TRAINING MANUAL ON SOLAR IRRIGATION PUMPS 2023

सौर्य सिंचाइ पम्पहरुबारे प्रशिक्षण निर्देशिका २०८०

Bilingual manual
द्विभाषी म्यानुअल

Shisher Shrestha, Labisha Uprety,
Kushal Gautam

International Water Management Institute

QUASAR
Energy consultants

SoLAR
Solar Irrigation for Agricultural Resilience

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development and Cooperation SDC

About IWMI: The International Water Management Institute (IWMI) is an international, research-for development organization that works with governments, civil society, and the private sector to solve water problems in developing countries and scale up solutions. Through the partnership, IWMI combines research on the sustainable use of water and land resources, knowledge services, and products with capacity strengthening, dialogue, and policy analysis to support the implementation of water management solutions for agriculture, ecosystems, climate change, and inclusive economic growth. Headquartered in Colombo, Sri Lanka, IWMI is a CGIAR Research Center with offices in 14 countries and a global network of scientists operating in more than 30 countries.

About CGIAR: CGIAR is a global research partnership for a food-secure future. CGIAR science is dedicated to transforming food, land and water systems in a climate crisis. Its research is carried out by 13 CGIAR Centers/Alliances in close collaboration with hundreds of partners, including national and regional research institutes, civil society organizations, academia, development organizations and the private sector. www.cgiar.org

About SoLAR: Solar Irrigation for Agricultural Resilience (SoLAR) in South Asia aims to sustainably manage the water-energy and climate interlinkages in South Asia through the promotion of solar irrigation pumps (SIPs). The project's main goal is to contribute to climate-resilient, gender-equitable, and socially inclusive agrarian livelihoods in Bangladesh, India, Nepal, and Pakistan by supporting government efforts to promote solar irrigation. This project responds to government commitments to transition to clean energy pathways in agriculture. All countries in this project have NDC commitments to reduce greenhouse gas (GHG) emissions, and SIPs can play a significant role in reducing emissions in agriculture.

About SDC: The Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC) is the agency for international cooperation of the Federal Department of Foreign Affairs (FDFA). Swiss International Cooperation, an integral part of the Federal Council's foreign policy, aims to contribute to a world without poverty and in peace for sustainable development. SDC, through its Global Program Climate Change and Environment (GPCCE), helps find solutions to global challenges linked to climate change. It engages in global political dialogue and manages specific projects in the fields of energy, climate change adaptation, sustainable development of mountainous regions, and prevention of natural hazards that are likely to influence regional and international policy.

Authors: Shisher Shrestha is a National Researcher - Renewable Energy, Water, and Climate Change at IWMI Nepal; Labisha Uprety is a Senior Research Officer - Policy and Water Governance at IWMI Nepal; Kushal Gautam is a Solar irrigation expert at Quasar Energy Consultants, Nepal.

Shrestha, S.; Uprety, L.; Gautam, K. 2023. Training Manual on Solar Irrigation Pumps. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute (IWMI). 133p.

Disclaimer: This publication has been prepared with care. Responsibility for editing, proofreading, and layout, opinions expressed and any possible errors lies with the authors and not the institutions involved. The boundaries and names shown and the designations used on maps do not imply official endorsement or acceptance by IWMI, CGIAR, our partner institutions, or donors.

Copyright © 2023, by IWMI. All rights reserved. IWMI encourages the use of its material provided that the organization is acknowledged and kept informed in all such instances.

Please send inquiries and comments to iwmi-solar@cgiar.org

A free copy of this publication can be downloaded at https://solar.iwmi.org/reports/

Acknowledgments

This Training Manual on Solar Irrigation Pumps is a part of the Solar Irrigation for Agricultural Resilience (SoLAR) project supported by the Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC). We sincerely appreciate the Alternative Energy Promotion Centre (AEPC), who has been a key partner in the SoLAR-SA project in Nepal, for their unwavering support throughout the project's execution.

We value the contributions of Mr. Khirendra Yadav from the Pathibhara Polytechnic Institute and Mr. Bipin Lamichhane from Quasar Energy Consultants for their assistance in creating the draft edition of the manual. We thank Equal Access for helping with the translation of the manual into Nepali and the creation of a bilingual edition of the manual.

We also acknowledge Mr. Aariz Raza of IWMI New Delhi for his assistance in manual's design.

Donor

Swiss Agency for Development and Cooperation (SDC)

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss Agency for Development and Cooperation SDC

Partner

Alternative Energy Promotion Center (AEPC)

Abbreviations

AC	Alternating Current
DC	Direct Current
I_{MP}	Maximum Power Point Current
I_{SC}	Short Circuit Current
Mono-SI	Monocrystalline Silicon
MPPT	Maximum Power Point Tracking
P_{MAX}	Maximum Power
Poly-SI	Polycrystalline Silicon
PWM	Pulse Width Modulation
PV	Photovoltaic
SIP	Solar Irrigation Pumps
SWP	Solar Water Pumps
V	Voltage
V_{MP}	Maximum Power Point Voltage
V_{OC}	Open Circuit Voltage
O & M	Operation & Maintenance
Wp	Watt-peak

Author

Mr. Shisher Shrestha, International Water Management Institute

Ms. Labisha Uprety, International Water Management Institute

Mr. Kushal Gautam, Quasar Energy Consultants

संक्षिप्त रुप

एसी	अल्टरनेटिंग करेन्ट
डिसी	डाइरेक्ट करेन्ट
आईएमपी	मैक्सिमम् पावर प्वाइन्ट
आइएससी	शर्ट सर्किट करेन्ट
मोनो-एसआई	मोनोक्रिष्टिलिन सिलिकन्
एमपीपीटी	मैक्सिमम् पावर प्वाइन्ट ट्र्याकिङ्ग
पीम्याक्स	मैक्सिमम् पावर
पोली-एसआई	पोलिक्रिष्टिलिन सिलिकन्
पीडब्ल्यूएम	पल्स विड्थ मोड्युलेशन
पिभी	फोटोभोल्टायिक
सौर्य पम्प	सौर्य इरिगेशन पम्प
एसडब्ल्यूपी	सौर्य वाटर पम्प
भी	भोल्टेज
भीएमपी	मैक्सिमम् पावर प्वाइन्ट भोल्टेज
भीओसी	ओपन सर्किट भोल्टेज
ओ एण्ड एम	सञ्चालन र मर्मत सम्भार
डब्ल्यूपी	वाट-पीक

लेखक

श्री शिशिर श्रेष्ठ, अन्तर्राष्ट्रिय जल व्यवस्थापन संस्था

श्री लबिशा उप्रेती, अन्तर्राष्ट्रिय जल व्यवस्थापन संस्था

श्री कुशल गौतम, क्वेजार इनर्जी कन्सलटेन्ट्स

Table of Contents विषय सूची

Section I: Introduction to Solar PV System

खण्ड १ः सौर्य पिभी प्रणालीको परिचय

1. Introduction 12

१. परिचय

Advantages of off-grid solar PV systems 12

अफ-ग्रिड सौर्य पिभी प्रणालीका फाइदाहरु

Clean Energy 14

स्वच्छ सफा ऊर्जा (क्लिन इनर्जी)

Reliability 14

विश्वसनीयता

Reduced Operating Costs 14

कम सञ्चालन लागत

No Sound Pollution 14

ध्वनि प्रदूषण हुन्न

Modularity 14

प्रतिरुपकता

Sustainable Energy 14

दिगो ऊर्जा

Limitations of off-grid solar PV systems 16

अफ-ग्रिड सौर्य पिभी प्रणालीको केहि कमिहरु

High Initial Cost 16

सुरुमा लागत उच्च

Relatively large footprint 16

तुलनात्मक रुपमा ठाउँ धेरै चाहिन्छ

Need of Energy Storage Devices 16

ऊर्जा भण्डारणका लागि उपकरणको आवश्यकता

Inconsistent Source of Energy 16

अनियमित उर्जा स्रोत

Lack of Awareness 16

चेतनाको कमी

Solar PV Applications 18

सौर्य पिभीको उपयोग

Lighting System for Home 18

घरका लागि विद्युतीय प्रणाली

Television and Radio 18
टेलिभिजन र रेडियो
Water Pumping 18
पानी तान्ने यन्त्र
Street Light 18
सडक बत्ती

2. Electrical demand load analysis 20
२. बिजुली मागको लोड विश्लेषण
Efficient Energy Utilization 20
ऊर्जाको प्रभावकारी उपयोग
Electrical Load Analysis 20
विद्युतीय लोड विश्लेषण
Load estimation 20
लोड अनुमान
Consideration in load estimation 22
लोड अनुमानमा ध्यान दिनुपर्ने बुँदाहरु
Cable Size 22
केबल साइज

3. Solar PV System Component 24
३. सौर्य पिभी प्रणालीको कम्पोनेन्ट
Solar PV module 26
सौर्य पिभी प्यानल
Types of solar module 26
सौर्य प्यानलको प्रकारहरु
Rated output specifications and solar panels 32
मात्रातित उत्पादन निर्दिष्टिकरण र सौर्य प्यानल
Array Sizing 36
एरेको साइजिङ
Batteries 40
ब्याट्रीहरु
Types and operation of a battery 40
ब्याट्रीको प्रकार र सञ्चालन
Flooded Lead Acid Battery 40
फ्लडेड लिड एसिड ब्याट्री

VLRA battery 42

भीएलआरए ब्याट्री

AGM battery 42

एजीएम ब्याट्री

Nickel-Cadmium Batteries 42

निकेल क्याडमियम ब्याट्री

Lithium-ion batteries 42

लिथियम-आयोन ब्याट्री

Battery bank sizing and Calculations 42

ब्याट्री बैंक साइजिङ र गणना

Battery Cable Connections 46

ब्याट्रीको तार जडान

Series Connection 48

सीरीज जडान

Parallel Connection 48

प्यारालल जडान

Series / Parallel Connection 50

सीरीज/समानान्तर जडान

Specification 50

निर्दिष्टिकरण

Example of battery specification 52

ब्याट्री निर्दिष्टिकरण (स्पेसिफिकेशन) का उदाहरणहरु

Charge Controller 52

चार्ज कन्ट्रोलर

Types of Charge Controller 56

चार्ज कन्ट्रोलरको प्रकारहरु

Non-MPPT Charge Controller 56

गैर-एमपीपीटी चार्ज कन्ट्रोलर (एमपीपीटी नभएको)

MPPT Charge Controller 56

एमपीपीटी चार्ज कन्ट्रोलर

Charge Controller Features 56

चार्ज कन्ट्रोलरका विशेषताहरु

Specification of Charge Controller 58

चार्ज कन्ट्रोलरको निर्दिष्टिकरण

Sizing a Charge Controller 60
चार्ज कन्ट्रोलरको साइजिङ
Inverter 62
इन्भर्टर
Types of Inverters 62
इन्भर्टरका प्रकारहरु
Off-Grid Inverter 62
अफ-ग्रिड इन्भर्टर
Hybrid inverter 62
हाइब्रिड इन्भर्टर
Grid-tied inverter 64
ग्रिड-टाइड इन्भर्टर
Inverter Sizing 66
इन्भर्टरको साइजिङ
Specification of an inverter 66
इन्भर्टरको निर्दिष्टिकरण

Section II: Solar Irrigation Pump

खण्ड २: सौर्य सिंचाइ पम्प

4. Introduction 72
४. परिचय

5. Basic Steps in System Design 74
५. सिस्टम डिजाइनको आधारभूत चरणहरु
General Head Calculation 74
साधारण हेड गणना
Choice of Pump 76
पम्पको छनोट
General Overview of SIPs Installation 78
सौर्य पम्प जडानको सामान्य परिदृश्य
Site selection 78
साइट सेलेक्सन
SIP Installation 80
सौर्य पम्प जडान

6. Annex: Installation Report Template 86

६. अनुसूची: जडान रिपोर्टको नमूना

Section III: Operation and Maintenance of SIPs

खण्ड ३: सौर्य पम्पको सञ्चालन र मर्मत

7. Routine Maintenance and Preventive Maintenance 94

७. नियमित मर्मतसम्भार र निरोधक मर्मतसम्भार

PV Array 94

पिभी एरे

Pump 96

पम्प

Controller box 96

कन्ट्रोलर बक्स

Cables 98

तारहरु

Protection and other components 100

संरक्षण र अन्य कम्पोनेन्टहरु

8. Failure and Troubleshooting 102

८. समस्या र समस्याको निवारण

Type 1 102

पहिलो प्रकार

Problems in the fuses and miniature circuit-breakers 102

फ्युज र एमसीबी (मिनिएचर सर्किट ब्रेकर) मा समस्या

Faulty panel or panel wiring 104

प्यानलमा खराबी वा केबलमा समस्या

Faulty controller 106

कन्ट्रोलरमा खराबी

Faulty pump 108

पम्पमा खराबी

Faulty cable between controller and pump 110

कन्ट्रोलर र पम्प बीचको केबुलमा खराबी

Faulty fuses or circuit-breakers 110

फ्युजहरु वा सर्किट-ब्रेकरमा खराबी

Type 2 112

प्रकार २

Inadequate power generation from the solar array 112
सौर्य एरेबाट अपर्याप्त ऊर्जा उत्पादन
Issues with power regulation by the controller 112
कन्ट्रोलरको ऊर्जा नियमनसँग सम्बन्धित समस्याहरु
Issues with pump operation 114
पम्प सञ्चालनसँग सम्बन्धित समस्याहरु

9. Electrical Testing 116
९. विद्युतीय परीक्षण
Array open circuit voltage 116
एरेको खुला सर्किट भोल्टेज
Voltage under load (with running pump) 116
लोड अन्तर्गत भोल्टेज (पम्प सञ्चालनमा रहँदा)
Test the float switch 118
फ्लोट स्वीचको परीक्षण
Do this only for testing purposes. 118
यो परीक्षण उद्देश्यका लागि मात्रै गर्नुहोस्

10. Dos and Don'ts for Basic Maintenance 120
१०. आधारभूत (सामान्य) मर्मतका लागि गर्न हुने वा नहुने कामहरु

1. Annex: O&M template 124
अनुसूचीः सञ्चालन र मर्मत संभार टेम्प्लेट

11. References 132
सान्दर्भिक स्रोतहरू

Section I: Introduction to Solar PV System

खण्ड १: सौर्य पिभी प्रणालीको परिचय

1. Introduction

Energy continues to be a major building block of modern civilizations. Among the many existing technologies and sources of energy, there is now a pronounced interest in the promotion of renewable energy technologies that depend on nature for harvesting energy. These technologies are seen to be cleaner, and more sustainable than those depending on fossil fuels in particular. The photovoltaic (PV) system among other renewable technologies is becoming increasingly common; these systems are devices that convert sunlight to electrical energy. As a country that receives abundant sunlight with average solar radiation of 4.4 kWh/m^2 to 5.5 kWh/m^2 and around 300 sunny days per year (Solargis, 2019), Nepal has an excellent potential to be able to harvest this energy using a solar photovoltaic system.

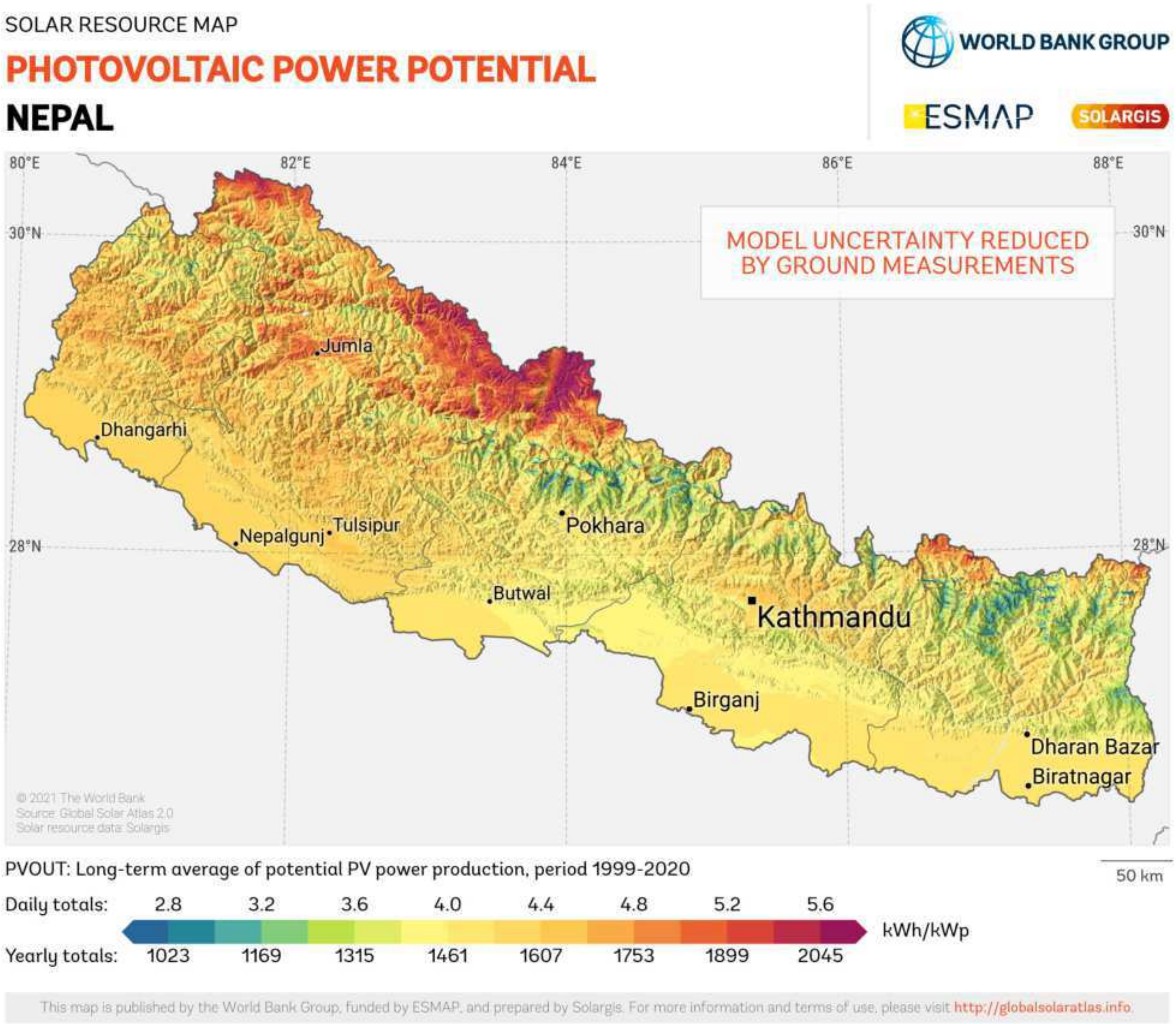


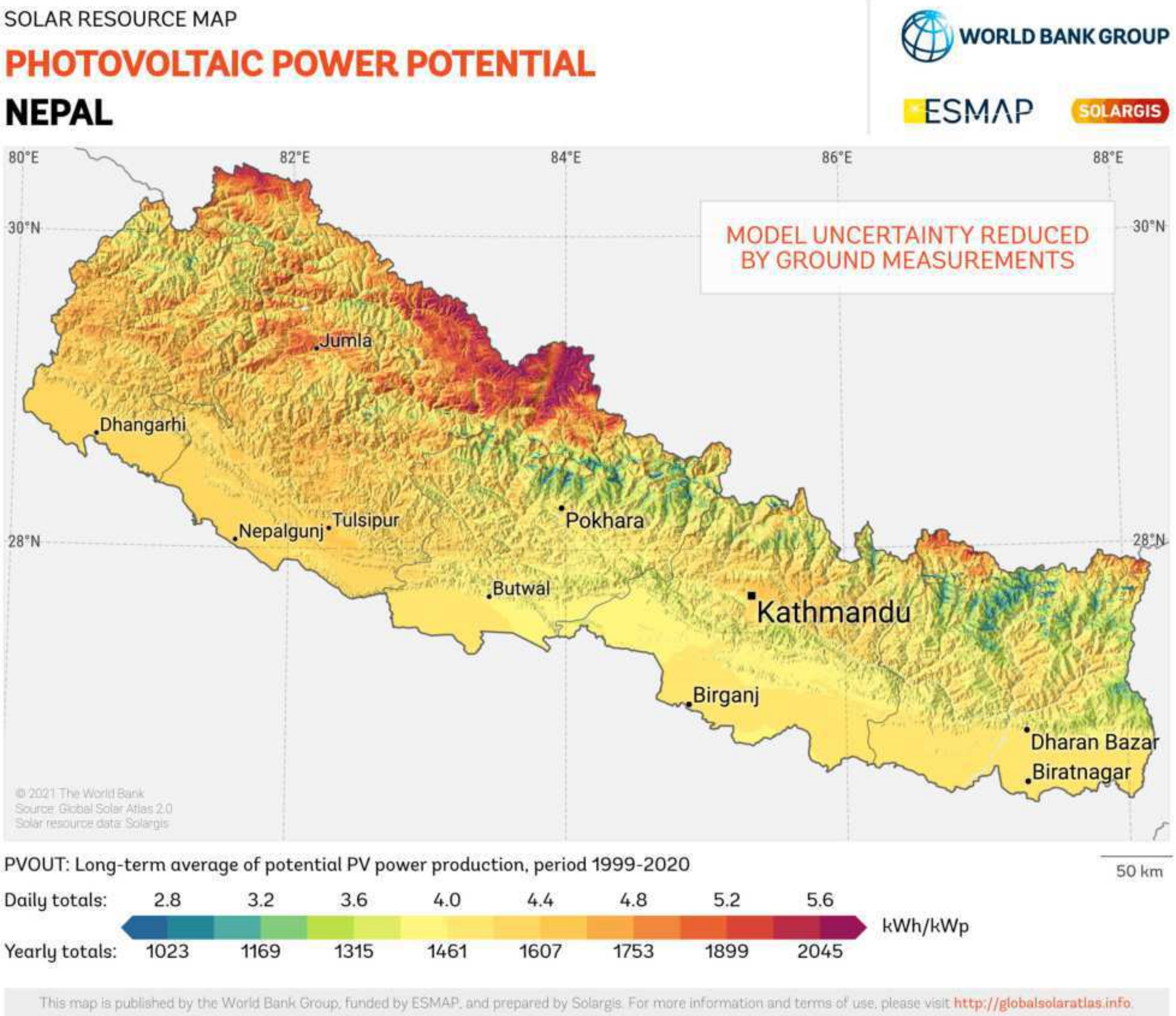
Figure 1 Photovoltaic Electricity Potential of Nepal (Solargis, 2021)

Advantages of off-grid solar PV systems

Off-grid solar PV systems can be an ideal solution to cover basic and advanced energy needs. Basic needs can include lighting, mobile charging, etc. whereas, advanced needs can include off-setting industry-level grid electricity with proper cost-benefit analyses. Photovoltaic systems have numerous advantages, especially in comparison with conventional fossil fuels.

१. परिचय

ऊर्जा आधुनिक निर्माणको प्रमुख आधार हुने क्रम जारी छ। अनेकौं विद्यमान प्रविधिहरु र ऊर्जा स्रोतहरुमध्ये प्रकृतिमा आधारितनवीकरणीय ऊर्जा प्रविधिहरुको प्रवर्द्धनमा अब बढी चासो दिन थालिएको छ। विशेषत: जीवाशेषमा आधारित इन्धनहरुमा निर्भर रहनेभन्दा यी प्रविधिहरु बढी सफा र अधिक दिगो देखिएका छन्। फोटोभोल्टायिक (पिभी) प्रणाली अन्य नवीकरणीय प्रविधिहरुभन्दा आम रुपमा प्रयोग हुँदै गएको छ। पिभी (फोटोभोल्टायिक) प्रणालीमा सूर्यको किरणलाई विद्युतीय ऊर्जामा रुपान्तरण गर्ने उपकरण जडितहुन्छन्। नेपालमा प्रति वर्ग मिटर क्षेत्रमा एक घण्टामा औसत ४.४ किलोवाट देखि ५.५ किलोवाट सौर्य विकिरण प्राप्त हुन्छ साथै वर्षमा सरदर तीन सय दिन नै प्रचुर मात्रामा सूर्यको प्रकाश प्राप्त हुने हुँदा यहाँ सौर्य प्रणाली प्रयोग गरी ऊर्जा सङ्कलन गर्न सक्ने धेरै सम्भावना छ।



तस्विर १ नेपालको फोटोभोल्टायिक विद्युतको सम्भाव्यता (सोलार जीआइएस्, २०२१)

अफ-ग्रिड सौर्य पिभी प्रणालीका फाइदाहरु

अफ-ग्रिड सौर्य पिभी प्रणाली (बत्ति नपुगेको ठाउँहरुमा वा मेन लाइनमा नजोडिएको) आधारभूत र उच्च ऊर्जा आवश्यकताहरु पूरा गर्नका लागि एक आदर्श समाधान हुन सक्छ। आधारभूतआवश्यकता अन्तर्गत् बत्ती बाल्नु, मोबाइल चार्ज गर्नु आदिलाई लिन सकिन्छ। जबकी, उद्योग स्तरको उन्नत/उच्च आवश्यकताहरुमाउचित लागत लाभ विश्लेषणसहितको ग्रिड विद्युतको निर्यात घटाउन सकिन्छ। विशेष गरी परम्परागत् जीवाशेषमा आधारित इन्धनको तुलनामा फोटोभोल्टायिक प्रणालीको धेरै फाइदाहरु छन्।

Clean Energy

PV systems help reduce CO_2 and other harmful emissions and pollutants into the atmosphere and improve public health and the environment.

