에 우대세제 등 여러 가지 시책이 시행되고 있다(표 3 참조).

이상과 같은 배경에서 同社는 시스템開發, 基本設計에서 施工, 애프터케어까지의 토털서비스체제를 갖추고 본격적인 판매활동을 개시하였다.

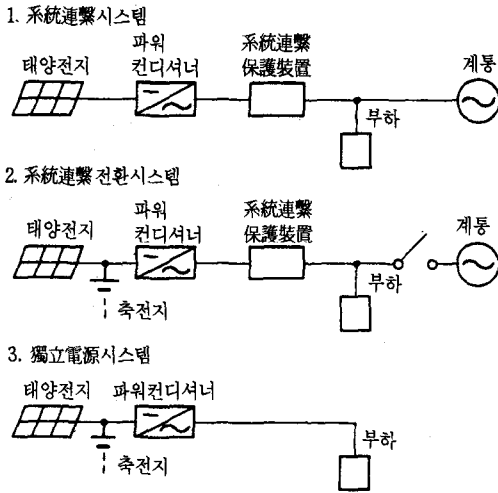
3. 太陽光發電시스템의 개요와 同社 製品

3.1 시스템의 개요

太陽光發電시스템의 종류는 표 4와 같이 분류할 수 있다. 현재 太陽電池의 종류로서는 單結晶실리콘, 多結晶실리콘, 아몰퍼스 등이 사용되고 있다. 또 太陽電池의 설치방법을 보면 일본에는 架臺로 평지에 고정하는 스탠드얼론形 또는 가정용 지붕에

<표 4> 太陽光發電시스템의 種類

太陽電池	종 류	發電效率 價 格 將來性		
		◎	△	△
太陽電池 어레이·架臺	<ul style="list-style-type: none"> 單結晶실리콘 多結晶실리콘 아몰퍼스 化合物半導體 (GaAs, InP) (CdS, CIS) 	◎	△	△
	<ul style="list-style-type: none"> 設置方法 <ul style="list-style-type: none"> 스탠드얼론形(架臺에 의한 平地에의 固定方法) 스탠드오프形(家庭用지붕재와의 一體形으로 架臺가 없음) 建材一體形(建築壁材 등과의 一體形으로 架臺가 없음) 集光機構 <ul style="list-style-type: none"> 있음-集光形 없음-平板形 追尾機構 <ul style="list-style-type: none"> 있음-追尾形 없음-固定形 <p>(일본에서는 지리적 환경(높은 위도)으로 日射量成分이 直達光보다 散射亂光이 많기 때문에 架臺는 固定形으로 平板形이 경제적으로 유리하다)</p>	◎	△	◎
시스템 구성	<ul style="list-style-type: none"> 系統連繫시스템 <ul style="list-style-type: none"> 逆潮流 있음 <ul style="list-style-type: none"> 高壓連繫 低壓連繫 逆潮流 없음 <ul style="list-style-type: none"> 高壓連繫 低壓連繫 獨立電源시스템 系統連繫 전환시스템 			



<그림 1> 시스템 구성

고정설치하는 스탠드오프형이 많다. 태양電池는 태양光이 年中 効率 좋게 入射되도록 20~30度 경사지게 설치한다. 시스템의 구성으로는 그림 1과 같은 것이 있다. 商用으로 상시접속하는 시스템 연결 시스템, 태양電池와 파워 컨디셔너와의 중간에 蓄電池가 있으며 獨立電源으로 하는 獨立電源 시스템, 시스템 연결과 獨立電源의 동작을 전환하는 시스템 연결 전환 시스템이 있다. 일반적으로 안정된 商用電源이 있는 지역에서는 시스템 연결 시스템이, 孤島, 산악지 등에는 獨立電源 시스템이 사용된다. 또 비상용 전원이 필요한 경우에는 시스템 연결 전환 시스템이 적용된다. 일본에서는 商用電源이 안정되어 있기 때문에 축전지가 없는 시스템 연결 시스템이 많이 사용되고 있다. 시스템 연결 시스템에서는 태양電池의 발전량이 많을 때는 태양電池로부터의 직류전력을 파워 컨디셔너로 교류전력으로 변환하여 부하에 전력을 공급한다. 야간이나 날씨가 좋지 않은 경우에는 태양電池가 발전할 수 없기 때문에 시스템의 商用電源으로부터 負荷에 電力을 공급한다. 또 태양電池의 발전량이 부하에 공급하는 電力量보다 많은 경우에는 시스템에 전력을 돌려보내 전력량을 절약할 수 있다. 이와 같이 電力을 시스템에 되돌리는 것을 逆潮流가 있는 시스템이라 하고 電力을 시스템에 되돌리지 않는 것을 逆潮流 없는 시스템이라 한다. 시스템 연결 시

스템에서는 시스템이 정전될 경우 등에 태양電池의 발전전력을 계통에 공급하면 위험하며 또 시스템의 복귀에도 방해가 되므로 일반적인 계통보호계전기(OVR, UVR, OFR, UFR 등) 외에 특별한 보호계전기를 설치할 필요가 있다. 시스템이 정전되었을 경우에도 태양光發電 시스템이 電力을 시스템에 공급하는 것을 單獨運轉이라고 하며, 이 동작의 검출을 單獨運轉檢出이라 한다. 특별한 保護維電器란 단독운전을 검출하여 태양光發電 시스템을 시스템에서부터 연결점에서 분리하여 解列하는 기능을 가진 것이다. 시스템 연결 시스템에서 發電設備과 시스템과의 연계점의 전압에 의하여 그림 2와 같이 高壓 연결 시스템과 低壓 연결 시스템으로 나뉜다. 高壓 연결라도 발전용량이 수전용량보다 훨씬 작은 경우에 低壓에서 解列이 될 수 있는 低壓 연결 간주 시스템도 있다. 시스템 연결을 할 경우의 가이드라인으로서 「分散型電源 시스템 연결 기술 지침」(JEAG 9710-1993, 社團法人 日本電氣協會 電氣技術基準調查委員會 발행)이 있다. 태양光發電 시스템의 용량으로서는 단상 3~5kW의 것이 일반 가정용으로, 低壓 연결 시스템으로, 또 3상 10~100kW의 것이 高壓 연결 시스템으로 공공 시설 등에 사용되고 있다.

3.2 同社의 태양光發電 시스템

同社의 태양光發電 시스템의 사양을 표 5에 표시한다. 同社의 시스템은 시스템 연결 시스템으로 발전용량 10~50kW, 連繫點 교류전압 3상 200V의 低壓 또는 6.6kV의 高壓에 대응하며 시스템 연결의 가이드라인에 준거하는 시스템 保護機能을 갖고 있다.

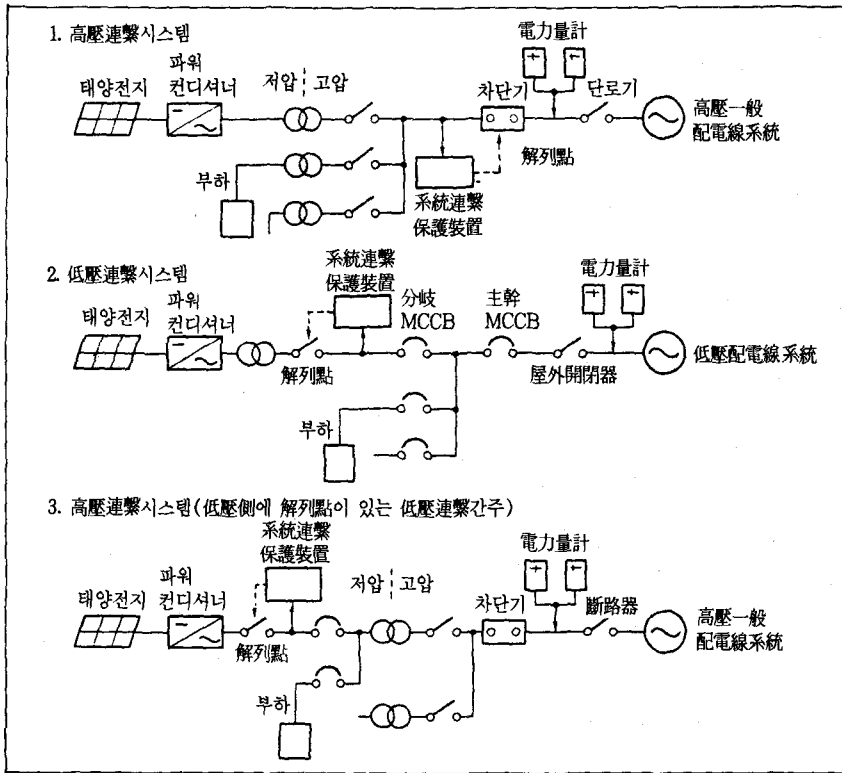
아래에 同社의 태양光發電 시스템의 특징을 든다.