Reliability

The life of PV systems is expected to be about 25 years and they can be installed in various regions and climates where exposure to the sun is optimal. It is a proven technology with decades of global success history.

Reduced Operating Costs

PV systems depend on sunlight for energy conversion and do not require any external fuel resulting in fuel cost savings. Compared to diesel-fuelled generators, solar PV systems require minimum maintenance.

No Sound Pollution

Unlike generators and other sources of power and their generating system, PV does not contribute to sound pollution.

Modularity

PV systems are modular, meaning their capacity can be expanded as required to increase power generation. Its components are individually replaceable in case of failure (for eg. individual solar modules, inverters, batteries, etc.)

Sustainable Energy

Solar PV systems use solar radiation to generate electricity which is amongst the most sustainable renewable energy source as it is naturally found and will not be affected by market factors such as, changes in the fuel markets.

स्वच्छ सफा ऊर्जा (क्लिन इनर्जी)

पिभी प्रणालीले वातावरणमा कार्बनडाइअक्साइड घटाउन मद्दत पुर्याउँछ र अन्य हानिकारक उत्सर्जन तथा प्रदूषकलाई कम गर्न रजनस्वास्थ्य एवम् वातावरण सुधार गर्न सहयोग पुर्याउँछ ।

विश्वसनीयता

पिभी प्रणालीको आयू करिब २५ वर्ष हुने अपेक्षा गरिएको छ र सौर्य किरणको अधिकत्तम पहुँच तथा धेरै घाम लाग्ने क्षेत्र तथा मौसममा यो जडान गर्न सकिन्छ । यो दशकौंको विश्वव्यापी सफल इतिहासको एक प्रमाणित प्रविधि हो ।

कम सञ्चालन लागत

ऊर्जा रुपान्तरणका लागि पिभी प्रणाली सूर्यको किरणमा निर्भर हुन्छ र कुनै पनि बाह्य इन्धन आवश्यक नपर्ने हुनाले इन्धनको लागतबचत हुन्छ । सौर्य पिभी प्रणालीलाई डिजेल जेनेरेटरहरुको तुलनामा न्यूनत्तम मर्मत आवश्यक पर्छ ।

ध्वनि प्रदूषण हुन्न

जेनेरेटरहरु र पावरका अन्य स्रोतहरु तथा तिनीहरुको उत्पादन प्रणालीको विपरित पिभी प्रणालीले ध्वनि प्रदूषणमा योगदान गर्दैन ।

प्रतिरुपकता

पिभी प्रणाली प्रतिरुपक हुन्छ, अर्थात् विद्युत उत्पादन वृद्धि गर्न आवश्यकता अनुसार तिनीहरुको क्षमता बिस्तार गर्न सकिने खालको हुन्छ । यो प्रणाली काम नलाग्ने भएको अवस्थामा पनि यसका सौर्य प्यानल, इन्भर्टर, ब्याट्री आदि अन्य काममा प्रयोग गर्न सकिन्छ ।

दिगो ऊर्जा

सौर्य पिभी प्रणालीहरुले विद्युत उत्पादन गर्न सौर्य विकिरणको प्रयोग गर्छ जुन सबैभन्दा दिगो नवीकरणीय ऊर्जा मध्यको एक हो । स्रोतको रुपमा यो प्राकृतिक रुपले उपलब्ध हुन्छ र इन्धनको बजारमा आउने परिवर्तन जस्ता कारणले यसमा प्रभाव पर्दैन ।

Limitations of off-grid solar PV systems

Although the advantages of off-grid solar PV systems are becoming more apparent, they do possess some limitations that should be considered.

High Initial Cost

PV systems require high initial investment than those of conventional power sources. The PV system produces DC power which demands additional equipment to convert the DC power into AC to run AC loads.

Relatively large footprint

The PV system installation requires a comparatively large footprint (compared to diesel generators for example), which may not always be available on the ground or roofs.

Need for Energy Storage Devices

For 24-hr energy demand, sunlight is not always available and even when it is available, it is not constant. This requires energy storage, such as batteries, to provide a consistent and reliable power supply. The batteries and other storage devices increase the cost of the system.

Inconsistent Source of Energy

Sunshine is not always available even in the daytime. Geographic location, climate, and other environmental conditions affect the amount of sunlight exposure.

Lack of Awareness

People are generally unaware of the advantages of solar PV technology and its applications as it is fairly new compared to other fossil fuel-based technologies, and its adoption remains expensive and slow.

अफ-ग्रिड सौर्य पिभी प्रणालीको केहि कमिहरु

अफ-ग्रिड सौर्य प्रणालीका फाइदाहरु धेरै भए पनि यसका केही कमिहरुबारे समेत विचार गर्नुपर्ने हुन्छ ।

सुरुमा लागत उच्च

पारम्परिक ऊर्जा स्रोतहरुको तुलनामा पिभी प्रणालीलाई सुरुमा धेरै लगानी आवश्यक हुन्छ । पिभी प्रणालीले डिसी पावर उत्पादन गर्छ जसले एसी लोड चलाउन डिसी पावरलाई एसीमा रुपान्तरण गर्न अतिरिक्त उपकरण आवश्यक हुन्छ ।

तुलनात्मक रुपमा ठाउँ धेरै चाहिन्छ

पिभी प्रणाली जडानका लागि अपेक्षाकृत डिजेल जेनेरेटरको तुलनामा धेरै ठाउँ चाहिन्छ जुन सधैं जमिनमा वा छतमा उपलब्ध नहुन सक्छ ।

ऊर्जा भण्डारणका लागि उपकरणको आवश्यकता

चौबीस घण्टासम्म ऊर्जाको माग सम्बोधन गर्न सूर्यको किरण सधैं उपलब्ध हुँदैन र उपलब्ध भएको अवस्थामा स्थिर हुँदैन् । आपूर्ति नियमित र भरपर्दो बनाउनका लागि एक ऊर्जा भण्डारण उपकरण जस्तै ब्याट्री आवश्यक हुन्छ । ब्याट्रीहरु वा अन्य भण्डारण उपकरणको मागले प्रणालीको लागत बढाउँछ ।

अनियमित उर्जा स्रोत

दिनको समयमा समेत घाम सधैं उपलब्ध हुन्न । भौगोलिक अवस्थिति, जलवायु र अन्य वातावरणीय परिस्थितिले सूर्यको प्रकाशको मात्रालाई असर गर्छ ।

चेतनाको कमी

अन्य जीवाशेष इन्धनमा आधारित प्रविधिहरुको तुलनामा एकदमै नयाँ भएकोले सौर्य पिभी प्रविधि र यसको प्रयोगले हुने फाइदाहरुबारे मानिसहरु सामान्यतया अनविज्ञ छन् र यसलाई अपनाउन महँगो र ढिलो हुन्छ ।

Solar PV Applications

Lighting System for Home

These PV lighting systems are generally off-grid or stand-alone systems where the only source of energy is solar energy. However, in regions of unreliable grid electricity, solar PV systems are used as a supplement to grid electricity for critical lights. Common applications at home include room lighting, pathway lights, etc.

Television and Radio

Solar PV systems typically ranging in size from 10 to 120Wp with one battery can be used to power a few LED lights, radio, computer, and television. The devices used in such systems are mainly DC-supplied type which reduces system costs. So, in this case, low powered DC TV is connected that does not require an inverter.

Water Pumping

In rural areas with no grid connection or unreliable grid electricity, solar water pumping can be used for applications such as irrigation, drinking, aquaculture, washing, and feeding livestock. There are generally two water tanks: one situated near the water source and the other near the village situated at a higher altitude. A high-efficiency solar DC or AC water pump lifts water from the lower tank to the upper. The water collected at the upper tank is distributed through a standard pipeline through gravity.

Street Light

A solar street light is typically composed of an LED lamp, solar panels, battery, and charge controller. The lamp operates on electricity from batteries, charged through the use of a solar PV panel.

सौर्य पिभीको उपयोग

घरका लागि विद्युतीय प्रणाली

यी पिभी विद्युतीय प्रणाली साधारणतया अफ-ग्रिड वा स्ट्यान्ड-एलोन प्रणालीहरु हुन जसमा ऊर्जाको एकमात्र स्रोत सौर्य ऊर्जा हो । यद्दपी, विद्युतीय ग्रिड भरपर्दो नभएको क्षेत्रहरुमा सौर्य पिभी प्रणालीहरु महत्वपूर्ण बत्तीहरुका लागि ग्रिड बिजुलीको पूरकको रुपमा प्रयोग गरिन्छ । घरमा साधारण रुपमा कोठामा प्रयोग गरिने बत्ती, तथा सडक बत्तीमा उपयोग गरिन्छ ।

टेलिभिजन र रेडियो

सौर्य पिभी प्रणाली सामान्यतया १० देखि १२० वाट पिक (डब्ल्युपी) सम्मको एक ब्याट्रीको साथमा केही एलईडी बत्ती, रेडियो, कम्प्युटर र टेलिभिजन चलाउन प्रयोग गर्न सकिन्छ । ती प्रणालीहरुमा प्रयोग गरिने उपकरणहरु मुख्यरुपमा डिसी-आपूर्ति गरिने खालका हुन्छन् जसले प्रणालीको लागत घटाउँछ । त्यसैले, यस अवस्थामा, कम पावर भएको डिसी टिभी जडान गरिन्छ, जसमा इन्भर्टर आवश्यक पर्दैन ।

पानी तान्ने पम्प

ग्रिड जडान नभएको वा भरपर्दो ग्रिड बिजुली नभएका ग्रामीण क्षेत्रमा सौर्य ऊर्जामा आधारित पानी तान्ने पम्पको प्रयोग सिँचाइ, खानेपानी, माछापालन, सरसफाइ, र पशुलाई खुवाउने जस्ता कामका लागि गर्न सकिन्छ । सामान्यतया दुईवटा पानी ट्याङकीहरु हुन्छन् : पहिलो पानीको स्रोत नजिक र दोस्रो गाउँ नजिकैको अग्लो ऊचाइमा राखिन्छ । तल्लो टयाङ्कीबाट पानी पठाउन उच्च क्षमताको सौर्य डिसी वा एसी पानी तान्ने यन्त्र प्रयोग गरिन्छ । माथिल्लो ट्याङ्कीमा जम्मा भएको पानी साधारण पाइपलाइनबाट गुरुत्वाकर्षण (ग्राविटी) मार्फत् वितरण गरिन्छ ।

सडक बत्ती

सौर्य सडक बत्तीमा सामान्यतया एलइडी बत्ती, सौर्य प्यानल, ब्याट्री, र चार्ज कन्ट्रोलर हुन्छ । सौर्य पिभी प्यानलबाट चार्ज भएर ब्याट्रीको सहयोगले बिजुली बत्ती सञ्चालन हुन्छ ।

2. Electrical demand load analysis

Efficient Energy Utilization

The PV system must be designed efficiently to minimize costs while being able to cater to the required electrical loads. The load size directly influences the size and cost of the PV system but professionals must advise on using energy-efficient devices. For example, use LED light instead of fluorescent or CFL light. All loads must not run as peak load. People must be aware of load peaking and the efficiency of appliances.

Both peak load and low-efficiency devices increase the cost and size of the PV system. The load must shift peak time to off-peak time to reduce peak demand of the PV sy,stem which can reduce the size of the PV system and hence the cost.

Electrical Load Analysis

The load of the consumer needs to be correctly calculated for the demand analysis. The hour of operation of load is also equally important for the load analysis. The type of load also needs to be mentioned to gain an understanding of whether it is inductive or resistive and its usage pattern.

The load may be AC or DC type and the power rating of the load is usually available in the nameplate of the device or the manufacturer provides a manual in which the power rating is given. If the power rating is not given, then the power can be calculated as:

For DC load,	**For AC load,**
Power = Voltage x Current.	Power = Voltage $_{(line\text{-}3ph)}$ x Current x Power factor.
	The power factor is taken as 0.8 if not specified.

The voltage and current ratings are given in the nameplate.

Some loads consume low power in standby mode and higher power in an active mode such as a computer. Also, some loads turn on and off automatically, such as iron, refrigerators, etc. These loads are taken into account with their on and off time while surge load must be taken into consideration such as for motors that take high current initially.

Load estimation

The load calculation requires daily average use of load, the number of loads, and its electrical specification. The specification includes AC or DC type loads, power rating, voltage, and current rating. The total average energy consumption by the load can be calculated by multiplying the number of loads, wattage of load, and the average operation of an hour. While calculating these loads, we must consider the seasonal variation of loads, low efficient loads, and standby power consumption of electrical devices/machines. The loads are variable and under certain conditions, some loads are wise to exclude in a PV system to reduce the size and cost of the PV system (for example, loads that are operated very infrequently).

२. बिजुली मागको लोड विश्लेषण

ऊर्जाको प्रभावकारी उपयोग

पिभी प्रणाली आवश्यक विद्युतीय लोडहरु पूरा गर्न सक्षम हुने हुँदा लागत कम गर्न कुशलतापूर्वक डिजाइन गरिएको हुनुपर्छ। लोडको प्रकारले प्रत्यक्ष रुपमा पिभी प्रणालीको आकार र लागतलाई प्रभाव पार्छ तर व्यवसायिहरुले ऊर्जा-दक्षता उपकरणहरु प्रयोग गर्न सुझाव दिनुपर्छ । उदाहरणका लागि, फ्लोरोसेन्ट वा सीएफएल चिमको सट्टा एलइडी चिमको प्रयोग गर्नुहोस् । सबै लोड उच्च लोडमा चलाउनु हुँदैन । मानिसले उच्च लोड र उपकरणको सक्षमताबारे जानकार/सचेत हुनुपर्छ ।

उच्च लोड र कम सक्षम उपकरणहरुले पिभी प्यानलको मूल्य र आकार बढाउँछन् । पिभी प्यानलको चरम मागलाई कम गर्न लोडले चरम माग भएको समय (पिक टाइम) लाई माग कम भएको समय (अफ पिक टाइम) मा परिवर्तन गर्नुपर्छ जसले पिभी प्यानलको आकार घटाउन सक्छ र त्यसैले लागत पनि कम हुन्छ ।

विद्युतीय लोड विश्लेषण

उपभोक्ताको लोडलाई ठीकसँग गणना गरी मात्रै लोड विश्लेषण गर्नु आवश्यक हुन जान्छ। लोड विश्लेषणका लागि सञ्चालन हुने अवधि पनि समान रुपमा महत्वपूर्ण छ। यो आगमनात्मक (inductive) वा प्रतिरोधी (resistive) हो र प्रयोगको स्वरुप के हुने बुझ्नका लागि लोडको प्रकार उल्लेख गरिनु आवश्यक हुन जान्छ ।

लोड एसी वा डिसी प्रकारको हुन सक्छ र लोडको सामर्थ्य मूल्याङ्कन सामान्यतया उपकरणको 'नेमप्लेट'मा उपलब्ध हुन्छ वा निर्माताले उपलब्ध गराउने निर्देशिकामा सामर्थ्यको 'रेटिंग' दिइएको हुन्छ । यदि पावर मूल्याङ्कन दिइएको छैन भने, पावर निम्न रूपमा गणना गर्न सकिन्छ :

डिसी लोडका लागि	**एसी लोडका लागि**
पावर = भोल्टेज X करेन्ट	पावर = भोल्टेज $_{\text{(लाइन-३ फेज)}}$ X करेन्ट X पावर फ्याक्टर पावर फ्याक्टर उल्लेख नभए ०.८ लिइनेछ ।

भोल्टेज र करेन्टको मात्रा नेमप्लेटमा दिइएको हुन्छ ।

केही लोडहरु स्ट्याण्डबाई मोडमा कम पावर र सक्रिय अवस्थामा उच्च पावर खपत गर्छन् जस्तै : कम्प्युटर । साथै, इस्तिरी (आइरन), रेफ्रिजेरेटर जस्ता लोडमा स्वचालित रुपमा अन र अफ हुन्छन् । यस्ता लोडलाई चालू र बन्द हुने समयमा ध्यान राख्नुपर्छ जबकि सुरुमा उच्च करेन्ट लिने मोटर जस्ताका लागि सर्ज लोडलाई ध्यानमा राख्नुपर्छ ।

लोड अनुमान

लोडको हिसाब निकाल्न लोडको दैनिक औसत प्रयोग, संख्या र यसको विद्युतीय निर्दिष्टिकरण जरुरी पर्छ । निर्दिष्टिकरणमा एसी वा डिसी प्रकारका लोडहरु, पावर मात्रा, भोल्टेज र करेन्टको मात्रा समावेश हुन्छ । लोडले औसतमा खपत गर्ने कुल ऊर्जाको हिसाब लोडको संख्या, लोडको वाटेज, र एक घण्टाको औसत सञ्चालनलाई गुणन गरेर निकाल्न सकिन्छ । यी लोडहरुको हिसाब निकाल्दै गर्दा हामीले लोडको मौसमी भिन्नता, उर्जा दक्षता, र विद्युतीय उपकरण/यन्त्रहरुको पावर खपतलाई विचार गर्नुपर्छ । लोडहरु बढी र घटी हुन्छन् र निश्चित परिस्थितिमा पिभी प्यानलको आकार र लागत घटाउन पिभी प्यानलमा केही लोडहरु अलग गर्नुपर्ने हुन्छ । उदाहरणका लागि धेरै दुर्लभ (अनियमित) रुपमा सञ्चालन गरिने लोडहरु ।

Consideration in load estimation

Many variables can affect the load estimation. The load calculation is not straightforward but difficult to calculate due to many variables. The several considerations taken into account in the calculation of loads are:

i. Use of manufacturer's manual for the energy consumption of load and power rating of the load

ii. Peak power during operation

iii. Frequency and duration of operation

iv. The type of load (either AC or DC)

v. The voltage level required by the load

vi. The seasonal and daily variation of loads

vii. Efficiency and the use of loads

viii. The duty cycle of load and energy conservation taken into account

ix. The future expansion of load

Cable Size

We need to calculate the size of the cables based on the voltage loss and ampacity. Ampacity is defined as the maximum current carrying capacity of any conductor under certain cable properties, installation conditions, and the surrounding environment.

For easier access, there are online tools that can help with cable calculations such as this: https://photovoltaic-software.com/solar-tools/voltage-drop-calculator-dc-ac.

लोड अनुमानमा ध्यान दिनुपर्ने बुँदाहरु

लोड अनुमानलाई धेरै कुराहरुले असर गर्न सक्छ । लोडको हिसाब निकाल्न ध्यान राख्नुपर्ने बुँदाहरु :

१. लोडको ऊर्जा खपत र लोडको पावर मात्राका लागि निर्माताले दिएको निर्देशिकाको प्रयोग

२. सञ्चालनको क्रममा हुने उच्च पावर खपत

३. सञ्चालनको अवधि र निरन्तरता

४. लोडको प्रकार (एसी वा डिसी)

५. लोडका लागि आवश्यक भोल्टेजको मात्रा (स्तर)

६. लोडको मौसमी र दैनिक भिन्नता

७. कार्यक्षमता र लोडको प्रयोग

८. लोड र ऊर्जा संरक्षणको व्यवहार

९. लोडको भविष्य बिस्तार

केबल साइज

भोल्टेज लस र एम्पिसिटि (केबलले करेन्ट धान्न सक्ने क्षमता) को आधारमा हामीले तारको आकारको मूल्याङ्कन गर्नुपर्ने हुन्छ । तारको विशेषता, जडानको परिस्थिति र वरिपरिको वातावरण अनुसार कुनै पनि सञ्चालकको अधिकत्तम करेन्ट प्रवाह गर्ने क्षमतालाई एम्पिसिटी भनिन्छ ।

तारको मूल्याङ्कन तथा हिसाबबारे सहज रुपमा बुझ्न केही अनलाइन सामग्रीको सहयोग लिन सकिन्छ,
जस्तै https://photovoltaic-software.com/solar-tools/voltage-drop-calculator-dc-ac

3. Solar PV System Component

A typical off-grid Solar PV system generally consists of solar panels, a battery bank, a charger controller, and an inverter, as shown in the figure below.

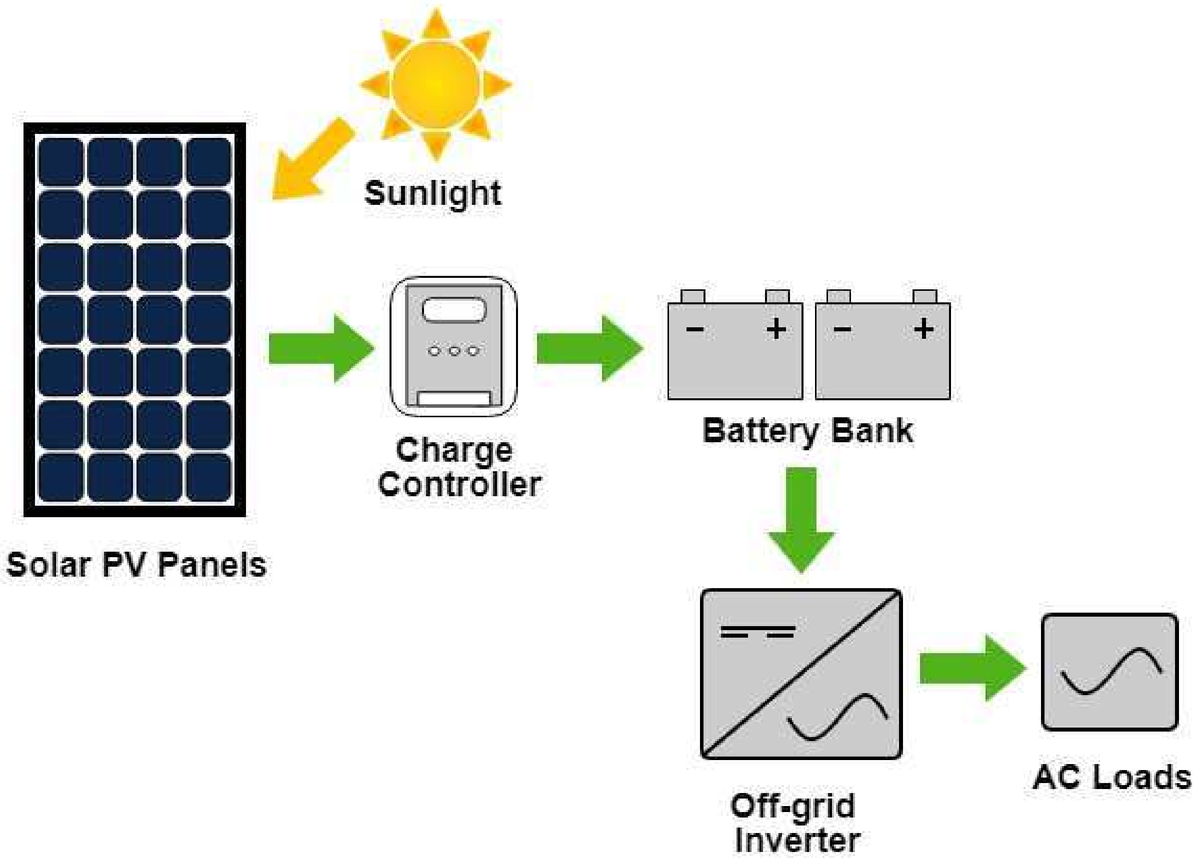


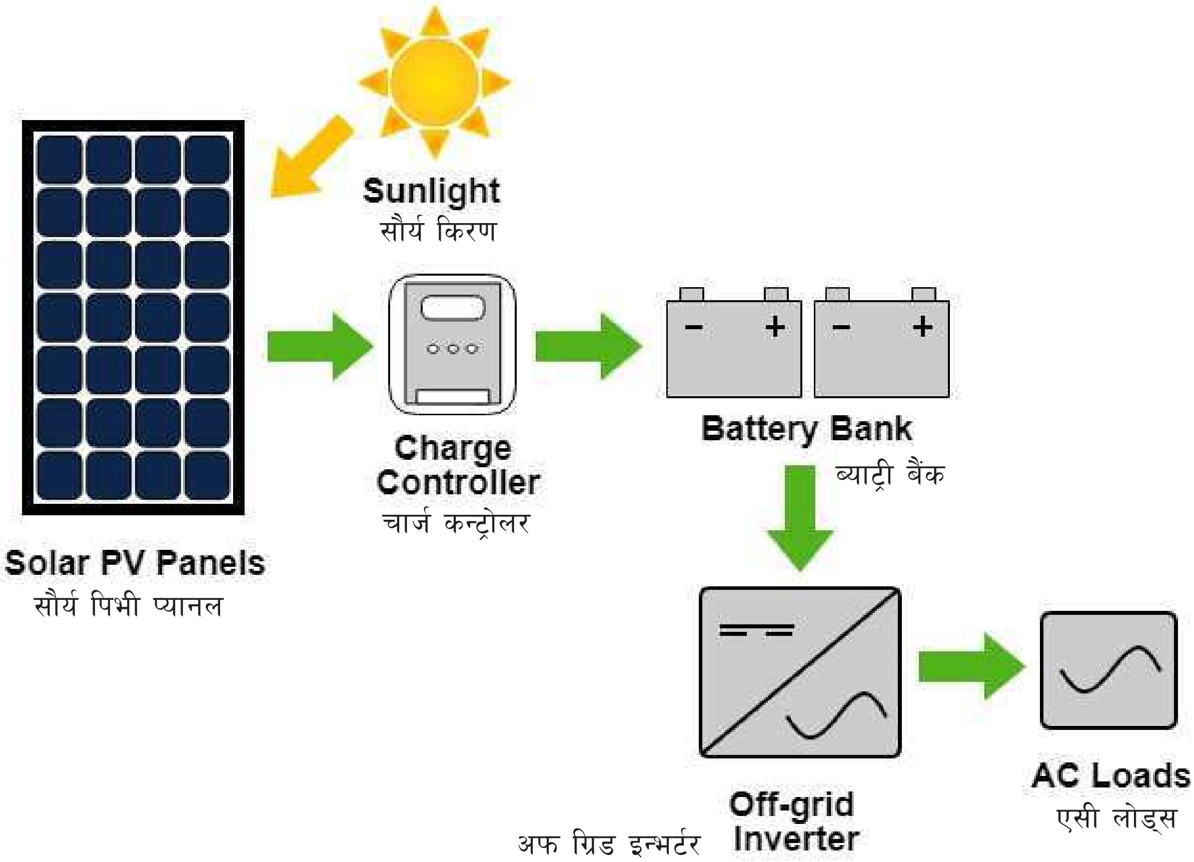
Figure 2 Solar PV System Component for a typical Off-grid system (LSP-International, 2021)

Similarly, the major components in other types of solar PV systems are,

- Solar PV on-grid systems: solar panels, inverter
- Solar water pumping systems: solar panels, controller, and pump

३. सौर्य पिभी प्रणालीको कम्पोनेन्ट

तलको चित्रमा देखाइएको अनुसार, एक सामान्य अफ-ग्रिड सौर्य PV प्रणालीमा सामान्यतया सौर्य प्यानल, ब्याट्री बैंक, चार्जर कन्ट्रोलर र इन्भर्टर हुन्छ ।



तस्विर २ साधारण अफ-ग्रिड प्रणालीको लागि सौर्य पिभीका भागहरु (एलएसपी-अन्तर्राष्ट्रिय, २०२१)

त्यस्तै, केही अन्य प्रकारका सौर्य पिभी प्रणालीका महत्वपूर्ण तत्वहरु :

- सौर्य पिभी अन-ग्रिड प्रणाली : सौर्य प्यानल, इन्भर्टर
- सौर्य पानी तान्ने प्रणाली : सौर्य प्यानल, कन्ट्रोलर र पम्प

Solar PV module

A solar cell, or photovoltaic cell, uses the photovoltaic effect to convert radiated energy from the sun to electricity. Its electrical characteristics, such as current, voltage, or resistance, vary when exposed to light. Generally, the open-circuit voltage (when the cell is not connected to any load) is approximately 0.5 to 0.6 volts. Individual solar cell devices can be combined to form modules, otherwise known as solar panels.