(1) 高效率 시스템

태양電池의 에너지 변환 효율은 10~20%이기 때문에 태양電池의 出力 효율이 최대가 되도록 파워 컨디셔너를 制御하여 시스템의 효율을 높이고 있다.

(2) 시스템 연결 保護

시스템 연결 가이드라인에 의거하여, 低壓, 高壓 연결,



<그림 2> 高壓·低壓連繫 시스템

3.3 太陽光發電시스템의 構成要素

<표 5> 太陽光發電시스템 仕様

容量	10, 20, 30, 50kW
連繫點電壓	3相 200V, (3相 6kV) ±10%
周波數	50/60Hz ±1%
電力變換效率	92% 이상
出力基本波力率	95% 이상
高調波歪率	總合 5% 이하, 各次 3% 이하
制御方式	最大出力追從制御, 力率 1制御
保護機能	單獨運轉防止(能動的方式, 受動的方式 併用)

- 系統連繫시스템 : 逆潮流 있음, 逆潮流 없음
- 太陽電池의 種類 : 單結晶실리콘, 多結晶실리콘, 아몰퍼스
- 太陽電池의 設置方法 : 架臺固定設置方式

逆潮流 있음, 逆潮流 없음의 어느 시스템에도 대응할 수 있는 구성으로 하고 있다.

(3) 系統에의 影響의 低減

出力電流高調波歪率을 系統連繫가이드라인의 基準(總合 5% 이하, 各次 3% 이하)보다 낮게 억제하고 있다.

(1) 太陽電池

單結晶실리콘, 多結晶실리콘, 아몰퍼스의 각종 전지에 대응.

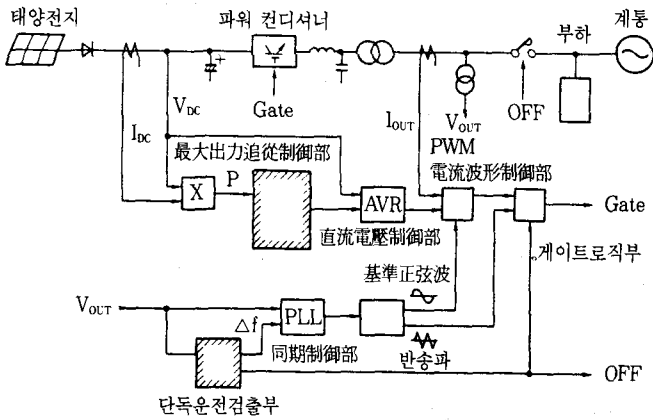
太陽電池의 設置는 架臺固定方式.

(2) 파워컨디셔너

入·出力은 입력직류전압은 300V, 출력교류전압은 3상 200V로 되어 있다. 인버터制御部는 다음의 制御要素를 제어하고 있다.

- ① 太陽電池 최대출력 追從制御
- ② 正弦波 PWM 電流制御
- ③ 入力力率 1.0制御

파워컨디셔너의 制御블록圖를 그림 3에 표시한다. 太陽電池의 出力特性例를 그림 4에 표시한다. 日射量, 溫度에 따라 出力특성이 변화하고 또 최대 출력동작점 P_{MAX} 는 어떤 直流電壓에서 피크로 된다. 最大出力追從制御部에서는 太陽電池出力의 최



<그림 3> 파워컨디셔너制御블록

대출력전력을 검출하는 最短알고리즘을 사용, 最大點을 검출하여 파워컨디셔너의 직류전압이 一定하게 되도록 直流電壓制御部에 지령을 준다. 電流波形制御部에서는 출력전류波形이 계통전압과 同期한 基準正弦波에 追從하도록 제어하여 電流高調波일그러짐의 低減과 力率 1.0制御를 하고 있다.