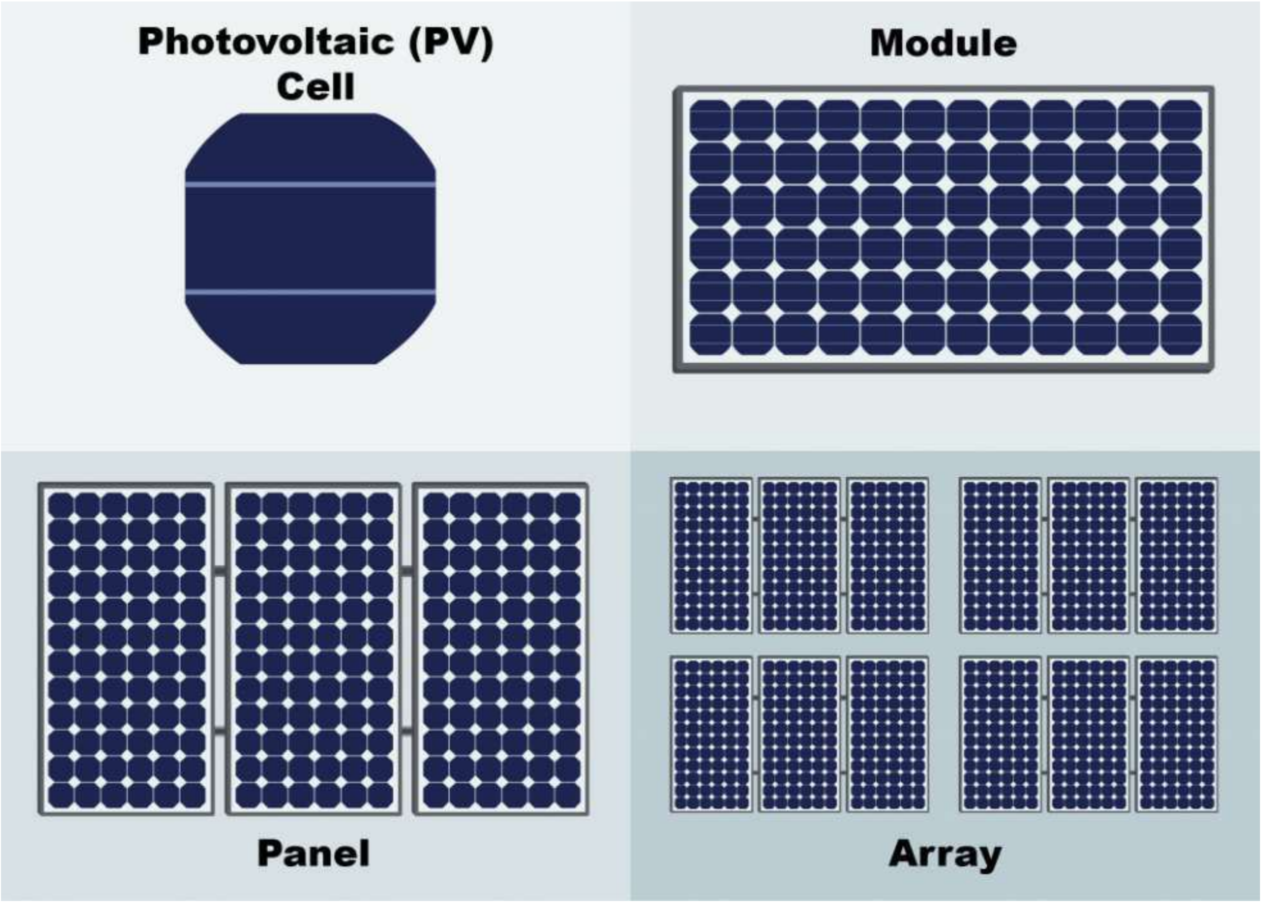


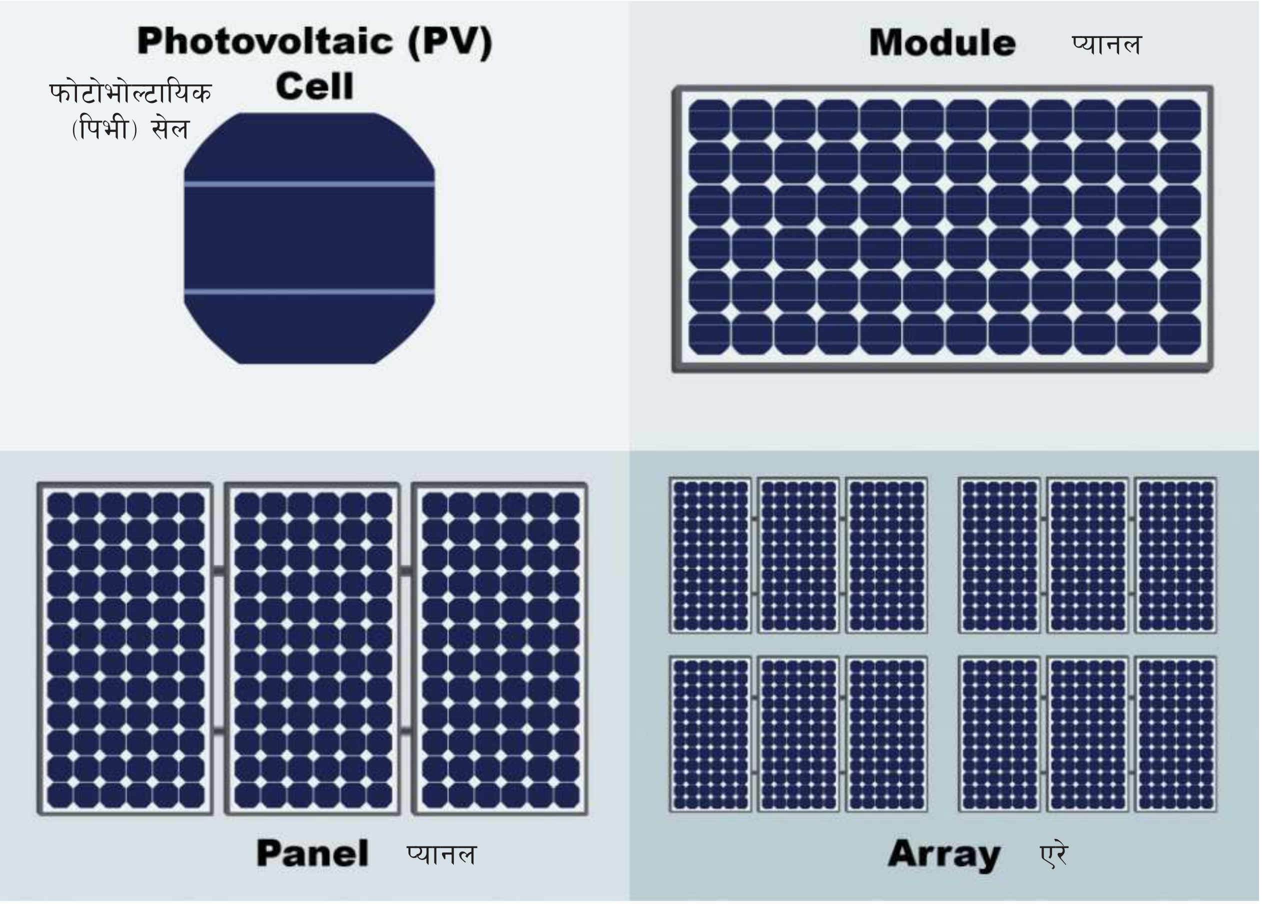
Figure 3 Solar PV cell, module, panel, and array (FSEC, 2021)

Types of solar module

There are three broad categories of technology used for the formation of PV cells: (i) Crystalline silicon, (ii) Thin-film, and (iii) Special (Compound semiconductor based). The Crystalline silicon (wafer-based) cell type accounts for most of PV cell production while the thin-film type is a newer technology.

सौर्य पिभी प्यानल

सौर्य सेल, वा फोटोभोल्टायिक (पिभी) सेलले सूर्यबाट विकिरणित ऊर्जालाई बिजुलीमा रुपान्तरण गर्न फोटोभोल्टायिक प्रभावको प्रयोग गर्छ। यसको विद्युतीय विशेषताहरु, जस्तै करेन्ट, भोल्टेज वा प्रतिरोध, सौर्य प्रकाश अनुसार भिन्न हुन्छन्। सामान्यतया, ओपन-सर्किट भोल्टेज (जब सेल कुनै लोडमा जडान हुँदैन), लगभग ०.५ देखि ०.६ भोल्ट हुन्छ। धेरै सौर्य सेलहरुलाई जोडेपछि त्यसलाई सौर्य प्यानल भनेर चिनिन्छ।



तस्विर ३ सौर्य पिभी सेल, त्यसको संरचना, प्यानल, र एरे (एफएसइसी, २०२१)

सौर्य प्यानलको प्रकार

पिभी सेल बनाउन प्रयोग गरिने प्रविधिको तीनवटा विस्तृत प्रकारहरु छन् : १. क्रिष्टलिन सिलिकन्, २. थीन फिल्म ३. विशेष (कम्पाउन्ड सेमी-कण्डक्टर आधारित) । क्रिष्टलिन सिलिकन् (वेफरमा आधारित) सेलको प्रकार धेरैजसो पिभी सेल उत्पादनका लागि जिम्मेवार हुन्छ जब की पातलो-रिल सेल प्रकार एक नयाँ प्रविधि हो।

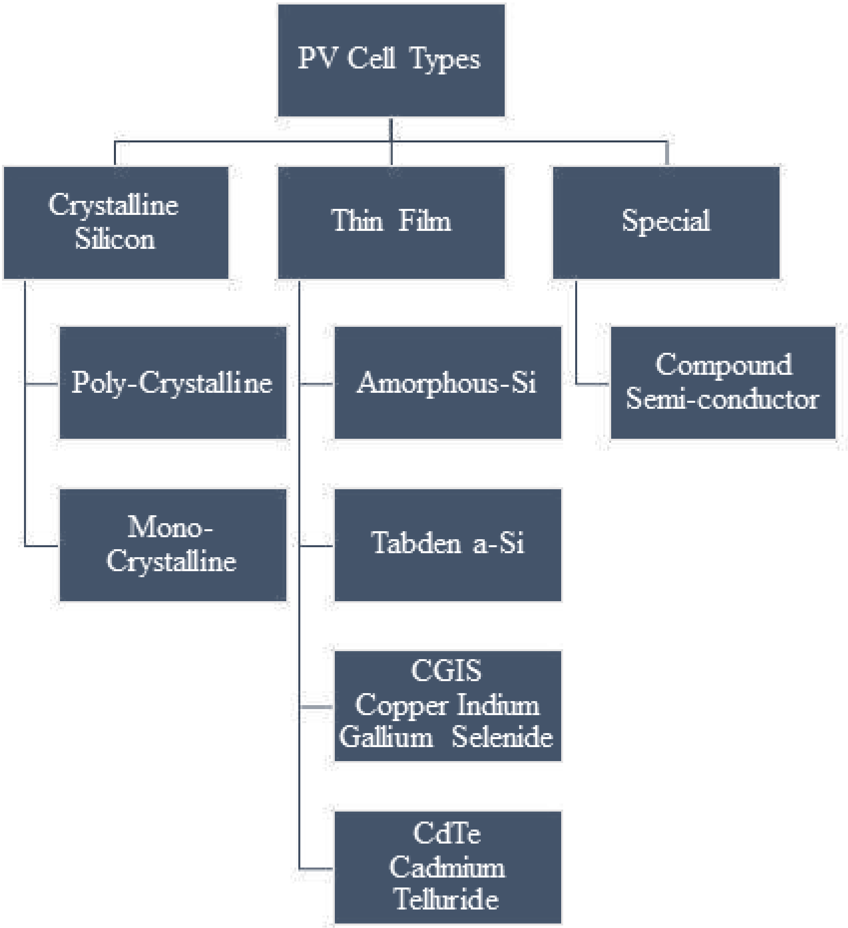
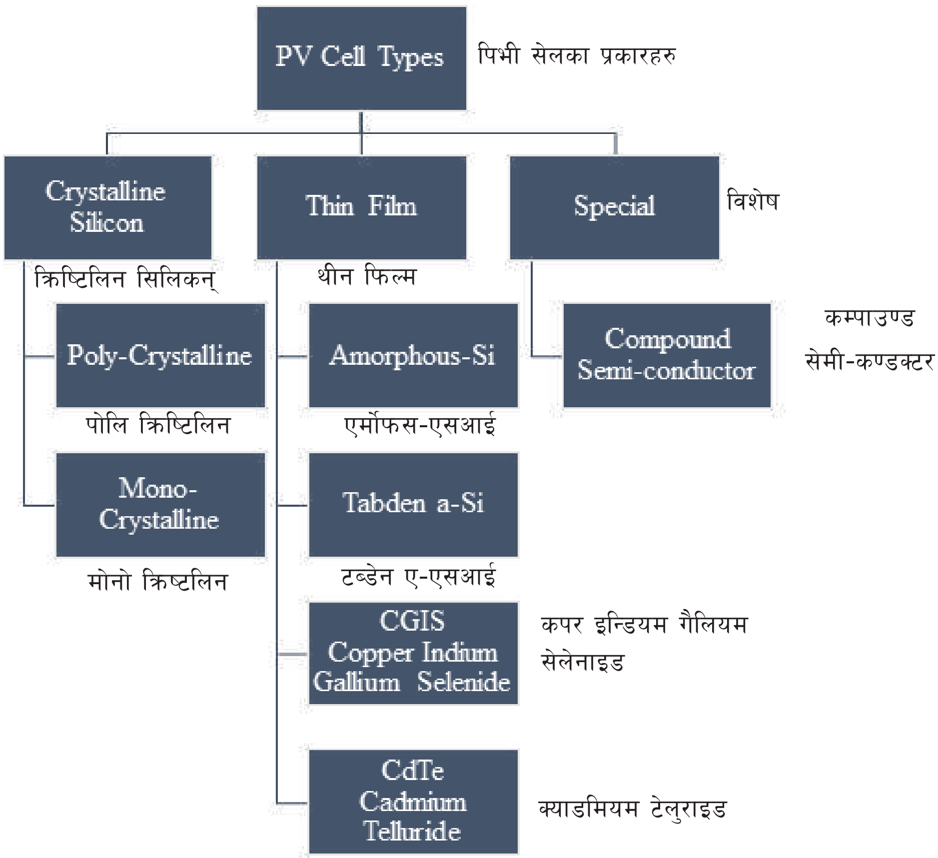


Figure 4 PV technology family tree (Grid Nepal, 2014)

Monocrystalline Solar Panels (Mono-SI)

One can easily recognize monocrystalline silicon solar panels from the uniform dark look and the rounded edges. The silicon's high purity causes this type of solar panel to have one of the highest efficiency rates, with the newest ones reaching above 20%.

Monocrystalline panels have a high power output, occupy less space, and last the longest. Another advantage of monocrystalline panels is that they tend to be slightly less affected by high temperatures compared to polycrystalline panels.



तस्विर ४ पिभी प्रविधि वंशवृक्ष (ग्रिड नेपाल, २०१४)

मोनो क्रिष्टलिन सौर्य प्यानलहरु (मोनो-एसआई)

एकसमान गाढा देखिने र गोलो किनारा भएको एकलस्फटिक सौर्य प्यानललाई सहजरुपमा पहिचान गर्न सकिन्छ । सिलिकन्को उच्च शुद्धताले यसप्रकारको सौर्य प्यानललाई उच्चत्तम कार्यक्षमता दर भएको बनाउँछ र नयाँ प्यानलहरुको २० प्रतिशतभन्दा माथि सम्म पावर दक्षता पुगेको पाइन्छ ।

मोनोक्रिष्टलिन प्यानलमा उच्च पावर उत्पादन हुन्छ, थोरै स्थान ओगट्छ र दीर्घकालीन हुन्छ । उच्च तापक्रममा पनि थोरै प्रभावित हुनु पोलि क्रिष्टलिन प्यानलको तुलनामा मोनो क्रिष्टलिन प्यानलको अर्को फाइदा हो ।

Polycrystalline Solar Panels (Poly-SI)

You can quickly distinguish these panels because this type of solar cell is square, its angles are not cut, and it has a blue, speckled look. They are made by melting raw silicon, which is a faster and cheaper process than that used for monocrystalline panels.

This leads to a lower efficiency (less than 20%), lower space efficiency, and a shorter lifespan since they are affected by hot temperatures to a greater degree. The choice between mono- and polycrystalline types of solar panels will depend on the specific situation. The first option offers a slightly higher space efficiency at a slightly higher price but power outputs can be the same if the array size is designed accordingly.

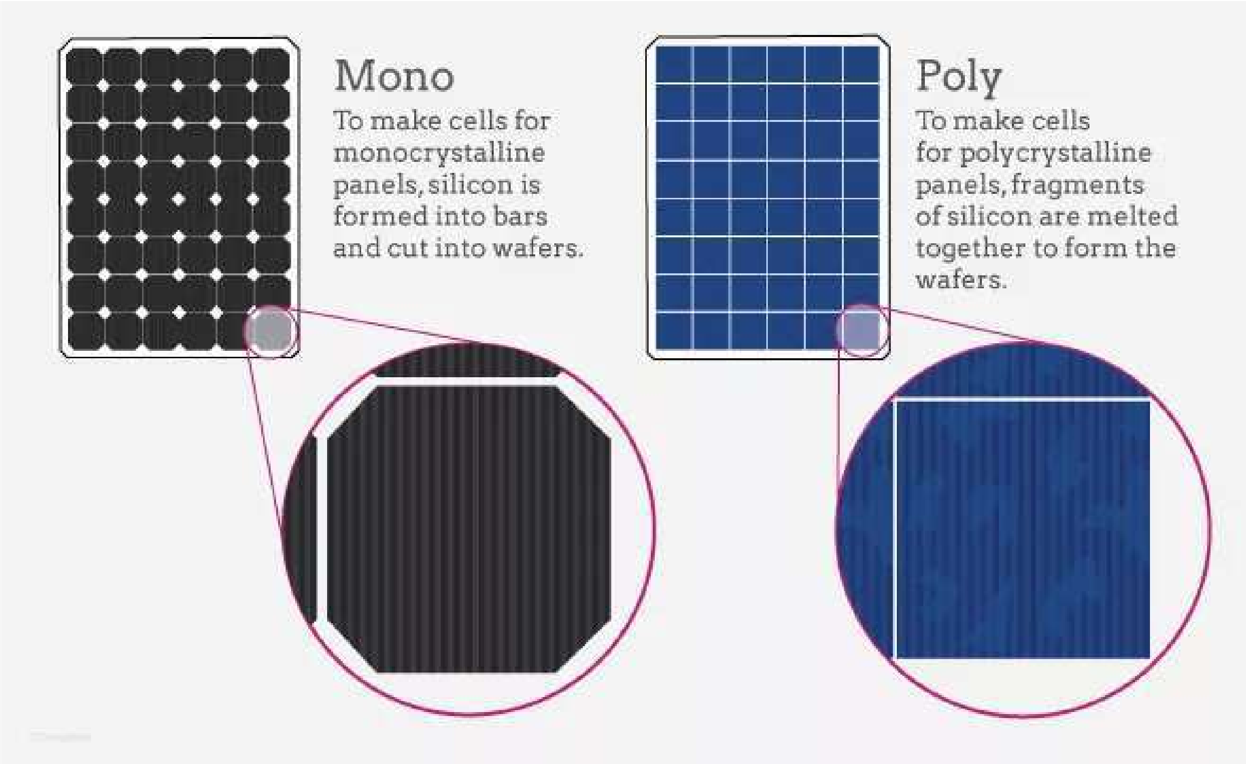
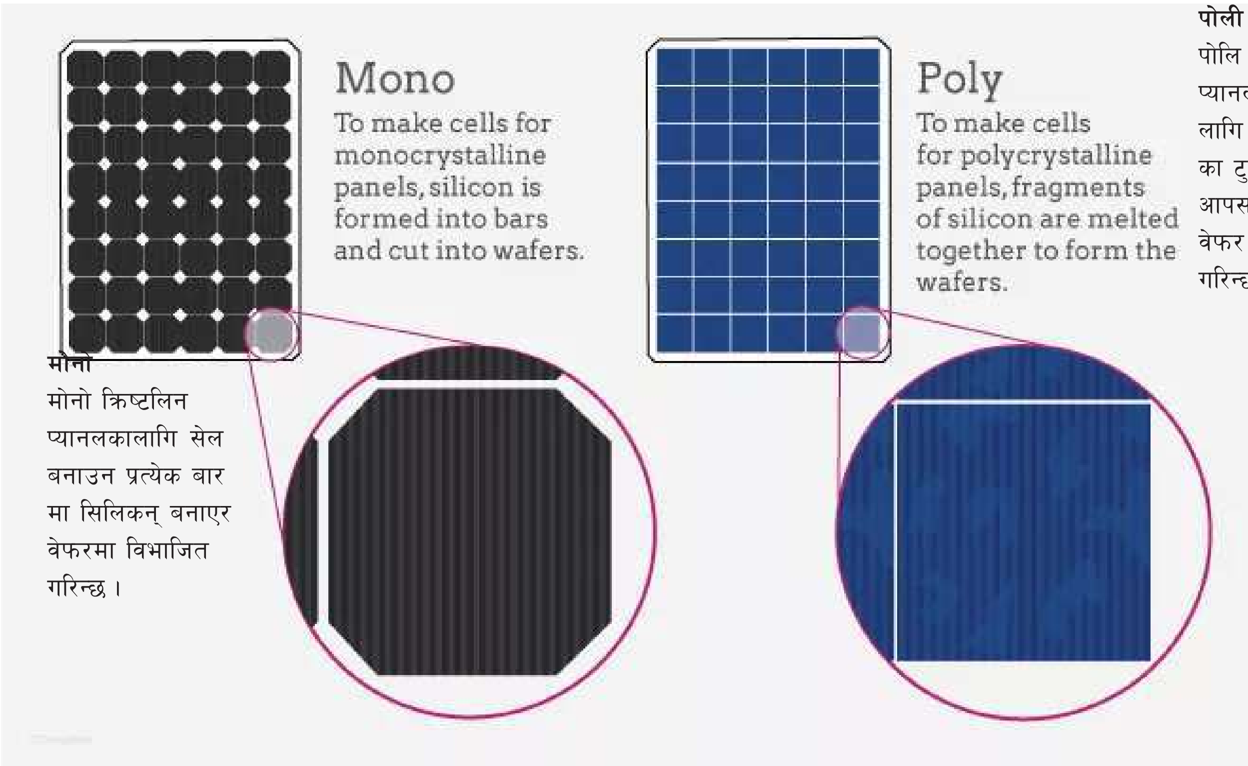


Figure 5 Types of Crystalline Panel technology (Sungold Solar, 2021)

पोलि क्रिष्टलिन सौर्य प्यानल (पोलि-एसआई)

यसप्रकारको प्यानललाई छिट्टै नै पहिचान गर्न सकिन्छ किनकि सौर्य सेल वर्गाकार, कुना नकाटिएको र नीलो धब्बा भएको देखिन्छ । कच्चा सिलिकन्लाई पग्लाएर यो तयार गरिएको हुन्छ, जुनमा मोनो क्रिष्टलिनमा प्रयोग हुने भन्दा छिटो र सस्तो प्रकृया हुन्छ ।

यसको पावर दक्षता कम हुन्छ (२० प्रतिशतभन्दा कम), ठाउँ बढी लिन्छ र छोटो जीवनकाल हुन्छ किनभने यो उच्च तापक्रमबाट अत्याधिक प्रभावित हुन्छ । मोनो- र पोलि क्रिष्टलिन प्रकारको सौर्य प्यानलबीच कुन चयन गर्ने विषय विशिष्ट परिस्थितिमा निर्भर हुने हो । पहिलो विकल्पले अलि बढी मूल्यमा कम ठाउँ लिन्छ तर एरेको आकार राम्ररी डिजाइन गरिएको छ भने पावर उत्पादन समान हुन सक्छ ।



तस्विर ५ क्रिष्टलीन प्यानल प्रविधीका किसिमहरु (सन्गोल्ड सोलार, २०२१)

Rated output specifications and solar panels

Rated output for solar panels at different light intensities (W/m^2) is shown in the figure below. The "knee" of the curves is where the most power output of the panel is generated.

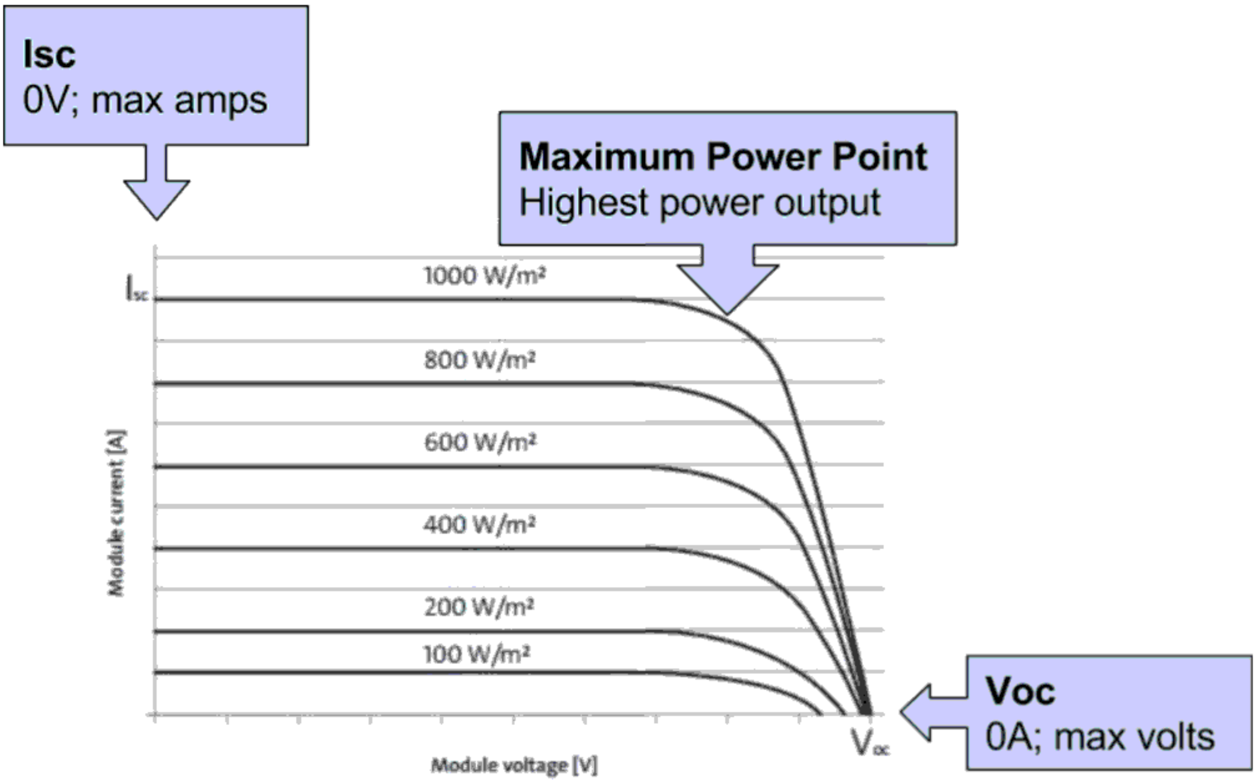


Figure 6 Voltage and current characteristics of solar panel (Altestore, 2021)

Open Circuit Voltage (Isc)

Open circuit voltage is the voltage output of a solar panel with no load. If you measure with a voltmeter across the plus and minus leads, you will read V_{OC}. Since the solar panel is not connected to anything, there is no load on it, and it is producing no current.

This is a very important number, as it is the maximum voltage that the solar panel can produce under Standard Test Conditions, so this is the number to use when determining how many solar panels you can wire in series going into your inverter or charge controller. Remember, fuses and breakers protect wires against over-current, not over-voltage.

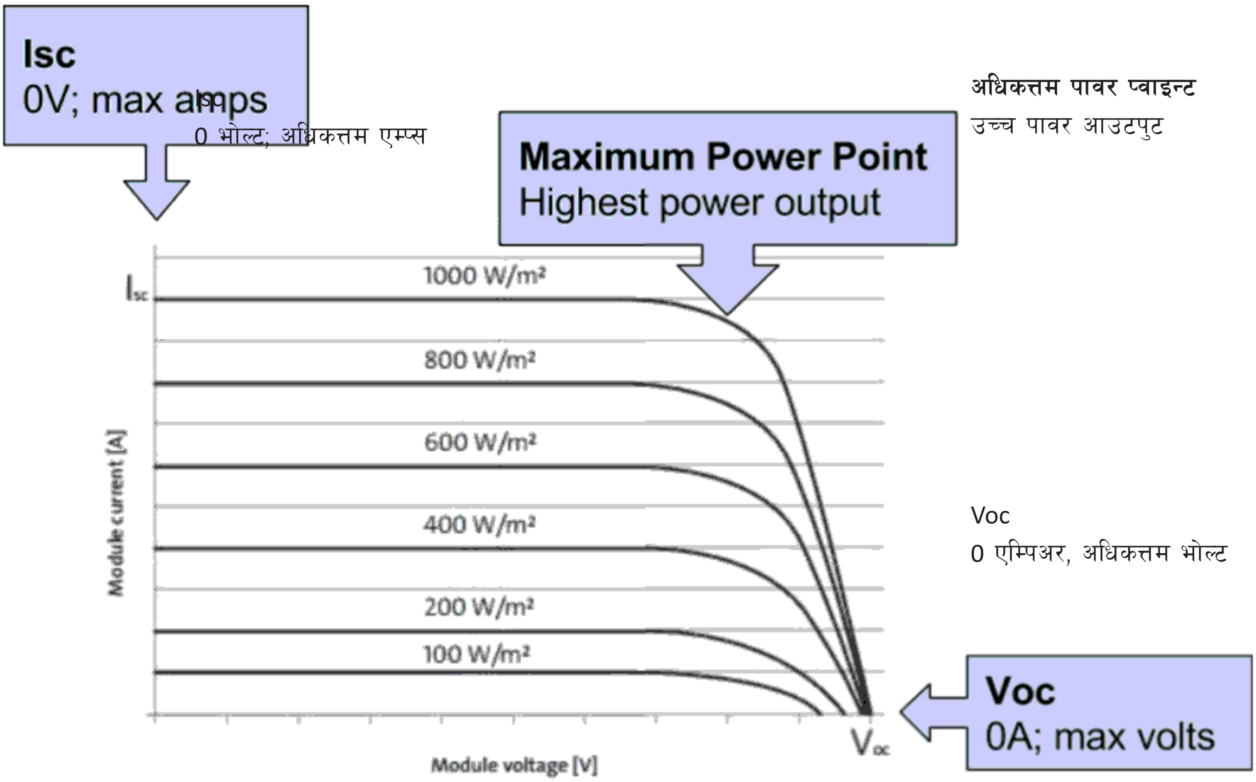
Short Circuit Current (Isc)

Short Circuit Current is the current a solar panel produces when the plus and minus of the solar panel's wires are short-circuited. If you measure with an ammeter across the plus and minus leads, you will read I_{SC}. This is the highest current the solar panels will produce under standard test conditions.

When determining how many amps a connected device can handle, like a solar charge controller or inverter, the I_{SC} is used, generally multiplied by 1.25 for National Electrical Code (NEC).

मात्रातित उत्पादन निर्दिष्टिकरण र सौर्य प्यानल

विभिन्न प्रकाश तीव्रता (वाट प्रति वर्ग मिटर) मा सौर्य प्यानलहरुको मूल्याङ्कन गरिएको उत्पादन निम्न चित्रमा देखाइएको छ। सौर्य प्यानलको सबैभन्दा बढी पावर उत्पादन हुने बिन्दु चित्रमा देखाइएको अनुसार घुमावको घुँडामा पर्दछ।



तस्विर ६ सौर्य प्यानलको भोल्ट र करेन्टको व्यवहार (एल्टीस्टोर, २०२१)

खुला भोल्टेज (Voc)

ओपन सर्किट भोल्टेज सौर्य प्यानलको लोडविहीन भोल्टेज आउटपुट हो। यदी तपाई प्लस र माइनस भएको लिडहरुमा भोल्टमिटरले मापन गर्नुहुन्छ भने (Voc) पढ्नुहुनेछ। सौर्य प्यानल केहीसँग नजोडिएकोले यसमा कुनै लोड हुन्न, र यसले विद्युत उत्पादन गरिरहेको हुँदैन।

यो भोल्टेज आउटपुट एक अत्यन्तै महत्वपूर्ण संख्या हो, किनभने स्टान्डर्ड टेस्ट कन्डिसनमा सौर्य प्यानलले उत्पादन गर्न सक्ने यो अधिकत्तम भोल्टेज हो, त्यसैले तपाईले आफ्नो इन्भर्टर वा चार्ज कन्ट्रोलरमा पुग्ने श्रृखंलामा कतिवटा सौर्य प्यानल जडान गर्न सकिन्छ भनेर निर्धारण गर्दा यो संख्या प्रयोग गर्न सकिन्छ। स्मरण रहोस्, फ्युज र ब्रेकरहरुले तारलाई अत्याधिक करेन्टबाट जोगाउँछ, उच्च भोल्टेजबाट होइन।

सर्ट सर्किट करेन्ट (Isc)

सौर्य प्यानलको तारको प्लस र माइनस सर्ट सर्किट हुँदा सौर्य प्यानलले उत्पादन गर्ने करेन्टलाई सर्ट सर्किट करेन्ट भनिन्छ। यदि तपाईंले प्लस र माइनस लिडहरूमा एम्मिटरको साथ मापन गर्नुहुन्छ भने, तपाईंले Isc को रिडिङ पाउनुहुनेछ। यो उच्चतम करेन्ट हो।

जुन सौर्य प्यानलको स्टान्डर्ड टेस्ट कन्डिसनले उत्पन्न गराउँछ। जडित यन्त्रले सौर्य चार्ज कन्ट्रोलर वा इन्भर्टर जस्ता कति एम्प्स ह्यान्डल गर्न सक्छ भन्ने निर्धारण गर्दा, Isc प्रयोग गरिन्छ, सामान्यतया राष्ट्रिय विद्युतीय कोड (NEC) को आधारमा १.२५ ले गुणन गरिन्छ।

Maximum Power Point Tracking

The maximum power point of a solar panel or solar array is the operating point where the solar panel/array generates the maximum power available at any given instance.

Similarly, Maximum Power Point Tracking (MPPT) is an algorithm that tracks the maximum power point of a solar panel/array at any given instance. The MPPT algorithm tracks the IV (Current and Voltage) curve and adjusts the voltage and current to yield maximum power. We know,

$$P = I * V$$

In the IV curve below, the 'blue' curve represents the power and the 'orange' curve represents the voltage and current. We can see that the maximum power can be extracted at V_{mp} and I_{mp}. Note that the IV curve changes at different radiation i.e. throughout the day, and the MPPT algorithm constantly tracks this maximum point.

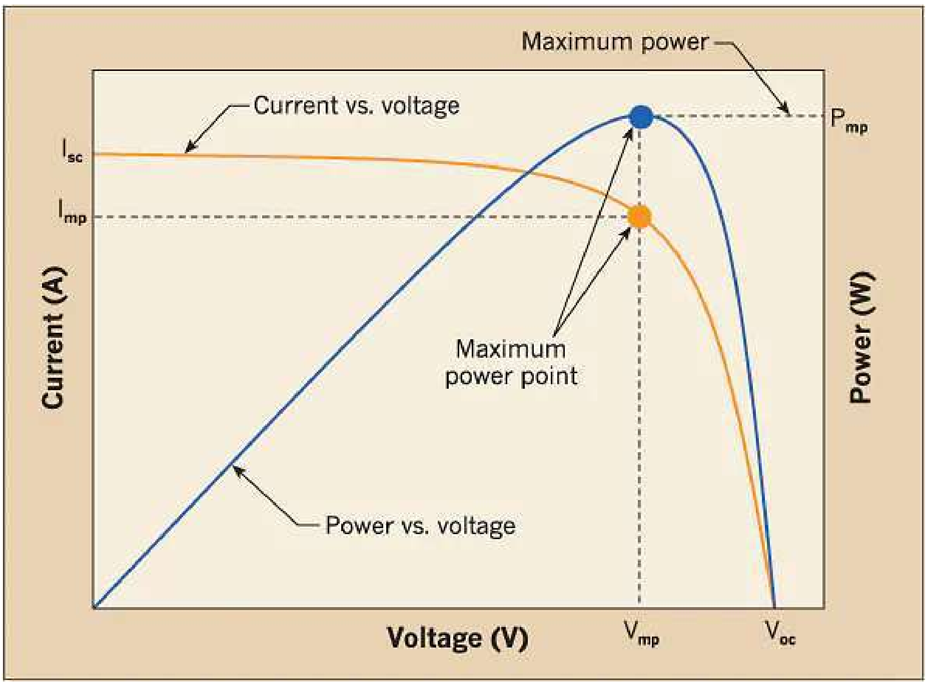


Figure 7 PV Panel IV curve and MPPT Tracking (Mayfield, 2021)

The optimal Vmp and Imp are given in the solar panel datasheet which is specified for the Standard Test Conditions (STC).

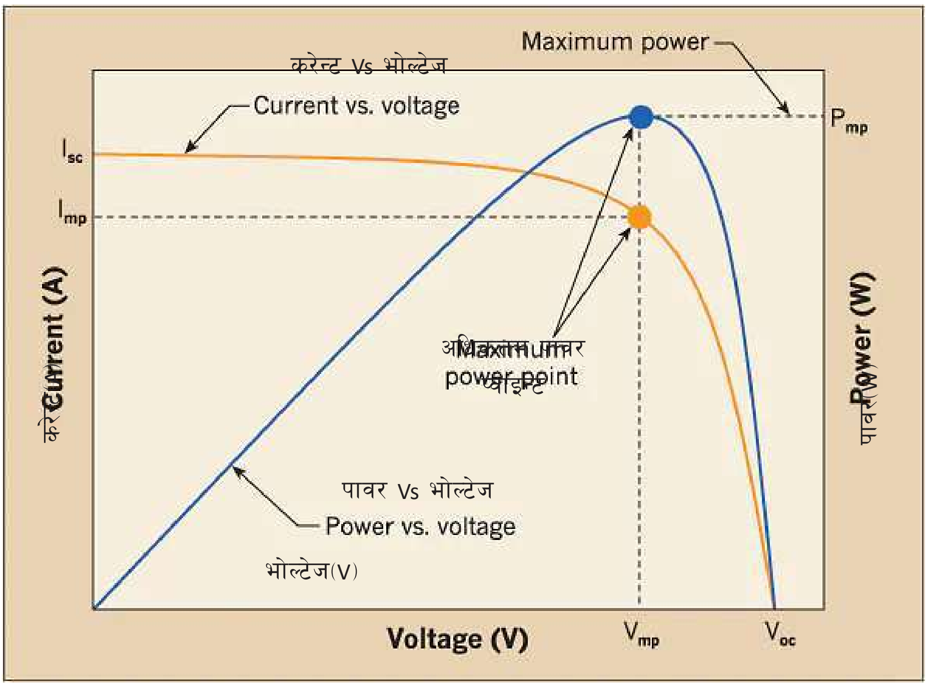
अधिकत्तम पावर पोइन्ट ट्र्याकिङ (एमपिपिटि)

सौर्य प्यानल वा सौर्य एरेको अधिकत्तम पावर बिन्दु भनेको सञ्चालन बिन्दु हो जहाँ सौर्य प्यानल/एरेले कुनै पनि अवस्थामा उपलब्ध अधिकत्तम पावर उत्पादन गर्छ ।

यसैगरी, अधिकत्तम पावर पोइन्ट ट्र्याकिङ (एमपीपीटी) एक एल्गोरिदम हो जसले कुनै पनि समयमा सौर्य प्यानल/एरेको अधिकत्तमपावर पोइन्ट पछ्याउँछ । एमपीपीटी गणितीय प्यानलले आईभी (करेन्ट र भोल्टेज) कर्भलाई पछ्याउँछ र अधिकत्तम पावर उत्पादनगर्न भोल्टेज र करेन्ट समायोजन गर्छ । हामीलाई थाहा छ,

पावर (पी) = करेन्ट (आई) *भोल्टेज (भी)

तलको आईभी कर्भमा, 'निलो' कर्भले पावरको प्रतिनिधित्व गर्छ र 'सुन्तला' रंगको कर्भले भोल्टेज र करेन्टको प्रतिनिधित्व गर्छ । V_{mp} र I_{mp} मा अधिकत्तम पावर निकाल्न सकिन्छ । आईभी कर्भ फरक-फरक विकिरणमा अर्थात दिनको विभिन्न समयमा परिवर्तन भइरहन्छ, र एमपीपीटी एल्गोरिदमले लगातार यस अधिकत्तम बिन्दुलाई पछ्याउने गर्दछ ।



तस्विर ७ पिभी प्यानल आईभी कर्भ र एमपीपीटी ट्र्याकिङ्ग (पदचिह्न) (मेफिल्ड, २०२१)

Vmp र Imp सौर्य प्यानलको डाटाशीटमा दिइएको हुन्छ जुन स्टान्डर्ड टेस्ट कन्डिसनका लागि निर्दिष्ट गरिएको हुन्छ ।

Technical Specifications

Model Number	RI 2000
PV Laminate	Silfab SLA Mono
Maximum Power under STC* (Pmax)	310 Wp
Open Circuit Voltage under STC (Voc)	40.25 V
Maximum Power Point Voltage under STC (Vmpp)	33.05 V
Short Circuit Current under STC (Isc)	9.93 A
Maximum Power Point Current under STC (Impp)	9.38 A
Module Efficiency under STC (ηm)	19.0%
Temperature Correction Factor TC Voc	-0.30%/C

Cells per module	60
Cell type	Monocrystalline
PV Connector Type	PV wire with MC4 compatible
PV Laminate Front	3.2 mm high transmittance, tempered, ar coating
PV Laminate Back	Multi-layer Polymer Backsheet
Frame	Black Powder Coated Aluminum
Weight	44.4 lb. (20.14 kg)
Operating Temperatures	-40 to +185°F (-40 to +85°C)
Design Loading	50 lb./ft² (244 kg/m²) Positive Design Load
Certifications	SLA-M300|M310 UL 1703
Fire Rating	DecoTech™ Frame: UL 2703

c US LISTED UL 2703 PV MOUNTING SYSTEM E485228

*STC: Standard Test Conditions 1000W/m², 25°C, AM 1.5. For additional parameters and certifications, refer to the latest version of the DecoTech™ Application Instructions

Figure 8 Technical Specification of a typical Solar Panel (GAF DecoTech, 2021)

Array Sizing

The solar array sizing results in the total peak Wattage (Wp) provided to meet the demand. During solar array sizing, losses in the generation need to be factored in to obtain the desired power in the system. The average daily peak sun time plays a major role in sizing the PV system. The average daily peak sun hours in Nepal is 4.6 hours (average from SolarGIS GHI map).

Factors that cause losses in solar panel power output are:

- Solar irradiance
- Power loss due to cell temperature
- Nameplate DC Rating
- Diode and Connection loss
- Mismatch losses
- DC and AC Wiring
- Sun-Tracking loss
- Shading losses
- Soiling losses
- Controller loss

Technical Specifications

Model Number	RI 2000
PV Laminate	Silfab SLA Mono
Maximum Power under STC* (Pmax)	310 Wp
Open Circuit Voltage under STC (Voc)	40.25 V
Maximum Power Point Voltage under STC (Vmpp)	33.05 V
Short Circuit Current under STC (Isc)	9.93 A
Maximum Power Point Current under STC (Impp)	9.38 A
Module Efficiency under STC (ηm)	19.0%
Temperature Correction Factor TC Voc	-0.30%/C

Cells per module	60
Cell type	Monocrystalline
PV Connector Type	PV wire with MC4 compatible
PV Laminate Front	3.2 mm high transmittance, tempered, ar coating
PV Laminate Back	Multi-layer Polymer Backsheet
Frame	Black Powder Coated Aluminum
Weight	44.4 lb. (20.14 kg)
Operating Temperatures	-40 to +185°F (-40 to +85°C)
Design Loading	50 lb./ft² (244 kg/m²) Positive Design Load
Certifications	SLA-M300|M310 UL 1703
Fire Rating	DecoTech™ Frame: UL 2703

UL 2703 PV MOUNTING SYSTEM E485228

*STC: Standard Test Conditions 1000W/m², 25°C, AM 1.5. For additional parameters and certifications, refer to the latest version of the DecoTech™ Application Instructions

तस्विर ८ एक विशिष्ट सौर्य प्यानलको प्राविधिक निर्दिष्टिकरण (जीएएफ डेकोटेक, २०२१)

एरे साइजिङ

सौर्य एरे साइजिङले उपलब्ध कुल पीक वाटेज (Wp) को माग आपूर्ति गर्छ । सौर्य एरेको साइजिङ गर्ने क्रममा प्यानलमा वाञ्छित पावर प्राप्त गर्न उत्पादनमा हुने लसलाई ध्यानमा राख्न जरुरी हुन्छ । औसत दैनिक उच्चत्तम सूर्य उदाउने समयले पिभी प्यानलको आकार दिन एक प्रमुख भूमिका निर्वाह गर्छ । नेपालमा औसत दैनिक उच्चत्तम घाम लाग्ने समय ४.६ घण्टा हो ।

सौर्य प्यानलको पावर उत्पादनमा लस ल्याउने कारणहरु :

- सौर्य विकिरणबाट लस
- सेलको तापक्रमले पावरमा लस
- नेमप्लेट डिसी रेटिङ्गबाट भिन्नताले लस
- डायड र जडान लस
- प्यानलहरुको भिन्नताले लस
- डिसी र एसी वायरिङ्ग लस
- सन-ट्रेकिङ्ग लस
- छायाँको कारणले हुने लस
- प्यानलमा धुलोको कारणले हुने लस
- कन्ट्रोलर लस

Additionally, as a general rule of thumb, losses in generation can be taken into account with a factor of 0.6 to 0.7.

The general steps for array sizing are,

- Determine energy demand in Wh (watt-hours)
- Use the following formula to calculate the array size

$$\text{Array size (Wp)} = \frac{(Total\ Energy\ [Wh])}{4.6 * Wp * 0.7}$$

Where,

Wh = Watt-hour (power x time)

4.6 = Total peak sun hours in Nepal

Wp = watt size of modules to be used

0.7 = Losses in modules due to factors like temperature, soiling etc.

Note: This calculation is used for the rule-of-thumb sizing of a solar array. The peak sun hours and losses are specific to the site conditions and components used.

Once the array size has been determined, the arrangement of solar panels in the array i.e. the number of panels in series and parallel must be compatible with the charge controller or the inverter that it will directly connect to. To check this, make sure the array voltage and current are within acceptable limits of the charge controller or the inverter.