(3) 自動運轉機能

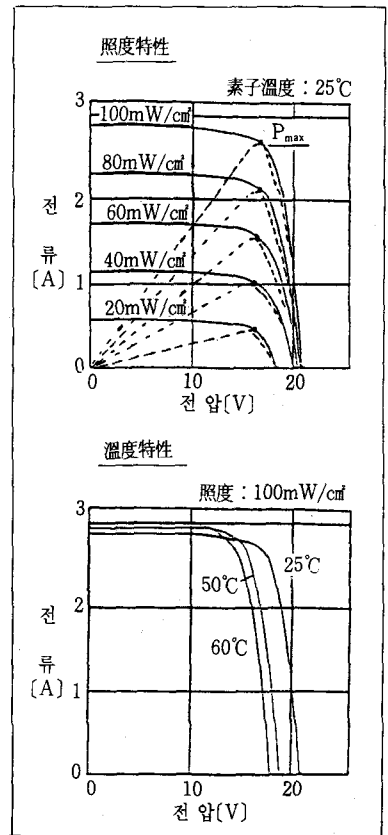
太陽電池의 出力에 의하여 아침에 파워컨디셔너를 起動하고 야간정지를 자동적으로 하는 機能도 있다(自動運轉機能).

(4) 系統連繫保護裝置

OVR, UVR, OFR, UFR 외에 單獨運轉檢出로서 能動形, 受動形을 병용하고 있다. 能動形은 電力變動方式(파워컨디셔너內藏), 受動形은 周波數變化率檢出方式을 채용하고 있다.

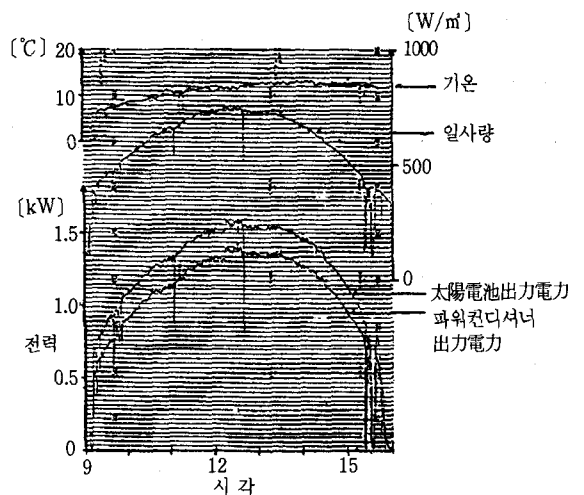
系統連繫가이드라인의 개요를 표 6에 표시한다. 가이드라인에 準據하도록 계통보호장치를 구성하고 있다. 單獨運轉檢出은 系統의 주파수·전압의 변화를 검출하는 受動形과 파워컨디셔너의 주파수·전압·부하를 微量으로 변화시켜 單獨운전시에 이 변화를 검출하는 能動形의 두가지를 병용하고 있다. 單獨運轉檢出의 각 방식에 관한 내용을 표 7에 표시한다.

그림 5에 1.5kW의 太陽電池의 發電特性例를 표시한다. 日射量이 증가함에 따라 太陽電池가 최대



<그림 4> 太陽電池特性例 (三洋電機 太陽電池데이터에서)

출력을 내도록 파워컨디셔너가 追從하고 있다. 금후에도 각종데이터를 채취해갈 예정이다.



<그림 5> 最大出力追従制御時 的發電特性

< 표 6 > 系統連繫가이드라인概要

패턴	1		2		3		4	
	高壓配電線에 連繫하는 경우				低壓配電線에 連繫하는 경우			
	逆潮流가 있는 경우		逆潮流가 없는 경우		逆潮流가 있는 경우		逆潮流가 없는 경우	
保護機能	系統·保護裝置	• OVR • UVR • OFR • UFR • OVGR	• OVR • UVR • UFR • OVGR • RPR	• OVR • UVR • OFR • UFR	• OVR • UVR • UFR • RPR			
		• 線路無電壓確認裝置 또는 單獨運轉檢出(受動的的方式)	• 線路無電壓確認裝置 또는 單獨運轉檢出(逆潮流가 있는 경우와 同等的措置)	• 單獨運轉檢出(受動的的方式)	• 逆充電檢出 또는 單獨運轉檢出(逆潮流가 있는 경우와 同等的措置)			
	인버터	• 單獨運轉檢出(能動的的方式) 또는 轉送遮斷裝置	• 單獨運轉檢出(逆潮流가 있는 경우와 同等的措置)	• 單獨運轉檢出(能動的的方式)	• 單獨運轉檢出(逆潮流가 있는 경우와 同等的措置)			
		• 系統에의 直流의 流出防止(原則的으로는 變壓器를 設置한다.) 다만, 다른 保護機能으로 代替도 可能						
高調波	• 總合電流歪率 5% 이하, 各次電流歪率 3% 이하							
力率	• 85% 이상(受電點)			• 85% 이상(受電點)		• 95% 이상(發電裝置)		
電壓變動	• 101±6V, 202±20V 이내 電壓變動이 클 때, 自家發電設備에서 電壓調整 필요(無效電力制御機能)							

4. 太陽光發電시스템計劃例

4.1 시스템의 種類

< 표 7 > 單獨運轉檢出方式比較

(1) 能動的的方式 인버터의 電壓, 周波數, 負荷를 微量으로 常時變化시켜 單獨運轉時에 이 變化를 檢출한다.	
• 周波數歪프트方式	인버터의 運轉周波數에 微少한 바이어스를 加하여 두고 單獨運轉時에 이 周波數 變化를 檢출한다.
• 電力變動方式	인버터 發電電力에 波數에 微少한 變動을 加하여 두고 單獨運轉時에 周波數, 電壓, 電流의 變化를 檢출한다.
• 負荷變動方式	인버터에 周期的으로 負荷를 투입하여 두고 單獨運轉時의 電壓, 電流의 變化를 檢출한다.
(2) 受動的的方式 單獨運轉移行時의 電壓, 周波數의 變化를 檢출한다.	
• 電壓位相跳躍檢出方式	單獨運轉時의 負荷電力과 發電電力과의 不平衡時에 생기는 電壓의 位相變化를 檢출한다. 平衡負荷에서는 適用不可.
• 3次高調波電壓歪急增檢出方式	單獨運轉時에 變壓器에 의한 3次高調波 變壓의 急增을 檢出한다. 3相平衡負荷에는 適用不可.
• 周波數變化率檢出方式	單獨運轉時의 負荷電力과 發電電力과의 不平衡時에 생기는 周波數의 急變을 檢出한다. 平衡負荷에서는 適用不可.

太陽光發電시스템은 크게 나누면 「系統連繫形 시스템」과 「獨立形 시스템」의 2종류가 있다. 獨立形은 주로 기존의 전력계통이 없는 원격지(외딴 섬이나 산간벽지) 등 전력회사의 배전선을 설치하는데 많은 코스트가 드는 곳의 전원으로 사용되고 있다. 系統連繫形 시스템은 전력회사의 電力系統이 언제나 병렬로 접속되어 있는(常時連繫) 것으로 일본에서는 商用電力系統이 잘 발달되어 있어서 連繫 시스템 방식의 보급이 기대되고 있다.

여기서는 系統連繫形 太陽光發電시스템의 計劃例를 소개한다.

(1) 시스템構成

시스템構成을 그림 6에 표시한다. 계약전력 450kW의 6.6kV 고압수전설비에서 20kW의 太陽光發電시스템을 설치한다.

(2) 系統連繫區分

系統連繫區分으로서는 高壓連繫로 되지만 발전설비출력이 20kW이므로 계약전력 450kW의 4.4%로 되어 있다. 「分散型電源系統連繫技術指針」 高壓配電線에의 連繫要件 중에서 발전설비용량이 계약용량의 5% 정도 이하인 경우에는 전력회사와 협의

하여 下位區分인 低壓連繫要件에 준거할 수가 있다 (低壓連繫간주). 따라서 본설비에서는 低壓連繫간주(逆潮流 있음)를 적용할 수 있는 것으로 하였다.