त्यस अतिरिक्त, सामान्यतया उत्पादनमा हुने लसलाई ०.६ देखि ०.७ सम्म कारकमा लिन सकिन्छ । एरे साइजिङका लागि सामान्य चरणहरु,

- ऊर्जाको मागलाई वाट-आवरमा निर्धारण गर्ने
- एरेको साइजिङबारे हिसाब गर्न निम्न सूत्र प्रयोग गर्ने

$$\text{एरेको साइज (डब्ल्युपी)} = \frac{\textit{कुल ऊर्जा (वाट-आवर)}}{\textit{४.६* डब्ल्युपी*०.७}}$$

जहाँ,

डब्ल्युएच = वाट-आवर (पावर x समय)

४.६ = नेपालमा उच्च घाम लाग्ने कुल समय

डब्ल्युपी = प्रयोग हुने प्यानलको साइज (एउटा प्यानलको साइज)

०.७ = तापक्रम, धुलो लगायतका कारणले संरचनामा आउने लस

नोटः यो हिसाब सौर्य एरेको अनुमान गर्नको लागि मात्र प्रयोग गरिन्छ । उच्च घाम लाग्ने अवधि र लस स्थलको अवस्था र प्रयोग गरिएको तत्व अनुसार फरक हुन्छ ।

एरेको आकार निर्धारण भइसकेपछि एरेमा सौर्य प्यानलको व्यवस्था अर्थात श्रृंखला (series) र समानान्तर (parallel) प्यानलको संख्या चार्ज कन्ट्रोलर वा इन्भर्टर सँग मिल्नुपर्छ । यसलाई परीक्षण गर्न एरे भोल्टेज र करेन्ट दुबै चार्ज कन्ट्रोलर वा इन्भर्टरको स्वीकार्य सीमा भित्र रहेको सुनिश्चित गर्नुपर्छ ।

Batteries

A battery is an electrochemical device that can store electrical energy in a chemical form. It contains various cells and each cell contains a positive terminal (or cathode) and a negative terminal (or anode). The electrolyte allows the ion to flow between terminals.

The energy produced by the PV array and stored in the battery is used at night when no sunlight is available or when there is minimal sunlight in the daytime.

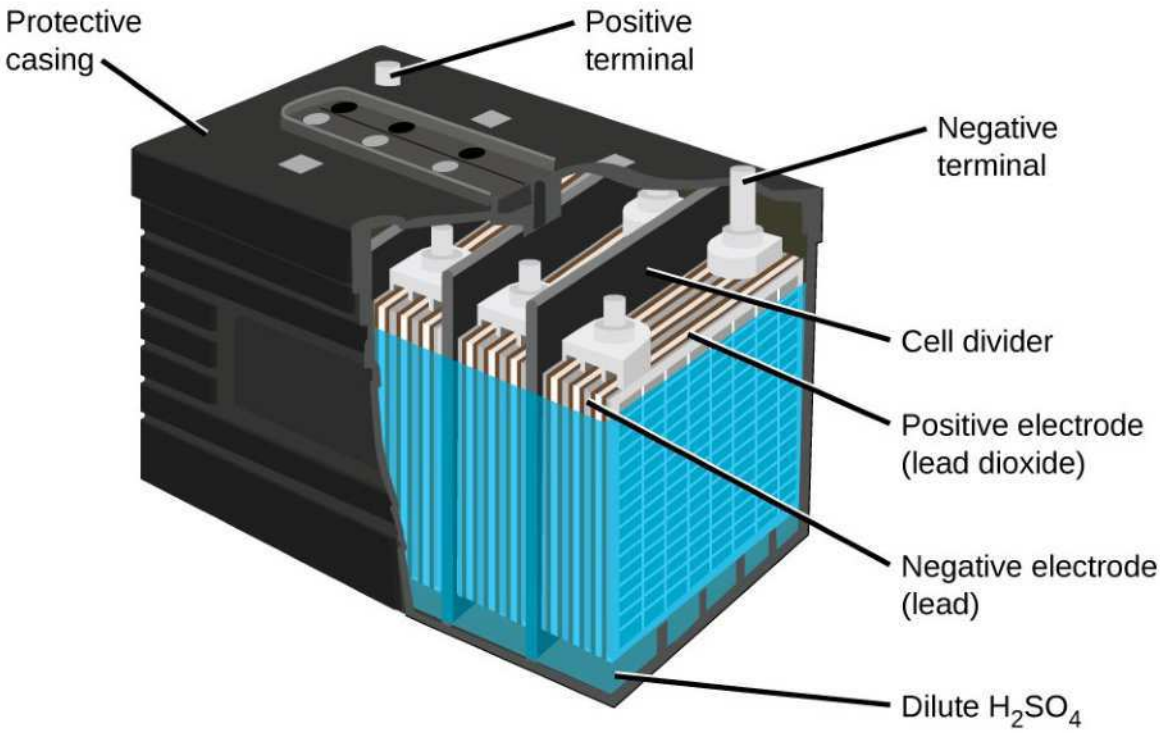


Figure 9 Battery and its components (BCcampus, n.d.)

Types and operation of a battery

Batteries can be categorized as Primary (non-rechargeable) and Secondary (rechargeable) batteries. Primary batteries are not suitable in solar PV applications because the battery needs to be charged and discharged.

There are many types of batteries used in commercial and residential applications. Commonly used batteries in a solar PV system are:

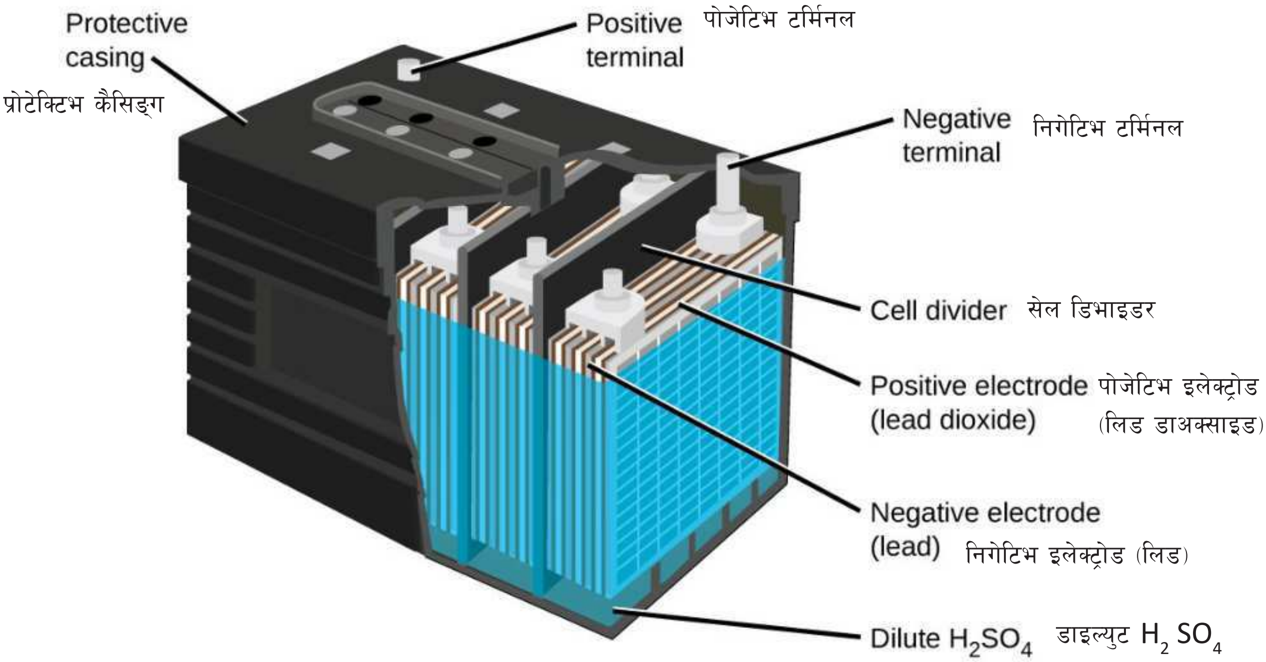
Flooded Lead Acid Battery

In flooded lead-acid batteries, the positive and negative lead plates, which are made of different compositions, are immersed in sulfuric acid solution also known as electrolyte. The voltage of the individual cell is approximately 2V regardless of the cell size. Electricity flows from the battery as soon as there is a circuit between the positive and negative terminals when any load (appliance) that needs electricity is connected to the battery. The flooded lead-acid batteries need frequent maintenance i.e. the electrolyte needs to be topped up with distilled water to maintain the desired electrolyte level inside the battery. The condition of the battery can be checked using a hydrometer which measures the specific gravity of the electrolyte.

ब्याट्रीहरु

ब्याट्री एक इलेक्ट्रोकेमिकल उपकरण हो जसले विद्युत ऊर्जालाई रसायनिक रुपमा भण्डार गर्न सक्छ । यसमा अनेकौं सेलहरु हुन्छन् र प्रत्येक सेलमा पोजिटिभ टर्मिनल (cathode) र नेगेटिभ टर्मिनल (anode) समावेश हुन्छ । इलेक्ट्रोलाइटले आयन (ion) लाई टर्मिनलहरुबीच प्रवाह गर्न अनुमति दिन्छ ।

पिभी एरेले उत्पादन गरी ब्याट्रीमा भण्डारण गरेको ऊर्जा राति सूर्यको प्रकाश नभएको बेला वा दिनको समयमा सूर्यको प्रकाश अत्यन्तै थोरै रहेको बेला प्रयोग गरिन्छ ।



तस्विर ९ ब्याट्री र यसका तत्वहरु (बीसी क्याम्पस, एन.डी.)

ब्याट्रीको प्रकार र सञ्चालन

ब्याट्रीलाई प्राथमिक (चार्ज गर्न हुने) र माध्यमिक (चार्ज गर्न नहुने) गरी वर्गीकरण गर्न सकिन्छ। प्राथमिक ब्याट्री सौर्य पिभीमा उपयुक्त हुन्न किनभने ब्याट्रीलाई चार्ज र डिस्चार्ज गर्न आवश्यक हुन्छ ।

घरायशी र व्यवसायिक प्रयोजनका लागि विभिन्न प्रकारका ब्याट्रीहरुको प्रयोग गरिन्छ । सौर्य पिभी प्यानलमा साधारणतया प्रयोग गरिने ब्याट्रीहरु निम्न प्रकारका हुन्छन् :

फ्लडेड लिड एसिड ब्याट्री

फ्लडेड लिड एसिड ब्याट्रीमा विभिन्न संरचनाले बनेका पोजिटिभ र नेगेटिभ लिड प्लेटहरुलाई सल्फ्युरिकएसिड (जसलाई इलेक्ट्रोलाइट पनि भनिन्छ) भित्र डुबाइन्छ । सेलको आकारलाई वास्ता नगरे एकल सेलको भोल्टेज करिब २ भोल्टको हुन्छ । विद्युतको आवश्यक हुने कुनै उपकरणलाई ब्याट्रीसँग जोड्दा पोजिटिभ र नेगेटिभ टर्मिनलको बीचमापरिपथ तयार हुन्छ जसले गर्दा ब्याट्रीबाट बिजुली प्रवाह हुन्छ । फ्लडेड लिड-एसिड ब्याट्रीलाई नियमित मर्मत आवश्यक हुन्छ अर्थात् ब्याट्रीभित्र आवश्यक इलेक्ट्रोलाइटको स्तर कायम राख्न इलेक्ट्रोलाइटलाई डिस्टिल्ड वाटर आवश्यकता अनुसार थपी राख्नुपर्छ । ब्याट्रीको अवस्था हाइड्रोमिटरको प्रयोग गरेर परीक्षण गर्न सकिन्छ जसले इलेक्ट्रोलाइटको विशिष्ट गुरुत्वाकषर्ण (स्पेसिफिक ग्राभीटि) नाप्छ ।

VLRA battery

VRLA battery (Valve-Regulated Lead-Acid battery), is a maintenance-free lead-acid rechargeable battery. Being maintenance-free and not requiring frequent distil water top-up, they can be used in applications where frequent maintenance and monitoring can be a challenge (for example, in remote locations). However, they do require cleaning and functional testing.

AGM battery

AGM batteries (absorbed glass mat) are a type of sealed, or valve-regulated lead-acid battery, the electrolyte in an AGM battery is absorbed in glass mats which are sandwiched in layers between the plates. The battery is completely sealed and individual cell conditions cannot be checked with a hydrometer. Vents prevent pressure build-up in case of gassing. These require lower voltage charge controls and have a life expectancy of 2-5 years and 5-10 years for higher quality gel cell batteries.

Nickel-Cadmium Batteries

Nickel-Cadmium batteries consist of positive electrodes made from nickel-hydroxide ($Ni(OH)_2$) and negative electrodes made from cadmium (Cd) and immersed in an alkaline potassium hydroxide (KOH) electrolyte solution. These batteries have a long life, low maintenance, survivability from excessive discharges, excellent low-temperature capacity retention, and non-critical voltage regulation requirements which makes them suitable for solar application. But the high cost and limited availability are the main disadvantages of these batteries.

Lithium-ion batteries

Lithium-ion (Li-ion) batteries have electrodes made of lightweight lithium and carbon. These batteries can be easily used in place of traditional lead-acid batteries and Nickel-Cadmium batteries. Li-ion batteries have higher energy density and higher efficiency compared to lead-acid batteries and can last for more than 10 years. The main disadvantage of Li-ion is that it is relatively expensive than lead-acid and Nickel-Cadmium batteries.

Battery bank sizing and Calculations

For calculating the battery sizing, the AC energy consumption can be converted in DC by dividing AC energy consumption by inverter efficiency. The considerations for battery sizing are autonomy days (number of days requiring back-up in case of low/no PV generation), depth of discharge (DoD), the efficiency of the battery, and the system voltage at which the battery is configured.

The general formula to calculate the battery bank is,

$$Ah = \frac{(Wh * DoA)}{(Vs * DoD * Losses)}$$

भीआरएलए ब्याट्री

भीआरएलए ब्याट्री (भल्भ-रेगुलेटेड लिड-एसिड ब्याट्री), एक मर्मतरहित लिड-एसिड जुन पुर्नचार्ज गर्न सक्ने ब्याट्री हो । मर्मत गर्न नपर्ने र बारम्बार डिस्टिल्ड वाटर माथिबाट राख्न आवश्यक नपर्ने हुनाले नियमित मर्मत र अनुगमन चुनौतीपूर्ण हुने स्थानमा प्रयोगगर्न सकिन्छ (उदाहरणका लागि दुगर्म क्षेत्रमा) । यद्दपी तिनीहरुको सफाइ र कार्यात्मक क्षमता परीक्षण जरुरी हुन्छ ।

एजीएम ब्याट्री

एजीएम ब्याट्री (एब्जर्ब्ड ग्लास म्याट) एक प्रकारले बन्द गरिएको, वा भल्भ-नियन्त्रित लिड-एसिड ब्याट्री हो, एजीएम ब्याट्रीमा रहेको इलेक्ट्रोलाइट ग्लास म्याटमा भिजाइन्छ जुन प्लेट्सको तहको बीचमा लेपन गरिन्छ। सेललाई हाइड्रोमिटरले परीक्षण गर्न नसक्ने गरी ब्याट्रीहरु पूर्णरुपमा सिल गरिन्छ। भेन्टस्ले ग्याँस भरिएको अवस्थामा दबाब (चाप) नियन्त्रण गर्छ। यिनीहरुलाई कम भोल्टेजको चार्ज नियन्त्रण आवश्यक हुन्छ र यसको दुईदेखि पाँच वर्ष आयु हुन्छ। उच्च गुणस्तरको जेल सेल ब्याट्रीहरु जडान भए पाँचदेखि दश वर्ष आयु हुने अपेक्षा गरिएको छ ।

निकेल क्याडमियम ब्याट्री

निकेल-क्याडमियम ब्याट्रीहरुमा positive इलेक्ट्रोड्स निकेल हाइड्रोक्साइड (Ni(OH)) बाट र negative इलेक्ट्रोड्स (cd) बाट बनेको हुन्छ जसलाई अल्कलाइन पोटासियम हाइड्रोक्साइड (KOH) को इलेक्ट्रोलाइट मिश्रणमा डुबाइन्छ । यी ब्याट्रीहरुको आयु लामो हुन्छ, कम मर्मत गर्नुपर्छ, अत्याधिक डिस्चार्जबाट बच्ने क्षमता, उत्कृष्ट कम तापमान धारण क्षमता र जोखिमरहीत भोल्टेज नियमन हुन्छ जसले सौर्य उर्जाको प्रयोगका लागि उपयुक्त बनाउँछ। उच्च लागत मूल्य र सीमित उपलब्धता भने यी ब्याट्रीहरुको मुख्यबेफाइदाहरु छन् ।

लिथियम-आयोन ब्याट्री

लिथियम-आयोन ब्याट्रीहरुको इलेक्ट्रोडहरु कम वजन भएको लिथियम र कार्बनबाट बनेका हुन्छन् । यी ब्याट्रीहरु परम्परागत् लिड-एसिड ब्याट्रीहरु र निकेल क्याडमियम ब्याट्रीहरुको स्थानमा प्रयोग गर्न सकिन्छ। लिथियम-आयोन ब्याट्रीहरुको लिड एसिड र निकेल क्याडमियम ब्याट्रीहरुको तुलनामा उच्च ऊर्जा घनत्व र उच्च कार्यक्षमता हुन्छ र यसको आयु दशवर्षभन्दा माथि हुन्छ। लिड एसिड र निकेल क्याडमियमभन्दा तुलनात्मक रुपमा बढी महँगो हुनु लि-आयोन ब्याट्रीको प्रमुख बेफाइदा हो ।

ब्याट्री बैंक साइजिङ र गणना

ब्याट्रीको साइजिङ्ग गणना गर्न, एसी ऊर्जा खपतलाई डिसीमा रुपान्तरण गर्न सकिन्छ। एसी ऊर्जा खपतलाई इन्भर्टरको पावर दक्षताले भाग गरेर डिसीमा हिसाव गर्न सकिन्छ ।

ब्याट्री बैङ्क गणना गर्ने सामान्य सूत्र,

$$\text{ब्याट्रीको Ah (एएच)} = \frac{\textit{Wh (डब्ल्यु एच) * DoA (डीए)}}{\textit{Vs (भी) * DoD (डीडी) * Losses (लस)}}$$

Where,

Ah is the Battery size in Ampere hour

Wh is the total energy requirement (Watt-hour)

DoA is the days of autonomy (generally 1.5 for hybrid systems (provision for grid charging, 2 for stand-alone)

V_S is the system voltage (12V, 24V, 48V, etc.)

DoD is the depth of discharge (0.8 for 80% discharge)

To meet the battery bank size, batteries are configured in series and parallel. The total battery bank size (Ah) is divided by battery Ampere-Hour (Ah) which gives a total number of batteries in parallel. The number of batteries in series can be calculated by dividing the system voltage by individual battery voltage. The total number of batteries required is the product of the number of batteries in parallel and the number of batteries in series.

If a single battery cannot deliver the required current, multiple batteries should be connected in parallel to meet the required current. The number of batteries to be connected in parallel can be calculated by the following equation,

$$NBp = \frac{\text{Required battery capacity}}{\text{Individual battery capacity}}$$

To obtain the desired system voltage, the number of batteries in series has to be increased. This can be calculated by the following equation,

$$NBs = \frac{\text{Nominal System Voltage}}{\text{Nominal Battery Voltage}}$$

The total number of batteries in the battery bank can be calculated as

$$Nt = NBp * NBs$$

For example, let the total DC energy generated by the solar array be 4,500Wh and this energy must be stored in the battery bank. Being an off-grid system, the autonomy days is 2 days, the depth of discharge is 80%, system efficiency is 80% and system voltage is 48V. Then

Battery Bank Size = (4,500*2) / (0.8*0.8*48)

= 292.96Ah

Let us use a 12V battery of 150Ah. The number of battery required in parallel is

= 292.96/150

= 1.95 or, ~ 2 nos. of 150Ah batteries

Number of the battery connected in series

= 48V/12V = 4 nos.

Hence total number of batteries = 4 x 2 = 8 nos.

जहाँ,

Ah एम्पियर घण्टामा ब्याट्रीको आकार हो

Wh कुल ऊर्जा आवश्यकता (वाट-आवर (पावर x समय))

DoA भनेको ब्याट्रीले एक्लै लोड धान्न सक्ने दिन हो । विद्युतबाट पनि चार्ज हुने भए १.५ दिन लिने तर सोलारबाट मात्रै चार्ज हुने भए २ दिन लिने ।

Vs प्यानलको भोल्टोज हो (१२ भोल्ट, २४ भोल्ट, ४८ भोल्ट आदि ।)

DoD भनेको ब्याट्रीको कुल क्षमतामा कति सम्म डिस्चार्ज गर्ने गहिराइ हो (०.८ का लागि ८० प्रतिशत डिस्चार्ज)

ब्याट्री बैङ्क आकार पूरा गर्न, ब्याट्रीलाई सिरिज वा प्यारालल राख्नुपर्छ । ब्याट्री बैङ्कको कुल आकार (ए एच) लाई ब्याट्री एम्पियर-घण्टाले भाग गर्नुपर्छ, जसले समानान्तरमा लगाइएको कुल ब्याट्रीको प्यारालल संख्या दिन्छ । सिरिजमा लगाइएको ब्याट्रीको संख्या गणना गर्न सिस्टमको भोल्टेजलाई प्रत्येक ब्याट्रीको भोल्टेजले भाग लगाउनुपर्छ । आवश्यक कुल ब्याट्रीको संख्या निकाल्न प्यारालल र सिरिजमा लगाइएको ब्याट्रीलाई गुणन गरिन्छ ।

यदि एउटा एकल ब्याट्रीले आवश्यक करेन्ट प्रवाह गर्न सकेन भने प्यारालल क्रम थप ब्याट्रीहरु जडान गर्नुपर्छ । प्याराललमा जडान गर्नुपर्ने ब्याट्रीको संख्या निकाल्न तलको समीकरण प्रयोग गर्नुपर्छ,

$$NB_p \text{ (एन बीपी)} = \frac{\text{आवश्यक ब्याट्री क्षमता}}{\text{प्रति ब्याट्री क्षमता}}$$

प्रणालीमा अपेक्षित भोल्टेज प्राप्त गर्न, सिरिजमा लगाइएको ब्याट्रीको संख्या वृद्धि गर्नुपर्छ, जुन निम्न समीकरणबाट निकाल्न सकिन्छ ।

$$NB_s \text{ (एन बीएस)} = \frac{\text{आवश्यक सिस्टम भोल्टेज}}{\text{आवश्यक ब्याट्री भोल्टेज}}$$

ब्याट्री बैङ्कमा रहेको ब्याट्रीको कुल संख्या यसरी निकाल्न सकिन्छ :

$$N_t \text{ (एनटी)} = NB_p \text{ (एन बीपी)} * NB_s \text{ (एन बीएस)}$$

उदाहरणका लागि, सौर्य एरेले उत्पादन गरेको कुल डिसी ऊर्जा ४,५००Wh छ र यो ऊर्जा ब्याट्री बैङ्कमा भण्डारण गर्नुपर्छ । अफ ग्रिड प्यानल भएकोले आत्मनिर्भर दिन दुई दिन हुन आउँछ, डिस्चार्जको गहिराइ ८० प्रतिशत हो । सिस्टमको कार्यक्षमता ८० प्रतिशत र प्यानल भोल्टेज ४८ भोल्ट छ । तब,

ब्याट्री बैङ्क आकार = (४५००*२)/(०.८*०.८*४८)

= २९२. ९६Ah

एउटा १२ भोल्टको ब्याट्रीको १५० Ah प्रयोग गरौं । समानान्तरमा आवश्यक ब्याट्री संख्या

= २९२.९६/१५०

= १.९५ वा, १५० Ah s का ~२ वटा ब्याट्री

श्रृंखलामा जडान गरिने ब्याट्रीको संख्या

= 48V/12V = 4 nos. (४८ भोल्ट/१२ भोल्ट = ४ वटा)

यसरी ब्याट्रीको कुल संख्या = 4 x 2 = 8 nos. (४ x२ = ८ वटा)

Battery Cable Connections

The cables that connect batteries play an important part in the performance of the battery bank. Selecting the correct size (diameter) and length of cable is important for the overall system efficiency. Cables that are too small or unnecessarily long will result in power loss and increased resistance.

When connecting batteries in series and parallel, the cable length interconnecting each battery and to the charge controller or inverter should be of equal length. This ensures that the cable resistance in the positive and negative terminal is the same which allows the battery bank to be uniformly charged.

Figure 10 Battery cable connection (National Luna, 2021)

All cables in the solar PV system should meet the voltage and current (ampacity), voltage loss, and current loss requirements of the system. For example, the battery cable size (cross-sectional area) and its ampacity (rated current carrying capacity) should be able to carry the maximum current that the cable should be able to carry during charging and discharging.

ब्याट्रीको तार जडान

ब्याट्रीमा जोडिएको तारहरुले ब्याट्री बैङ्कको सञ्चालनमा महत्वपूर्ण भूमिका निर्वाह गर्छ। आकार (ब्यास) र तारको लम्बाइ सही चयन गर्नु सिस्टमको समग्र कार्य क्षमताका लागि महत्वपूर्ण हुन्छ। आकारमा एकदमै सानो रहेको तार वा अनावश्यक लामो तारले पावर लस निम्ताउन सक्छ र प्रतिरोध वृद्धि गर्छ।

ब्याट्रीलाई सिरिज वा प्याराललमा जडान गर्दा प्रत्येक ब्याट्री, चार्ज कन्ट्रोलर वा इन्भर्टरसँगको अन्तरजडित तार समान लम्बाइको हुनुपर्छ। यसले पोजिटिभ र नेगेटिभ टर्मिनलमा तारको प्रतिरोध समान रहेको सुनिश्चित गर्छ जसले ब्याट्री बैङ्कलाईएकनाशले चार्ज हुन सहयोग पुर्याउँछ।

तस्विर १० ब्याट्रीमा तार जडान (नेशनल लुना, २०२१)

सौर्य पिभी प्यानलका सबै तारहरुले भोल्टेज र करेन्ट (एम्पिसिटी), भोल्टेज लस, र प्यानलको करेन्ट लसको आवश्यकतालाई पूरा गर्नुपर्छ। उदाहरणका लागि, ब्याट्रीको तारको आकार (क्रस सेक्शनल एरिया) र यसको एम्पिसिटी (अङ्कित करेन्ट वहन क्षमता) ले चार्ज भइरहँदा र डिस्चार्ज भएको बेला अधिकत्तम करेन्ट वहन गर्न सक्ने हुनुपर्छ।

Series Connection

Batteries are connected in series to add the voltages of individual batteries. The positive terminal of each battery is connected to the negative terminal of the following one. Finally, the negative terminal of the first battery and the positive terminal of the last battery is taken as the output.

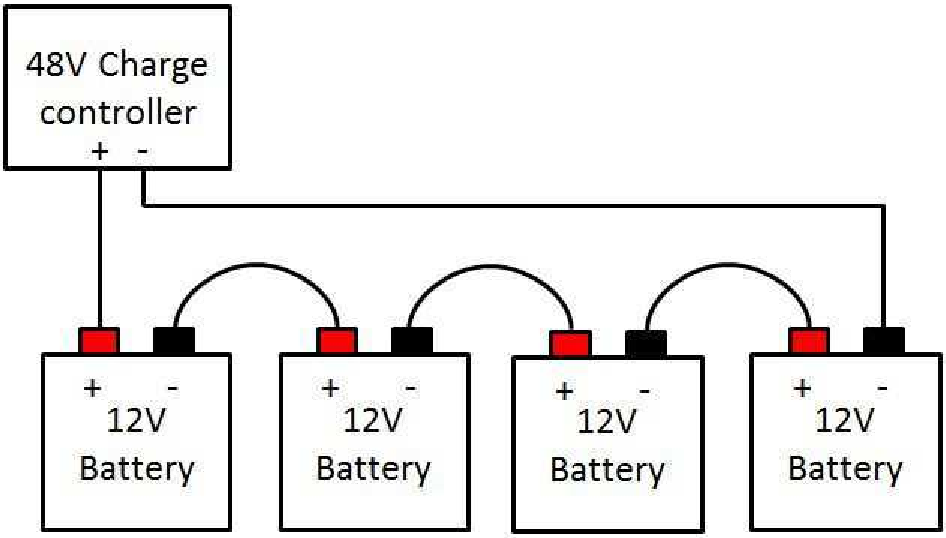


Figure 11 Batteries in Series (Newenergyco, 2021)

Parallel Connection

Parallel coupling involves connecting the positive terminals of multiple batteries together and the same with the negative terminals of multiple batteries. This type of arrangement is used to increase the capacity of the battery bank while maintaining the nominal voltage constant.

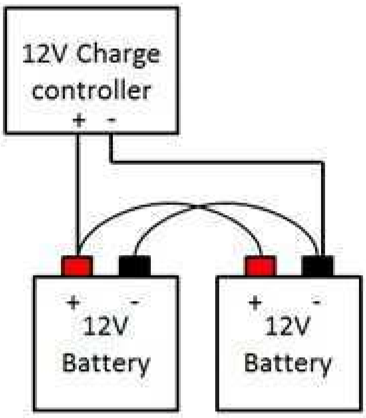
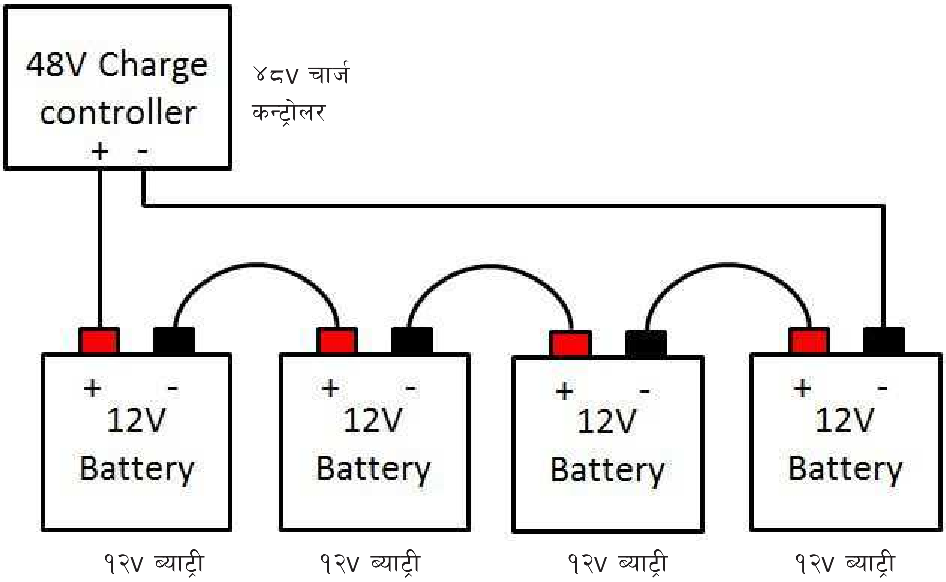


Figure 12 Parallel connection (Newenergyco, 2021)

सिरीज जडान

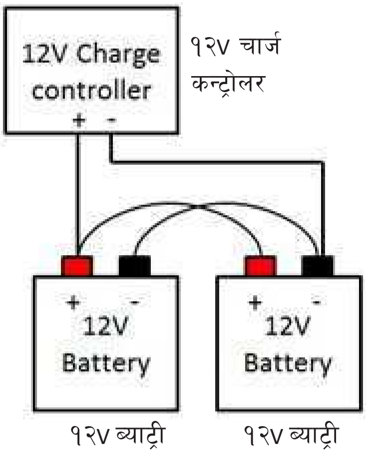
प्रत्येक ब्याट्री बैंकको भोल्टेज बढाउन ब्याट्रीहरु सिरिजमा जडान गरिन्छ। पोजिटिभ टर्मिनल प्रत्येक ब्याट्रीको नेगेटिभ टर्मिनलसँग जोडिन्छ। अन्त्यमा, पहिलो ब्याट्रीको नेगेटिभ टर्मिनल र अन्तिम ब्याट्रीको पोजिटिभ टर्मिनललाई आउटपुटको रुपमा लिइन्छ।



तस्विर ११ सिरिजमा ब्याट्रीहरु (नेवेर्नेजिको, २०२१)

प्यारालल जडान

प्यारालल कप्लिङ्गमा सबै ब्याट्रीहरुको पोजिटिभ टर्मिनलहरु एकसाथ जोड्ने र सबै ब्याट्रीहरुको नेगेटिभ टर्मिनलहरु एकसाथ जडिन्छ। यसप्रकारको व्यवस्था ब्याट्री बैङ्कको क्षमता बढाउनका लागि उच्च भोल्टेज स्थिर राख्न प्रयोग गरिन्छ।



तस्विर १२ प्यारालल जडान (नेवेनेर्जिको, २०२१)

Series/Parallel Connection

A combination of series and parallel connections is required if you need, for example, a 24V battery set using a 12V individual battery and a higher capacity.

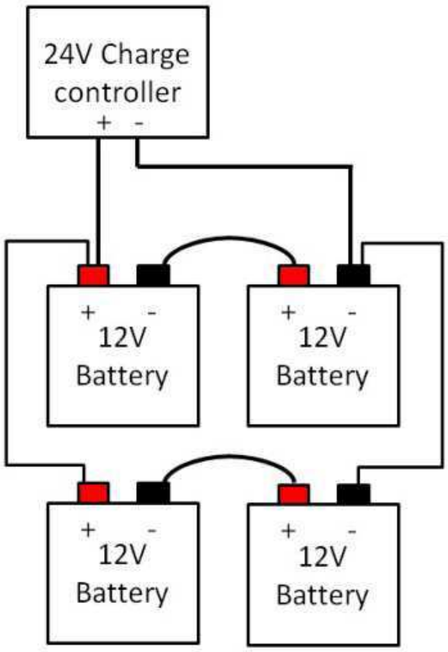


Figure 13 Series / Parallel Connection (Newenergyco, 2021)

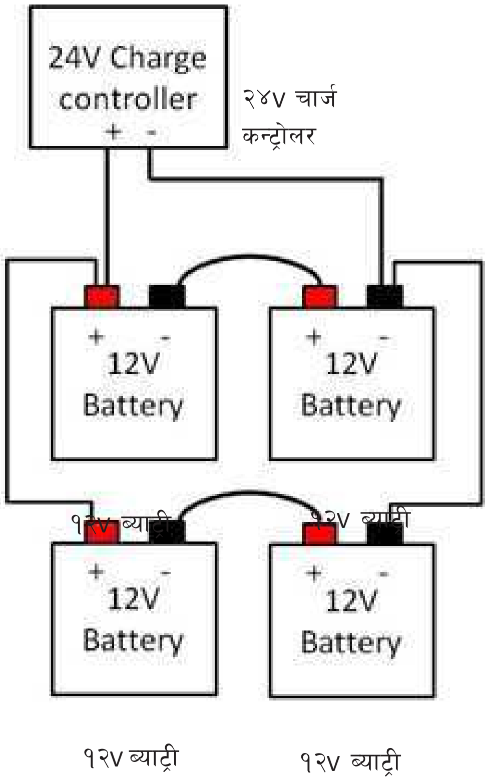
Specification

Some typical terms used to describe batteries in the market are given below as an example only,

- 12V Flooded Lead Acid Battery: capacity ranging from 10Ah to 200Ah
- 2V Flooded Lead Acid Battery: capacity ranging from 200Ah to 3,800Ah
- 12V VRLA GEL Tubular: capacity ranging from 100Ah to 200Ah
- 2V VRLA GEL Tubular: capacity ranging from 200Ah to 4,200Ah

सिरीज/प्यारालल जडान

सिरीज र प्यारालल जडानको संयोजन तपाईलाई त्यतिबेला आवश्यक पर्छ जब १२ भोल्ट भन्दा माथि भोल्ट र बढि क्षमता चाहिन्छ।



तस्विर १३ सिरिज/प्यारालल्को जडान (नेवेनेर्जिको, २०२१)

निर्दिष्टिकरण

बजारमा ब्याट्रीहरु वर्णन गर्न प्रयोग गरिएका केही सामान्य शब्दहरु उदाहरणका रुपमा तल दिइएका छन् :

- १२ भोल्ट फ्लडेड लिड एसिड ब्याट्री : १0Ah देखि २०० Ah सम्मको क्षमता
- २ भोल्ट फ्लडेड लिड एसिड ब्याट्री : २०० Ah देखि ३,८०० Ah सम्मको क्षमता
- १२ भोल्ट भीआरएलए जेल ट्युबलर : १०० Ah देखि २०० Ah सम्मको क्षमता
- २ भोल्ट भीआरएलए जेल ट्युबलर : २०० Ah देखि ४,२०० Ah सम्मको क्षमता

Example of battery specification

Note: The following technical specifications are obtained from Exide Solar Batteries[1].

TECHNICAL SPECIFICATIONS :

Type of Battery	Nominal Voltage (V)	Capacity @C10 upto 1.75 v.p.c at 27°C (Ah)	Battery Weight with Gel ± 5% (kg)	Overall Dimension		
				Length ± 5 mm	Width ± 5 mm	Height ± 5 mm
6SGL26	12	26	13	197	165	170
6SGL40	12	40	22	354	169	230
6SGL65	12	65	26	354	169	230
6SGL75	12	75	38	531	170	258
6SGL100	12	100	44	531	170	258
6SGL120	12	120	48	531	170	258
6SGL150	12	150	64	533	250	240
6SGL200	12	200	84	428	287	400

Type of Battery	Nominal Voltage (V)	Capacity @C10 upto 1.75 v.p.c at 27°C (Ah)	Module Dimension				
			Voltage (V)	Length ± 5mm	Width ± 5mm	Height ± 5mm	Weight ± 5mm
SG200	2	200	16	709	268	365	121
SG300	2	300	8	717	200	520	115
SG400	2	400	8	717	200	520	124
SG450	2	450	8	717	200	520	137
SG500	2	500	8	717	200	520	149
SG600	2	600	8	717	248	520	178
SG800	2	800	4	386	262	690	124
SG1000	2	1000	4	386	278	687	144

RECHARGING CHARACTERISTICS DURING OPERATIONS :

	Low Maintenance Flooded Tubular Ranges	Tubular GEL VRLA Sealed Ranges
	Recommended Parameters For ambient temperature of 25°- 30°C	
Charging Current	Maximum - 20% of the battery Ah capacity Minimum - 10% of the battery AH capacity	
Bulk Voltage	2.60 +/- 0.02V x no. of cells	2.40 +/- 0.02V x no. of cells
Float Voltage	2.30 +/- 0.02V x no. of cells	2.28 +/- 0.02V x no. of cells
Load Reconnect Voltage	2.16 +/- 0.02V x no. of cells	2.20 +/- 0.02V x no. of cells
Low Voltage Disconnect	1.90 +/- 0.02V x no. of cells	1.90 +/- 0.02V x no. of cells
Recharge Factor	110% of discharge Ah	106% of discharge Ah
Temperature Correction Factor (reference 25°C)	Float : -3mV/°C/2V unit Cyclic : -5mV/°C/2V unit	

Figure 14 Example of technical specification of a battery

Charge Controller

A charge controller regulates the energy from the solar array and charges the battery bank. It is similar to the voltage regulator and regulates the voltage and current from the solar panels to safely charge the battery bank.

Battery life reduces drastically due to overcharging and deep discharging hence it is necessary to protect the battery from being overcharged or deeply discharged. The primary purpose of the charge controller is to prevent the battery from overcharging and deep discharging.

1 https://docs.exideindustries.com/pdf/products/solar-batteries/solar-all-product-catalogue.pdf, Accessed 2021, November, 25

ब्याट्री निर्दिष्टिकरण (स्पेसिफिकेशन) का उदाहरणहरु

नोटः एक्साइड सौर्य ब्याट्रीबाट निम्न बमोजिमका प्राविधिक निर्दिष्टिकरण प्राप्त गरिएको छ।[1]

TECHNICAL SPECIFICATIONS :

Type of Battery	Nominal Voltage (V)	Capacity @C10 upto 1.75 v.p.c at 27°C (Ah)	Battery Weight with Gel ± 5% (kg)	Overall Dimension		
				Length ± 5 mm	Width ± 5 mm	Height ± 5 mm
6SGL26	12	26	13	197	165	170
6SGL40	12	40	22	354	169	230
6SGL65	12	65	26	354	169	230
6SGL75	12	75	38	531	170	258
6SGL100	12	100	44	531	170	258
6SGL120	12	120	48	531	170	258
6SGL150	12	150	64	533	250	240
6SGL200	12	200	84	428	287	400

Type of Battery	Nominal Voltage (V)	Capacity @C10 upto 1.75 v.p.c at 27°C (Ah)	Module Dimension				
			Voltage (V)	Length ± 5mm	Width ± 5mm	Height ± 5mm	Weight ± 5mm
SG200	2	200	16	709	268	365	121
SG300	2	300	8	717	200	520	115
SG400	2	400	8	717	200	520	124
SG450	2	450	8	717	200	520	137
SG500	2	500	8	717	200	520	149
SG600	2	600	8	717	248	520	178
SG800	2	800	4	386	262	690	124
SG1000	2	1000	4	386	278	687	144

RECHARGING CHARACTERISTICS DURING OPERATIONS :

	Low Maintenance Flooded Tubular Ranges	Tubular GEL VRLA Sealed Ranges
	Recommended Parameters For ambient temperature of 25°- 30°C	
Charging Current	Maximum - 20% of the battery Ah capacity Minimum - 10% of the battery AH capacity	
Bulk Voltage	2.60 +/- 0.02V x no. of cells	2.40 +/- 0.02V x no. of cells
Float Voltage	2.30 +/- 0.02V x no. of cells	2.28 +/- 0.02V x no. of cells
Load Reconnect Voltage	2.16 +/- 0.02V x no. of cells	2.20 +/- 0.02V x no. of cells
Low Voltage Disconnect	1.90 +/- 0.02V x no. of cells	1.90 +/- 0.02V x no. of cells
Recharge Factor	110% of discharge Ah	106% of discharge Ah
Temperature Correction Factor (reference 25°C)	Float : -3mV/°C/2V unit Cyclic : -5mV/°C/2V unit	

तस्विर १४ ब्याट्रीको प्राविधिक निर्दिष्टिकरणको उदाहरण

चार्ज कन्ट्रोलर

एउटा चार्ज कन्ट्रोलरले सौर्य एरेबाट आएको ऊर्जालाई नियन्त्रण र ब्याट्री बैङ्कलाई चार्ज गर्छ। यो भोल्टेज रेग्युलेटर जस्तै हो र ब्याट्री बैङ्कलाई सुरक्षित चार्ज गर्न सौर्य प्यानलबाट आएको भोल्टेज तथा करेन्टको नियन्त्रण गर्छ।

आवश्यकताभन्दा बढी चार्ज गर्दा र रित्तिने गरी डिस्चार्ज गरिनुले ब्याट्रीको आयु घटाउँछ त्यसैले ब्याट्रीलाई यी दुवै अवस्थाबाट जोगाउन आवश्यक हुन जान्छ। चार्ज कन्ट्रोलरको मुख्य उद्देश्य ब्याट्रीलाई अत्याधिक चार्ज र रित्तिने गरी डिस्चार्ज हुने अवस्थाबाट रोक्नु हो।

1 https://docs.exideindustries.com/pdf/products/solar-batteries/solar-all-product-catalogue.pdf, Accessed 2021, November, 25

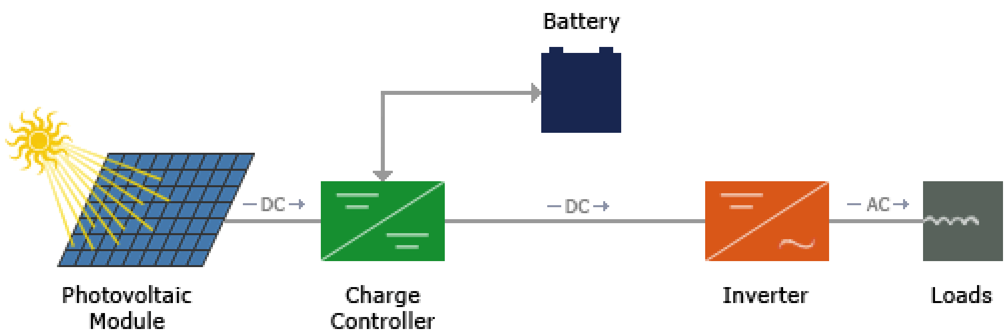


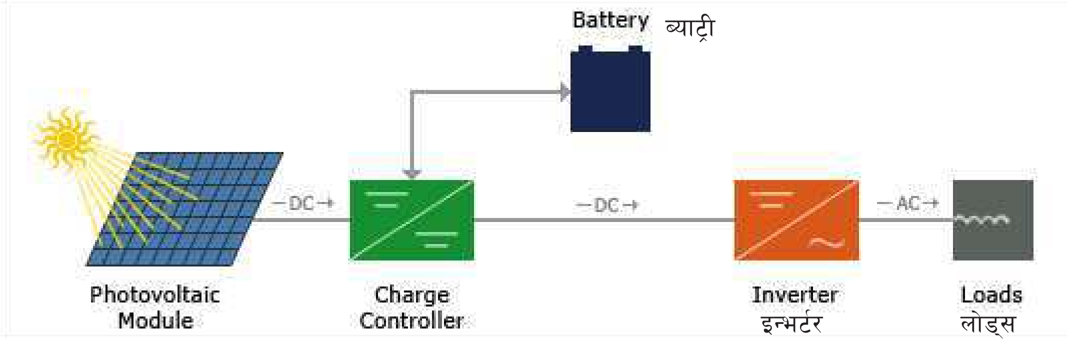
Figure 15 PV System with a Charge controller (Synergy, 2021)

The charge controller takes battery voltage as a reference to determine its state of charge and stops charging when the battery bank voltage has reached its high level. The charge controller resumes charging when the battery bank voltage drops as it powers the load. The following tashowse of the battery status during charging and discharging.

The following table shows the state of charge of a nominal 12V battery at different battery voltages.

Note: The following table is for general reference only and does not apply to all batteries.

Battery voltage (volts)	State of charge
Above 13V	100%
12V	67%
11V	34%
Below 10V	1%



तस्विर १५ एउटा चार्ज कन्ट्रोलरसहितको पिभी प्यानल (सिनर्जी, २०२१)

चार्ज कन्ट्रोलरले ब्याट्री भोल्टेजलाई यसको चार्जको अवस्था निर्धारण गर्ने सन्दर्भको रुपमा लिन्छ र ब्याट्री बैङ्क भोल्टेज उच्च स्तरमा पुग्दा चार्ज गर्न रोक्छ। ब्याट्री बैङ्क भोल्टेज घटेपछि चार्ज कन्ट्रोलरले चार्ज गर्न पुनः सुरु गर्छ। तलको तालिकाले चार्ज हुने क्रममा र डिस्चार्ज भएको बेला ब्याट्रीको अवस्थाको उदाहरण बताउँछ।

तलको तालिकाले विभिन्न ब्याट्री भोल्टेजमा सामान्य १२ भोल्टको ब्याट्रीको चार्जको अवस्था देखाउँछ।

नोट : तलको तालिका सामान्य सन्दर्भका लागि मात्रै उपयुक्त छन् र सबै ब्याट्रीका लागि लागू हुन्न।

ब्याट्री भोल्टेज (भोल्ट्स)	चार्जको अवस्था
१३ भोल्टमाथि	१०० %
१२ भोल्ट	६७%
११ भोल्ट	३४%
१० भोल्ट मुनि	१ %

Types of Charge Controller

Generally, there are two types of charge controllers in use: **non-MPPT charge controller and MPPT charge controller.**

Non-MPPT Charge Controller

Non-MPPT charge controller operates by making a direct connection from the solar panel to the batteries, and thus, the solar array voltage is referenced to the battery voltage. The battery voltage adjusts slightly depending on the current generated by the panel and the characteristics of the batteries. Generally, the non-MPPT charge controller rarely operates at the V_{MAX} of the solar panel, potential energy is being wasted that could otherwise be used to better charge the battery bank and maintain system power. The greater the difference between battery voltage and the V_{MAX} of the panel, the more energy is wasted and reduces the efficiency of the system.

MPPT Charge Controller

A Maximum Power Point Tracker (MPPT) is an electronic DC to DC converter that maximizes the available power from the solar panels at any instance by optimizing the charging voltage and current between the solar panels and the battery bank. Generally, it can provide a power gain of up to 33% compared to non-MPPT controllers.

Charge Controller Features

Following are some important features of a charge controller:

- Electronic blocking (to protect against reverse polarity connection of PV panel and block current from the battery to PV panel when the battery is overcharged),
- Rated charging/load current,
- PWM Charging with 3-stage Charge Control (to allow the battery to be left unattended for long period),
- User adjustable charge control settings for different types of batteries,
- User Adjustable Low Voltage Disconnect and Low Voltage Reconnect,
- Built-In Microprocessor for PV charge control to maximize the charging efficiency, overcharge and over-discharge protection
- Over-temperature protection,
- Short-circuit protection at load terminal & battery reverse polarity protection at battery connection terminal,
- Informative LCD Display and tri-color LED indication of system and battery conditions, optional temperature sensor for compensated battery charging,
- Optional remote signal terminal.