4.2 시스템容量

(1) 太陽電池容量

사용하는 太陽電池特性을 표 8에 표시한다. 이 結晶系太陽電池모듈의 최대출력은 57.2W로서 이를 기초로 必要枚數를 산출한다. 同社의 파워컨디셔너의 표준정격입력전압은 DC 300V이므로 이 전압에 太陽電池의 출력전압을 맞출 필요가 있다. 이 太陽電池의 최적동작전압은 17.4V(1모듈)이므로 필요 直列數 (N_s) = $300V \div 17.4V \rightarrow 18$ 直列로 되어 直列數 18枚가 필요하게 된다. 따라서 필요한 並列數는 必要並列數 (N_p) = $1000 \times 20(kW) / (57.2 \times 18) = 19.4 \rightarrow 20$ 並列로 된다.

이상으로부터 太陽電池設置枚數는 $N = N_s \times N_p = 18 \times 20 = 360$ 枚로 되어 太陽電池총용량은 $57.2W \times 360$ 枚 = 20.59kW가 된다.

(2) 파워컨디셔너容量

파워컨디셔너의 용량은 太陽電池총용량을 감안하여 20kVA로 한다. 太陽光發電시스템에서는 기상 조건에 따라 발전량이 크게 변동하기 때문에 저부하로 운전하는 일이 많게 된다.

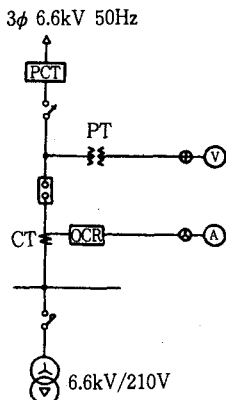
4.3 太陽電池어레이의 設置

(1) 設置場所 環境條件

설치장소는 都內某研究센터로 5층건물의 옥상에 설치하는 것으로 한다. 연간을 통하여 그늘질 염려 없다.