चार्ज कन्ट्रोलरको प्रकारहरु

साधारणतया, दुई प्रकारका चार्ज कन्ट्रोलरहरु प्रयोगमा छन् : **गैर-एमपीपीटी चार्ज कन्ट्रोलर** र **एमपीपीटी चार्ज कन्ट्रोलर** ।

गैर-एमपीपीटी चार्ज कन्ट्रोलर (एमपीमीटी नभएको)

गैर-एमपीपीटी चार्ज कन्ट्रोलर सौर्य प्यानलको ब्याट्रीसँग प्रत्यक्ष जडान भएर सञ्चालन हुन्छ र यसप्रकार, सौर्य एरे भोल्टेजको सन्दर्भ ब्याट्री भोल्टेजलाई मानिन्छ । ब्याट्री भोल्टेज, प्यानलद्वारा उत्पन्न करेन्ट र ब्याट्रीको विशेषताहरुमा निर्भर भई सन्तुलित हुन्छ । साधारणतया, गैर-एमपीपीटी चार्ज कन्ट्रोलरले सौर्य प्यानलको Vmax मा विरलै काम गर्छ, खेर गइरहेको सम्भावित ऊर्जा ब्याट्री बैङ्कलाई राम्रोसँग चार्ज गर्न रप्यानलको पावर कायम राख्न प्रयोग गर्न सकिन्छ । ब्याट्री भोल्टेज र प्यानलको भीम्याक्स बीचको भिन्नता जति बढी भयो त्यति नैऊर्जा खेर जान्छ र प्यानलको कार्यक्षमता कम हुन्छ ।

एमपीपीटी चार्ज कन्ट्रोलर

एउटा अधिकत्तम पावर प्वाइन्ट ट्र्याकर (एमपीपीटी) एक विद्युतीय डिसीबाट डिसी रुपान्तरक हो जसले कुनै समय सौर्य प्यानलबाट उपलब्ध पावरलाई सौर्य प्यानल र ब्याट्री बैङ्कको बीचमा चार्जिङ्ग भोल्टेज र करेन्टलाई अनुकूल बनाएर अधिकत्तम बनाउँछ । साधारणतया, यसले गैर एमपीपीटी कन्ट्रोलरको अपेक्षा ३३ प्रतिशतसम्म पावर लाभ गराउन सक्छ ।

चार्ज कन्ट्रोलरका विशेषताहरु

चार्ज कन्ट्रोलरका निम्न महत्वपूर्ण विशेषताहरु छन् :

- इलेक्ट्रोनिक अवरोध (पिभी प्यानलको उल्टो ध्रुवीय (Polarity) जडानबाट जोगाउन र ब्याट्री ओभरचार्ज हुँदा ब्याट्रीबाट पिभी प्यानलमा प्रवाह रोक्न),
- चार्ज/करेन्ट लोड मूल्याङ्कन गर्छ,
- तीन चरणमा चार्ज नियन्त्रण गर्नुका साथै पीएमडब्ल्यु चार्जिङ्ग (ब्याट्रीलाई लामो अवधिका लागि ध्यान नदिई उपेक्षित गर्न अनुमति दिन),
- विभिन्न प्रकारका ब्याट्रिका लागि यूजर एडजस्टेबल चार्ज कन्ट्रोल सेटिङ्ग,
- कम भोल्टेजमा विच्छेदन र कम भोल्टेजमा पुनः जडान गर्न प्रयोगकर्तालाई समायोज्य,
- माइक्रोप्रोसेसरमा निर्मित भएकोले चार्जिङ्ग क्षमता, ओभरचार्ज र ओभर-डिस्चार्ज अधिकत्तम बनाउन पिभी चार्ज नियन्त्रणमा सुरक्षित राख्छ,
- अधिकत्तम तापक्रमबाट सुरक्षा,
- लोड ध्रुव (terminal) मा सर्ट सर्किट सुरक्षा र ब्याट्री जडान ध्रुव (terminal) मा ब्याट्री उल्टो ध्रुवीय (Reverse Polarity) सुरक्षा,
- सूचनात्मकन एलसीडी डिस्प्ले र प्यानल एवम् ब्याट्रीको अवस्थाको त्रिरङ्गीय एलइडी संकेत, ब्याट्री चार्जिङ्गका लागि क्षतिपूर्तियुक्त वैकल्पिक तापमान सेन्सर,
- वैकल्पिक रिमोट संकेत ध्रुव ।

Specification of Charge Controller

If maximum charging capacity is only a factor to be considered, the MPPT charge controller is the best choice. Normally, specifying a PV charge controller depends on site conditions, system components, size of the panel and load, and finally the cost for a particular solar power system. MPPT charge controllers are relatively more costly than non-MPPT charge controllers.

The below table shows an example technical specification of a Xantrex charge controller[2].

ELECTRICAL DATA

CHARGE CONTROLLER	30A
Part Number	710-3024-01
Nominal System Voltage	12/24V Auto-Detect
Rated Charge Current	Battery 1: 30A Battery 2: 1A
Battery Voltage Range	8 to 32V
Max. PV Open Circuit Voltage	100V
MPP Voltage Range	(Battery voltage + 2V) up to 72V
Max. PV Input Power	12V: 390W 24V: 780W
Battery Types Supported*	Battery 1 (House): Lead-acid battery (Sealed(AGM) / Gel / Flooded) Lithium Iron Phosphate ($LiFePO_4$) Battery 2 (Starter): Lead-acid battery (Sealed(AGM) / Gel / Flooded)
Self-consumption	12V: 17mA 24V: 10mA
Temperature Compensation Coefficient	-3mV/°C/2V
Grounding	Common negative

*Battery 1 and Battery 2 can be different battery chemistries, but must be the same nominal voltage (12V or 24V)

ENVIRONMENTAL DATA

CHARGE CONTROLLER	30A
Storage Temperature Range	-20°C to 70°C
Operating Temperature Range	-25°C to 45°C (fully-rated output)
Relative Humidity	≤95%, N.C.
Enclosure Protection	IP33

MECHANICAL DATA

CHARGE CONTROLLER	30A
Dimensions	5.91" W X 9.92" H X 2.64" D (165.0mm W X 251.9 mm H x 67.0 mm D)
Net Weight	2.9 lbs / 1.3 kg
Max. Cable Size (PV Array and Battery 1)	0.63in² (16mm²) / 6AWG
Recommended Cable Size (PV Array and Battery 1)	0.24in² (6mm²) / 10AWG or higher
Max. Cable Size (Battery 2)	0.16in² (4mm²) / 12AWG
Recommended Cable Size (Battery 2)	0.04in² (1mm²) / 18AWG or higher

Figure 16 Example technical specification of a charge controller

2 http://www.xantrex.com/documents/Solar/20191122_XantrexSolar_MPPT_ChargeController2019.pdf, Accessed 2021, December, 1

चार्ज कन्ट्रोलरको निर्दिष्टिकरण

यदी अधिकत्तम चार्जिङ्ग क्षमता एउटा मात्रै कारक रहेको मानिन्छ भने, एमपीपीटी चार्ज कन्ट्रोलर सबैभन्दा उत्कृष्ट छनौट हो । सामान्यतया, पिभी चार्ज कन्ट्रोलर विशिष्टिकृत गर्नु स्थलको अवस्था, प्रणालीका कम्पोनेन्ट, प्यानलको आकार र लोड, र अन्त्यमा विशेष सौर्य उर्जा प्रणालीको मूल्यमा निर्भर हुन्छ । एमपीपीटी चार्ज कन्ट्रोलरहरु एमपीपीटी नभएको चार्ज कन्ट्रोलर भन्दा महँगो हुन्छ ।

उदाहरणका लागि तलको तालिकाले जेन्ट्रेक्सको चार्ज कन्ट्रोलरको प्राविधिक निर्दिष्टिकरण दर्शाउछ[2]

ELECTRICAL DATA

CHARGE CONTROLLER	30A
Part Number	710-3024-01
Nominal System Voltage	12/24V Auto-Detect
Rated Charge Current	Battery 1: 30A Battery 2: 1A
Battery Voltage Range	8 to 32V
Max. PV Open Circuit Voltage	100V
MPP Voltage Range	(Battery voltage + 2V) up to 72V
Max. PV Input Power	12V: 390W 24V: 780W
Battery Types Supported*	Battery 1 (House): Lead-acid battery (Sealed(AGM) / Gel / Flooded) Lithium Iron Phosphate ($LiFePO_4$) Battery 2 (Starter): Lead-acid battery (Sealed(AGM) / Gel / Flooded)
Self-consumption	12V: 17mA 24V: 10mA
Temperature Compensation Coefficient	-3mV/°C/2V
Grounding	Common negative

*Battery 1 and Battery 2 can be different battery chemistries, but must be the same nominal voltage (12V or 24V)

ENVIRONMENTAL DATA

CHARGE CONTROLLER	30A
Storage Temperature Range	-20°C to 70°C
Operating Temperature Range	-25°C to 45°C (fully-rated output)
Relative Humidity	≤95%, N.C.
Enclosure Protection	IP33

MECHANICAL DATA

CHARGE CONTROLLER	30A
Dimensions	5.91" W X 9.92" H X 2.64" D (165.0mm W X 251.9 mm H x 67.0 mm D)
Net Weight	2.9 lbs / 1.3 kg
Max. Cable Size (PV Array and Battery 1)	0.63in² (16mm²) / 6AWG
Recommended Cable Size (PV Array and Battery 1)	0.24in² (6mm²) / 10AWG or higher
Max. Cable Size (Battery 2)	0.16in² (4mm²) / 12AWG
Recommended Cable Size (Battery 2)	0.04in² (1mm²) / 18AWG or higher

तस्विर १६ एउटा चार्ज कन्ट्रोलरको प्राविधिक निर्दिष्टिकरण सहितको उदाहरण

2 http://www.xantrex.com/documents/Solar/20191122_XantrexSolar_MPPT_ChargeController2019.pdf, Accessed 2021, December, 1

Sizing a Charge Controller

The charge controller sizing involves the following formula and in this step, calculate the short circuit current of PV module and then charge controller minimum power current:

*Charge Controller Size= Isc*N*Safety Factor*

Where,

I_{SC} is the short circuit current of the solar array

N is the number of modules connected in parallel

Safety Factor can be taken to be 1.25 for non-MPPT and 1.33 for MPPT

Note: This is a general sizing method only. Safety factors are specific to site requirements.

Next, the input voltage range of the charge controller must accept the solar array configuration voltage.

चार्ज कन्ट्रोलरको साइजिङ

चार्ज कन्ट्रोलरको आकारीकरणमा निम्न सूत्र समावेश हुन्छ। यस प्रकृयामा पिभी संरचनाको छोटो परिपथ (शर्ट सर्किट) करेन्टको गणना गर्नुहोस् र त्यसपछि चार्ज कन्ट्रोलरको न्युनत्तम पावर करेन्ट गणना गर्नुहोस् :

चार्ज कन्ट्रोलर आकार = Isc * N * सुरक्षा कारक

जहाँ,

'Isc' सौर्य सरणीको सर्ट सर्किट करेन्ट हो

'N' प्याराललमा जडान गरिएको सौर्य प्यानलहरुको संख्या हो

सुरक्षा कारक एमपीपीटी नभएका लागि १.२५ र एमपीपीटीका लागि १.३३ लिन सकिन्छ ।

नोटः यो एउटा साधारण आकारिकरण प्रकृया हो । सुरक्षा कारकहरु स्थल (साइट) को आवश्यकता बमोजिम विशिष्ट हुन्छ ।

चार्ज कन्ट्रोलरको इन्पुट भोल्टेज दायराले सौर्य एरेको भोल्टेजलाई स्वीकार गर्नुपर्छ ।

Inverter

An inverter converts the direct current (DC) into alternating current (AC). It allows the use of ordinary AC-powered equipment. Generally, inverters use the principle of Pulse Width Modulation (PWM) to produce output, which may be a variable voltage or variable frequency supply.

DC CURRENT ⟶ **INVERTER** ⟶ **AC CURRENT**

Types of Inverters

Off-Grid Inverter

Off-grid inverters are used in a stand-alone system intended to operate independently of the electricity grid. A general schematic of the off-grid system with an inverter is shown below.

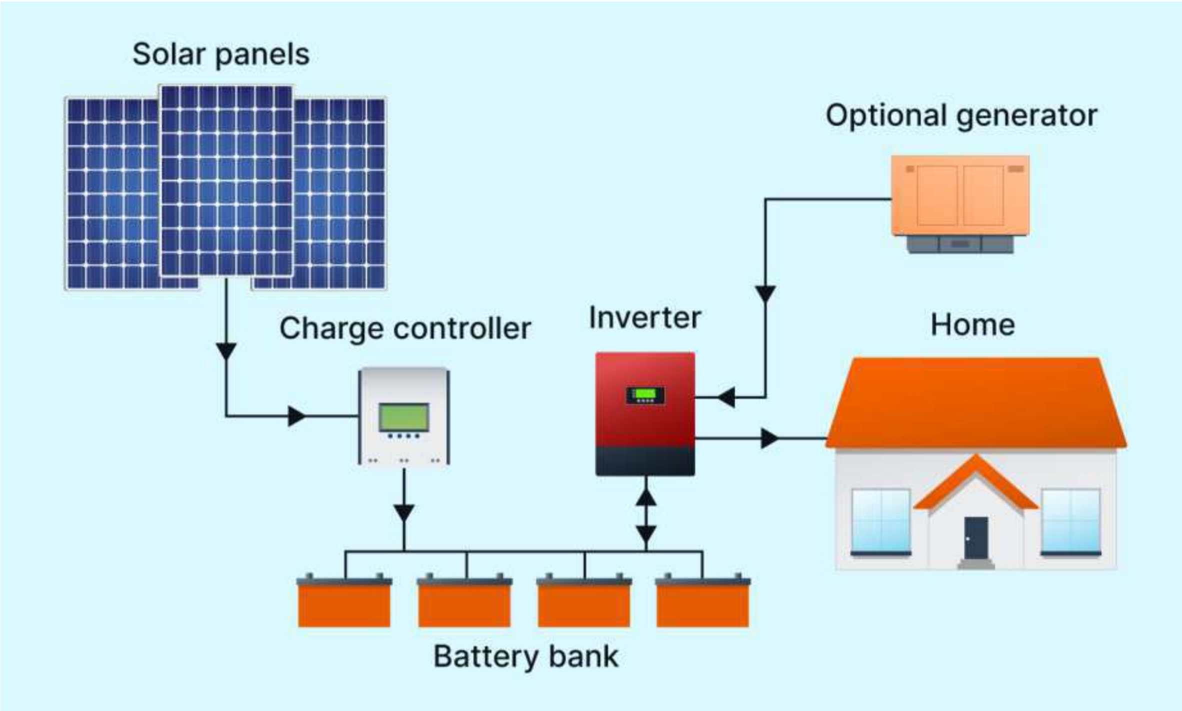


Figure 17 Schematic of off-grid system with inverter (Solarreviews, 2021)

Hybrid inverter

Hybrid Inverters are sometimes referred to as multi-mode inverters, which is an inverter that can simultaneously manage inputs from both solar panels and a battery bank, charging batteries with either solar array or the electricity grid.

इन्भर्टर

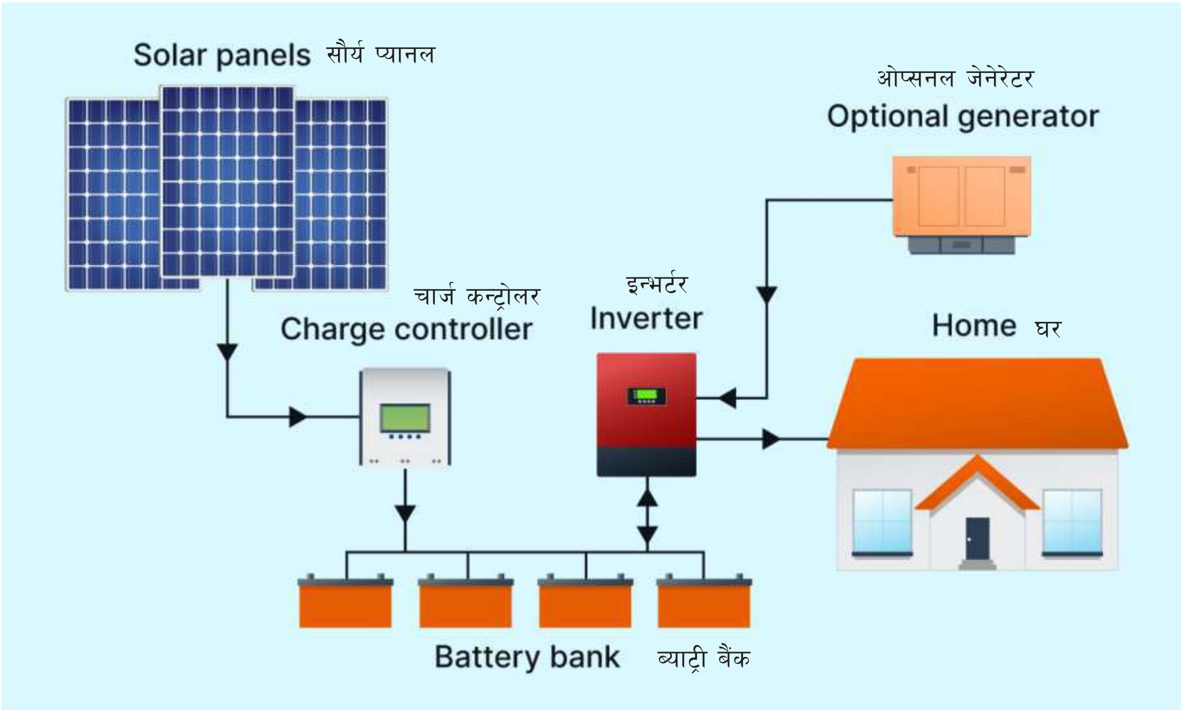
इन्भर्टरले डाइरेक्ट करेन्ट (डिसी) लाई अल्टरनेटिङ करेन्ट (एसी) मा रुपान्तरण गर्छ। यसले साधारण एसी-सञ्चालित उपकरणको उपयोगलाई अनुमति दिन्छ। साधारणतया, इन्भर्टरहरुले आउटपुट उत्पादन गर्न 'पल्स विड्थ मोड्युलेशन' (पीएमडब्ल्यु) सिद्धान्त प्रयोग गर्छ, जुन एउटा परिवर्तनशील भोल्टेज अथवा परिवर्तनशील आवृत्ति (फ्रिक्वेन्सी) हुन सक्छ।

डिसी करेन्ट ⟶ **इन्भर्टर** ⟶ **एसी करेन्ट**

इन्भर्टरका प्रकारहरु

अफ-ग्रिड इन्भर्टर

अफ-ग्रिड इन्भर्टरको प्रयोग विद्युत ग्रिडबाट स्वतन्त्र रुपले सञ्चालित गर्ने उद्देश्यले एक स्ट्यान्ड-अलोन प्रणालीमा प्रयोग गरिन्छ। इन्भर्टरसँगै अफ-ग्रिड प्यानलको सामान्य योजना तल देखाइएको छ।



तस्विर १७ इन्भर्टरसँगै अफ-ग्रिड प्यानलको सामान्य योजना (सोलार रिभ्युज, २०२१)

हाइब्रिड इन्भर्टर

हाइब्रिड इन्भर्टरहरुलाई कहिलेकाहिं बहु-मोड इन्भर्टरहरु भनिन्छ, जसले सौर्य प्यानलहरु र ब्याट्री बैङ्क दुवैबाट इन्पुटहरु व्यवस्थापन गर्न सक्छ, या त सौर्य एरे वा विद्युत ग्रिडबाट ब्याट्रीहरु चार्ज गर्छ।

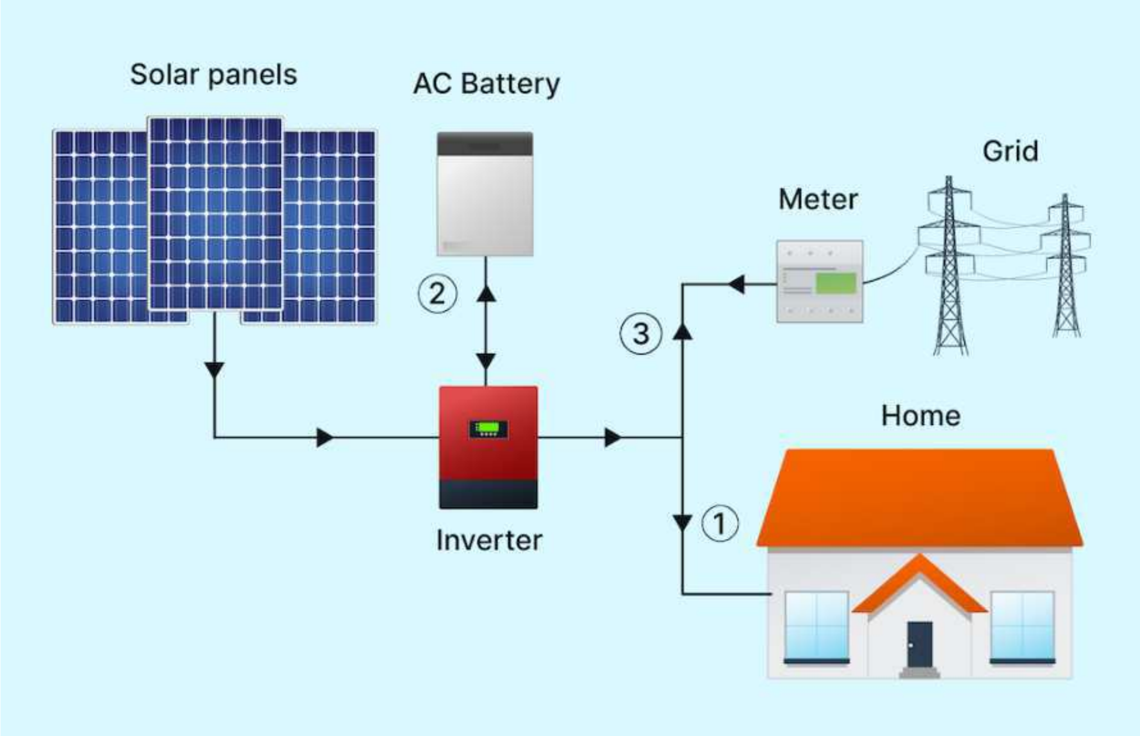


Figure 18 Schematic of Hybrid Inverter (Solarreviews, 2021)

Grid-tied inverter

Grid tied-inverter converts direct current (DC) from the solar array into alternating current (AC) that can be directly injected into the power grid. For reference, the single-phase voltage and frequency standard in Nepal is 230V RMS at 50Hz. In this system, energy from the solar array is used for self-consumption (residential or commercial applications) and any excess or deficit energy is exported or imported from the electricity grid.

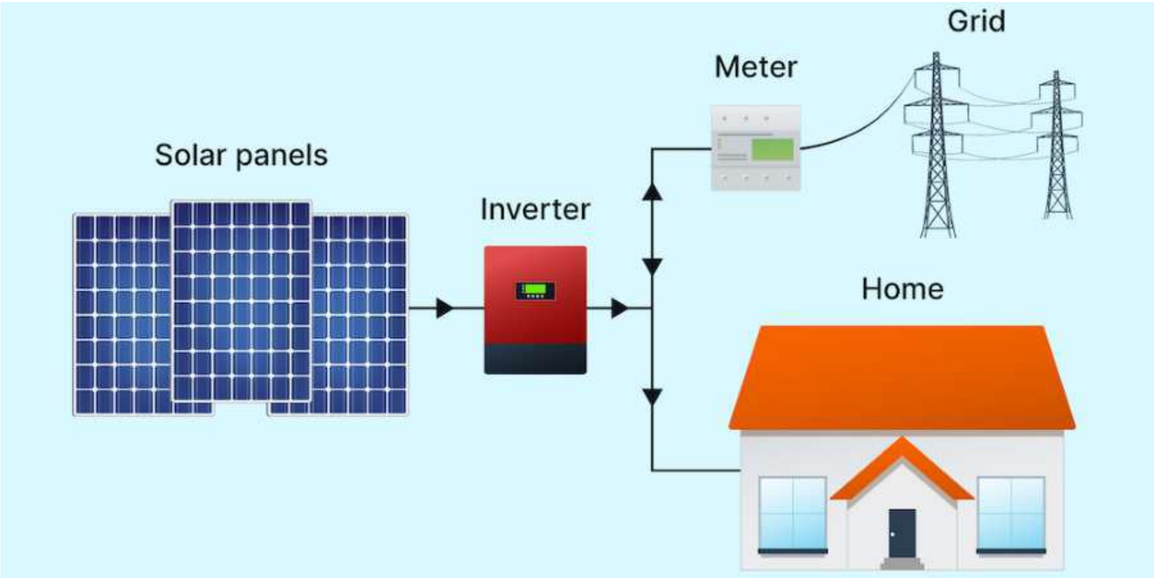
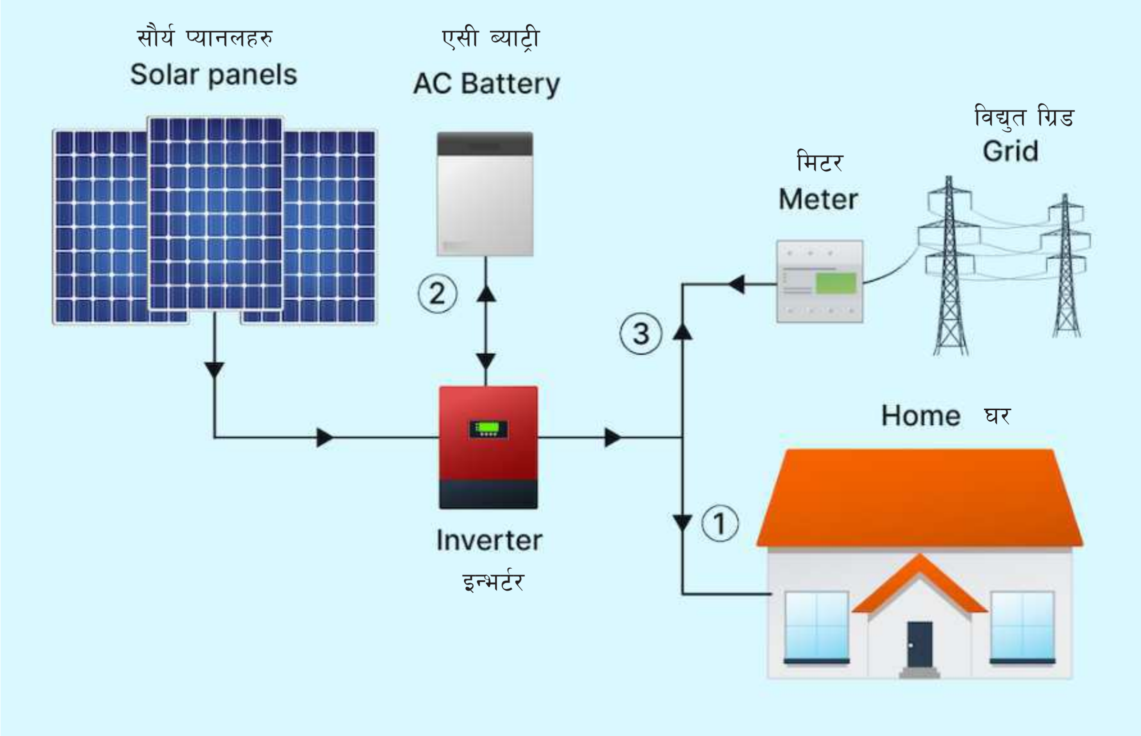