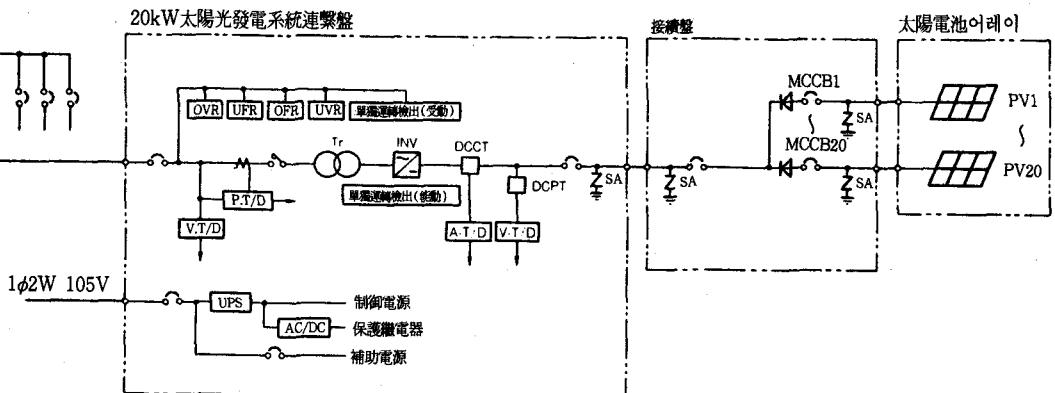
(2) 太陽電池어레이의 方位·傾斜角

太陽電池어레이의 設置方位는 발전전력량이 최대가 되도록 정남(方位角 0°)으로 한다. 또 太陽電池用架臺의 경사각은 發電量, 風耐壓 그리고 여러 臺

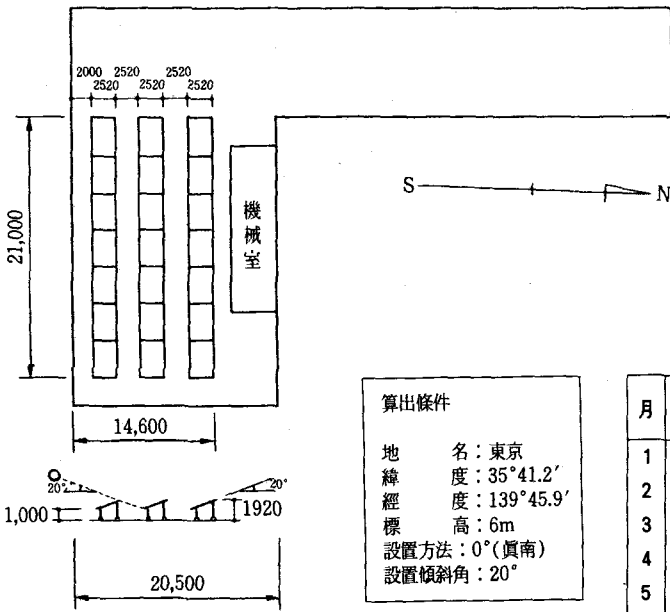


<표 8> 太陽電池特性

種 類	結晶系실리콘 太陽電池
最大出力	57.2W
最適動作電壓	17.4V
最適動作電流	3.29A



<그림 6> 系統連繫太陽光發電시스템 構成



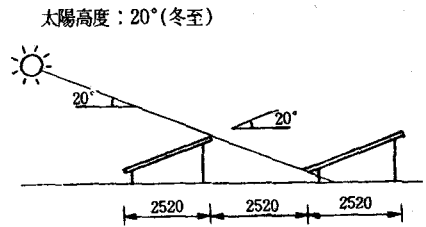
<그림 8> 레이아웃圖

의 架臺가 전후에 있는 경우에는 그들의 영향 등을 고려하여 결정한다. 발전량이 최대가 되는 경사각은 지역에 따라 다르고 東京에서는 32.7°가 된다. 그러나 本設備에서는 건물옥상에 설치하기 때문에 경사각이 커짐에 따라 風耐壓荷重이 커져 架臺, 基礎工事의 부담이 크게 되는 것을 피하기 위해 20°로 하였다.

이번에 太陽電池어레이를 3列로 하는 레이아웃 때문에 前方어레이의 그늘이 後方어레이에 걸리지 않도록 고려할 필요가 있다. 太陽의 높이가 연간 가장 낮아지는 冬至날 9시에서 15시 사이에 그늘이 걸리는지를 검토한다. 여기서는 太陽高度 20°로 하여 어레이간격을 검토하였다(그림 7 참조). 그림 7에서 發電의 有效時間帶에는 그늘이 가장 길어지는 冬至날에도 그늘이 걸리지 않는 것을 알 수가 있다. 太陽電池어레이의 레이아웃을 그림 8에 표시한다.

4.4 太陽光發電시스템 發電量豫測

이 시스템으로 얻을 수 있는 발전량은 표 9와 같이



<그림 7> 架臺間隔圖

<표 9> 發電量豫測表

月	日射量 (kWh/m ² ·day)	日數	月發電量 (kWh/month)
1	3.55	31	1794
2	3.74	28	1703
3	4.13	31	2052
4	4.32	30	2015
5	4.76	31	2236
6	4.00	30	1786
7	4.18	31	1890
8	4.56	31	2040
9	3.51	30	1554
10	3.17	31	1497
11	3.13	30	1471
12	3.16	31	1575
年間推定發電量		365	21613

예측된다. 日射量的 변화에 따라 발전량도 변화함을 알 수 있다. 연간총발전량은 21,613kWh가 된다.

5. 맺음말

太陽光發電시스템에 대한 대치의 일단을 소개하였다. 앞으로도 同시스템의 보급·확대와 기술진보에 따라 더욱 小形·高機能으로 저렴한 시스템의 실현이 가능하다고 생각된다.

同社에서도 각 官公廳自治體나 民間團體의 諸施策 실현에 적극적으로 참가, 협력하면서 계속적으로 새로운 시스템製品開發을 위해 노력하고자 한다. 본고가 太陽光發電시스템의 導入·設備計劃 등에 다소나마 참고가 되었으면 한다.

明電舎發行 明電時報 轉載