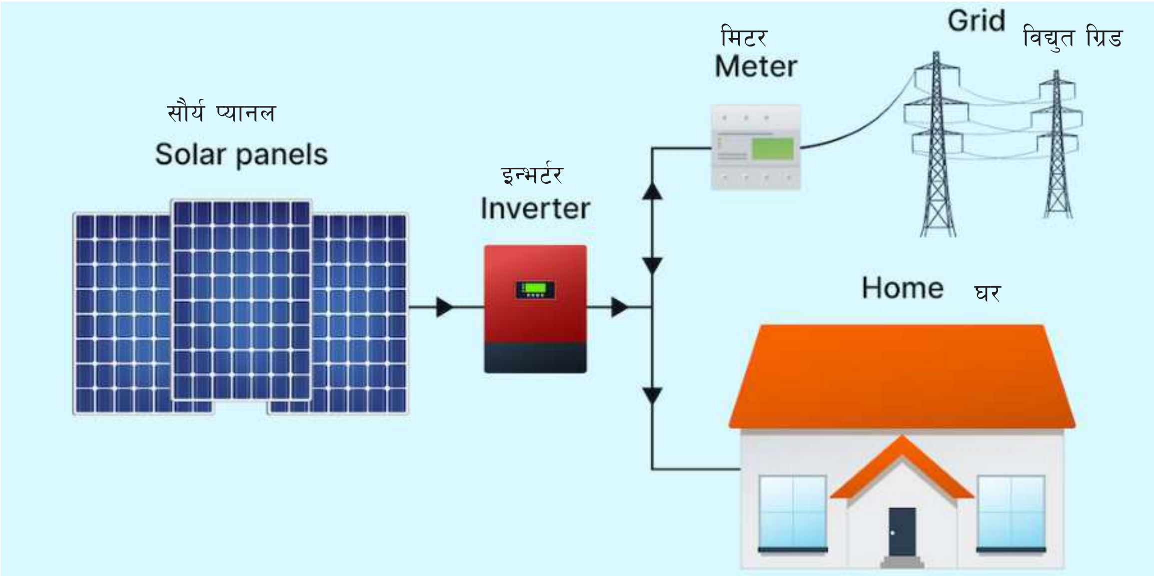
Figure 19 Schematic of Grid-tied power inverter (Solarreviews, 2021)



तस्विर १८ हाइब्रिड इन्भर्टरका सामान्य योजना (सोलार रिभ्युज, २०२१)

ग्रिड-टाइड इन्भर्टर

ग्रिड-टाइड इन्भर्टरले सौर्य एरेबाट आएको डाइरेक्ट करेन्ट (डिसी) लाई अल्टरनेटिङ करेन्ट (एसी) मा रुपान्तरण गर्छ जुन विद्युत ग्रिडमा सिधै जोड्न सकिन्छ । सन्दर्भको लागि, नेपालमा एकल-फेज भोल्टेज र फ्रिक्वेन्सी मानक 50Hz मा 230V RMS हो । यस प्रणालीमा, सौर्य एरेबाट आएको ऊर्जालाई स्व-खपतमा प्रयोग गरिन्छ (आवासीय वा व्यवसायिक उपयोग) र कुनै पनि अतिरिक्त वा घटी हुने ऊर्जालाई विद्युत ग्रिडबाट निर्यात वा आयात गरिन्छ ।



तस्विर १९ ग्रिड-टाइड इन्भर्टरको सामान्य योजना (सोलार रिभ्युज, २०२१)

Inverter Sizing

The sizing of the inverter can be done using the formula below. The DC voltage input for the inverter must be compatible with the charge controller and the battery bank.

Inverter (Watt/ kVA) = Total power (W) X safety factor

Where,

Total Power = Peak instantaneous power of the load

Safety Factor = 1.25 (as general reference)

Note: This is a general sizing method only. Safety factors are specific to site requirements.

Specification of an inverter

The important features of inverters for solar PV applications are:

- Nominal input voltage of DC
- Nominal output voltage of 230V AC (single-phase), or 400V AC (three-phase)
- Designed rating
- Optimally suited range
- Peak efficiency factor of > 98%
- Module and its importance
- MPPT range
- Programming facility
- Positioning functionality
- Display of monitored current and voltage
- Compact solution based on overall space and cost
- Data monitoring/ remote control via Ethernet/network integration/vector control etc.

इन्भर्टरको साइजिङ

इन्भर्टरको आकार निर्धारण तलको सूत्र प्रयोग गरेर गर्न सकिन्छ । इन्भर्टरका लागि डिसी भोल्टेज इन्पुट चार्ज कन्ट्रोलर र ब्याट्री बैङ्कसँग मेल खाने हुनुपर्छ ।

इन्भर्टर (Watt/ kVA) = कुल पावर (W) X सेफ्टी फ्याक्टर

जहाँ,

कुल पावर (Total Power) = लोडको तात्कालिक पावर

सेफ्टी फ्याक्टर (Safety Factor) = १.२५ (सामान्य सन्दर्भका लागि)

इन्भर्टरको निर्दिष्टिकरण

सौर्य पिभी उपयोगका लागि इन्भर्टरको महत्वपूर्ण विशेषताहरु :

- डिसीको नोमिनल इन्पुट भोल्टेज
- एसी सिंगल फेजका लागि नोमिनल भोल्टेज २३० भोल्ट वा ४०० भोल्ट एसीका लागि (तीन फेज)
- डिजाइन गरिएको रेटिंग
- उपयुक्त उत्कृष्ट दायरा
- उच्चत्तम पावर दक्षता >९८ प्रतिशत बढी
- प्यानल र यसको महत्व
- एमपीपीटी (MPPT) दायरा
- प्रोग्रामिङ्ग सुविधा
- स्थिति निर्धारण क्षमता
- नियमन गरिएको भोल्टेज र करेन्टको डिस्प्ले
- समग्र स्थान र मूल्यको आधारमा कम्प्याक्ट (सानो ठाउँ खाने) समाधान
- इथरनेट/एकीकृत सञ्जाल (नेटवर्क)/भेक्टरबाट तथ्याङ्क नियमन/रिमोट कन्ट्रोल इत्यादि ।

An example of an inverter datasheet for solar PV application is given in the figure below.

Note: The following technical specifications are obtained from the EssenSolar inverter datasheet[3].

MODEL NUMBER	FSP102PV-230F-12	FSP202PV-230F-24	FSP302PV-230F-24	FSP502PV-230F-48	FSP502PV-230FS-48
Grid system			Single Phase, 230Vac		
Rated power	1,000VA/ 1,000W	2,000VA/ 2,000W	3,000VA/ 2,400W	5,000VA/ 5,000W	5,000VA/ 5,000W
Parallel capability				Yes, 9 units	
Max. PV input power	500W	600W	1,000W	4,000W	4,500W
MPPT voltage range (Full Power)	15 - 80Vdc	30 - 66Vdc	30 - 80Vdc	60 - 115Vdc	120 - 430Vdc
Max. PV input current	33A	20A	33A	66A	37.5A
Max. PV voltage (OC)	102Vdc	75Vdc	100Vdc	145Vdc	450Vdc
Number of MPPT			1		
INPUT CHARACTERISTIC					
AC voltage			Single Phase, 230Vac		
Selectable Voltage Range			170-280 Vac (For PC/ SPS applications) 90-280 Vac (For home facilities)		
Frequency range			50 Hz/ 60 Hz (Auto)		
OUTPUT CHARACTERISTIC					
AC voltage regulation @ backup mode			230Vac ± 5%		
Surge ability	2,000VA	4,000VA	6,000VA	10,000VA	10,000VA
Transfer time			10 ms (For PC/ SPS) ; 20 ms (For home facilities)		
Output waveform			Pure sinewave		
Efficiency (Line mode)			95%		
Efficiency (Battery to AC)	90 - 93%	93%	90%	93%	90%
CHARGING CHARACTERISTIC					
Max. charging power	720W	1,320W	2,400W	6,720W	3,840W
Max. charging current	60A	55A	100A	140A	80A
Max. PV charging current	40A	25A	40A	80A	80A
Max. AC charging current	20A	30A	60A	60A	80A
Nominal Battery voltage	12Vdc	24Vdc	24Vdc	48Vdc	48Vdc
Over charge protection	15.5Vdc	31Vdc	30Vdc	66Vdc	66Vdc
Battery floating voltage	13.5Vdc	27Vdc	27Vdc	54Vdc, max. 64Vdc	54Vdc
Rated backup time w/ 24V or 48V/100Ah (min)	50	50	28	40	40
Max. Efficiency (PV to Battery)			98%		
Standby power consumption			<2W		
PHYSICAL & ENVIRONMENT DATA					
Operating temp range			0 °C - 55 °C		
Storage temp range			-15 °C - 60 °C		
Humidity			5 - 95% RH, non-condensing		
Altitude			0 - 1000m		
Dimensions (W x H x D)	240 x 316 x 95	272 x 355 x 100	272 x 385 x 100 mm	295 x 468 x 120 mm	295 x 468 x 120 mm
Net weight	5.2 kg	7.0 kg	7.5 kg	13.5 kg	11.0 kg
Protect function			Overload, short circuit, over voltage, high temperature		
Cooling			Air forced		
Enclosure environmental rating			IP20		
INTERFACE					
HMI			LCD display		
Communication port	USB			USB/ RS232	
Dry contact port			Yes		
Optional accessories			Remote control panel, Parallel kits (Only for 3k/5k parallel model)		
FEATURES					
Monitoring software			Yes		
Compliance			IEC 55022 Class A, IEC 62109, IEC 60950		
Certification			CE		

Figure 20 Example of a technical specification of an inverter

3 https://www.fsp-group.com/download/pro/EssenSolar1k3k5k_Datasheet.pdf, Accessed 2021, November, 25

सौर्य पिभी एप्लीकेशनका लागि इन्भर्टर डाटाशिटको उदाहरण तलको तस्विरमा दिइएको छ ।

नोटः तलको प्राविधिक निर्दिष्टिकरण एस्सैनसोलार इन्भर्टर डाटाशिटबाट प्राप्त भएको छ ।[3]

MODEL NUMBER	FSP102PV-230F-12	FSP202PV-230F-24	FSP302PV-230F-24	FSP502PV-230F-48	FSP502PV-230FS-48
Grid system	Single Phase, 230Vac				
Rated power	1,000VA/ 1,000W	2,000VA/ 2,000W	3,000VA/ 2,400W	5,000VA/ 5,000W	5,000VA/ 5,000W
Parallel capability			Yes, 9 units		
Max. PV input power	500W	600W	1,000W	4,000W	4,500W
MPPT voltage range (Full Power)	15 - 80Vdc	30 - 66Vdc	30 - 80Vdc	60 - 115Vdc	120 - 430Vdc
Max. PV input current	33A	20A	33A	66A	37.5A
Max. PV voltage (OC)	102Vdc	75Vdc	100Vdc	145Vdc	450Vdc
Number of MPPT	1				
INPUT CHARACTERISTIC					
AC voltage	Single Phase, 230Vac				
Selectable Voltage Range	170-280 Vac (For PC/ SPS applications) 90-280 Vac (For home facilities)				
Frequency range	50 Hz/ 60 Hz (Auto)				
OUTPUT CHARACTERISTIC					
AC voltage regulation @ backup mode	230Vac ± 5%				
Surge ability	2,000VA	4,000VA	6,000VA	10,000VA	10,000VA
Transfer time	10 ms (For PC/ SPS) ; 20 ms (For home facilities)				
Output waveform	Pure sinewave				
Efficiency (Line mode)	95%				
Efficiency (Battery to AC)	90 - 93%	93%	90%	93%	90%
CHARGING CHARACTERISTIC					
Max. charging power	720W	1,320W	2,400W	6,720W	3,840W
Max. charging current	60A	55A	100A	140A	80A
Max. PV charging current	40A	25A	40A	80A	80A
Max. AC charging current	20A	30A	60A	60A	80A
Nominal Battery voltage	12Vdc	24Vdc	24Vdc	48Vdc	48Vdc
Over charge protection	15.5Vdc	31Vdc	30Vdc	66Vdc	66Vdc
Battery floating voltage	13.5Vdc	27Vdc	27Vdc	54Vdc, max. 64Vdc	54Vdc
Rated backup time w/ 24V or 48V/100Ah (min)	50	50	28	40	40
Max. Efficiency (PV to Battery)	98%				
Standby power consumption	<2W				
PHYSICAL & ENVIRONMENT DATA					
Operating temp range	0 ℃ - 55 ℃				
Storage temp range	-15 ℃ - 60 ℃				
Humidity	5 - 95% RH, non-condensing				
Altitude	0 - 1000m				
Dimensions (W x H x D)	240 x 316 x 95	272 x 355 x 100	272 x 385 x 100 mm	295 x 468 x 120 mm	295 x 468 x 120 mm
Net weight	5.2 kg	7.0 kg	7.5 kg	13.5 kg	11.0 kg
Protect function	Overload, short circuit, over voltage, high temperature				
Cooling	Air forced				
Enclosure environmental rating	IP20				
INTERFACE					
HMI	LCD display				
Communication port	USB		USB/ RS232		
Dry contact port	Yes				
Optional accessories	Remote control panel, Parallel kits (Only for 3k/5k parallel model)				
FEATURES					
Monitoring software	Yes				
Compliance	IEC 55022 Class A, IEC 62109, IEC 60950				
Certification	CE				

तस्विर २० इन्भर्टरको प्राविधिक निर्दिष्टिकरणको उदाहरण

3 https://www.fsp-group.com/download/pro/EssenSolar1k3k5k_Datasheet.pdf, Accessed 2021, November, 25

Section II: Solar Irrigation Pump

खण्ड २: सौर्य सिंचाइ पम्प

4. Introduction

Solar Water Pumping (SWP) systems have been used commonly for irrigation, livestock watering, and even in town water supply systems. Solar Irrigation Pump (SIP) is an application of the SWP system used mostly in irrigating paddy fields and vegetables, and watering gardens among others.

Some advantages of a typical solar irrigation system are:

1 Makes irrigation possible in remote areas where there is no/limited access to the grid

2 Is environment-friendly

3 No grid connection is required and no electricity bills need to be paid

4 No fuel is required; hence the cost of operation is very low

5 Is durable, requiring minimal maintenance

The major components of a typical solar-powered pumping system include a solar array that powers a submersible or surface pump. The solar array capacity of the SIP is dependent on the size of the pump chosen for the desired water output at the desired vertical head. The water may be pumped from a bore well, open well, stream, pond, and other water sources to a storage tank ,or, the water can be directed to the field. The SIP system has three major components: pump, controller, and solar panels. A typical example of an SWP or SIP system is shown in Figure 21.

The pump is driven by a motor which is powered by the electricity generated by the solar panel. The motor can be AC or DC. Most DC pumps run at 24 volts rather than 12 volts. However, smaller systems for 12 volts do exist for light-duty applications, while systems running on 48 volts also exist for heavier applications. As for AC, pumps rated at 230V or 400V are available for Nepal's market. The power of a motor is specified in either watt (W) or horsepower (HP).

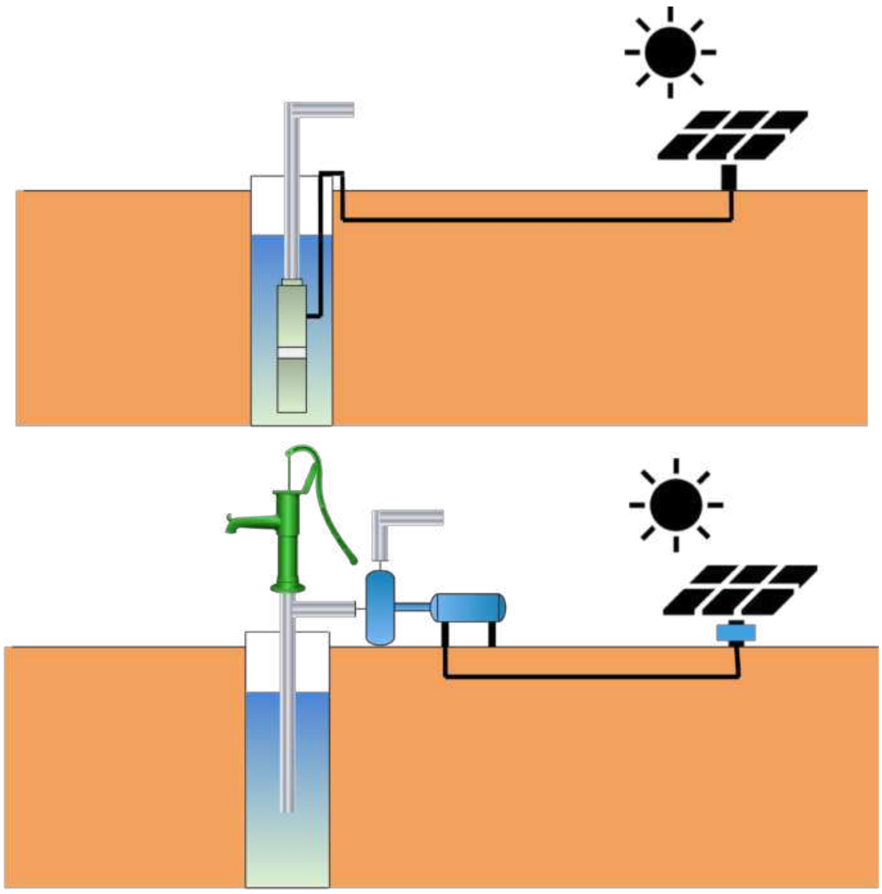


Figure 21 Overview of the Solar Water Pump system: Submersible pump (Top) and Surface Pump (Bottom)

४. परिचय

सौर्य पम्प प्रणाली सामान्यतया सिंचाइ, गाईवस्तुलाई पानीको आवश्यकता पूर्ति गर्न, र शहरी पानी आपूर्तिप्रणालीमा समेत प्रयोग गरिन्छ । सौर्य सिंचाइ पम्प भने अधिकांश धान खेत र तरकारी तथा बगैंचामा पानी हाल्न प्रयोग गरिन्छ । सामान्य सौर्य सिंचाइ प्रणालीका केही फाइदाहरु निम्न अनुसार छन् :

१. ग्रिडसम्म पहुँच नभएको वा ग्रिडमा सीमित पहुँच भएको दुर्गम क्षेत्रमा सिंचाइ सम्भव बनाउँछ ।

२. वातावरणमैत्री हो ।

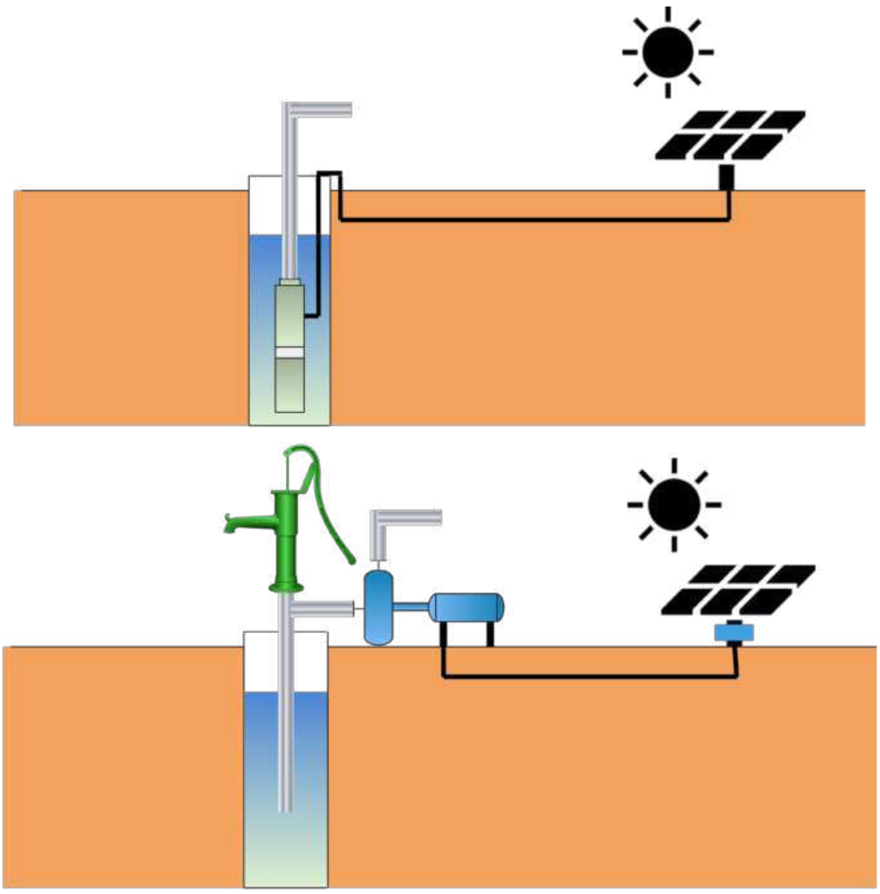
३. ग्रिडमा जडानको आवश्यकता हुन्न र बिजुली बिल तिर्न आवश्यक हुन्न ।

४. इन्धन आवश्यक हुन्न, त्यसैले सञ्चालन खर्च अत्यन्तै न्यून हुन्छ ।

५. टिकाउ हुन्छ, न्युनत्तम मर्मत आवश्यक हुन्छ ।

एउटा सामान्य सौर्य-सञ्चालित पम्पिङ् प्रणालीको प्रमुख प्रकारहरुमा सौर्य एरे समावेश हुन्छ जसले सबमर्सिबल पम्प वा सर्फेस पम्पलाई ऊर्जा दिन्छ । सौर्य पम्पको सौर्य एरेको क्षमता अपेक्षित पानी तान्नका लागि चयन गरिएको पम्पको आकारमा निर्भर हुन्छ । पानी, तलाउ, खुला इनार, खोला, पोखरी र अन्य पानीका स्रोतहरुबाट भण्डारण टयाङ्कीमा पम्प गर्न सकिन्छ वा खेतमा पठाउन सकिन्छ । सौर्य पम्प सिस्टमको तीन प्रमुख भागहरु छन् : पम्प, कन्ट्रोलर र सौर्य प्यानल । सौर्य पम्प सिस्टमको सामान्य उदाहरण तस्विर २१ मा देखाइएको छ ।

पम्प मोटरबाट सञ्चालित हुन्छ जसलाई सौर्य प्यानलले उत्पादन गरेको बिजुलीबाट ऊर्जा प्राप्त हुन्छ । मोटर एसी वा डिसी कुनै हुन सक्छ । अधिकांश डिसी पम्प २४ भोल्टमा चालू हुन्छ न की १२ भोल्टमा । यद्दपी, साना उपकरणहरुका लागि १२ भोल्टको साना प्रणालीहरु विद्यमान छन् जबकी ठूला उपकरणका लागि ४८ भोल्टको प्रणाली समेत विद्यमान छ । एसीका लागि २३० भोल्टदेखि ४०० भोल्टसम्म क्षमताको पम्प नेपाली बजारमा उपलब्ध छन् । मोटरको पावर वाट (W) या होर्सपावर (HP) मा उल्लेख गरिएको हुन्छ ।



तस्विर २१ सौर्य वाटर पम्प प्रणालीको विवरण : सबमर्सिबल पम्प (माथि) र सर्फेस पम्प (तल)

5. Basic Steps in System Design

The general approach to designing a system can be summarized as follows:

i. Determine the **volume of water** to be pumped each day and verify the discharge rate

ii. Determine the **total dynamic head**

iii. Calculate the **pump's rated power and discharge capacity** manually and verify with the selected company's performance chart

iv. Select the pump referring to pump performance curves of reputed manufacturers

v. Select the appropriate size of solar PV modules considering losses and efficiency

vi. Select a compatible controller that regulates power from the solar array and drives the pump

However, before following these guidelines, it is helpful to ascertain whether a directly coupled system (no batteries, no external controller, or power conditioning circuitry) is feasible for the particular application. If so, such a system is strongly recommended, even though its use provides little flexibility in component choice and system configuration. However, there are occasions when directly coupled systems are unsuitable. These include:

- When pumping heads are too large to use a centrifugal pump with reasonable efficiency;
- When suitable DC motors are not available, such as with some large systems (greater than 10 HP) where little choice exists, or when a submersible motor is necessary and no brushless DC motors are available at a suitable price;
- When batteries must be used for energy storage (i.e. where "availability" of pumped water must be very high and tank storage is unsuitable) e.g. portable units;
- Where locations characterized by excessive cloudy weather make the poor part-load efficiencies of a directly coupled system unacceptable.

General Head Calculation

The Total Dynamic Head (TDH) is the total vertical height that the pump has to push water that takes into account all losses. TDH is calculated as

TDH=Delivery head + Suction Head + Head due to friction loss

Where,

Delivery head is the total vertical head the water travels from the pump level to the top of the tank;

Suction head is the head required to lift the water from the source to the pump level

When the total pumping head is very high, appropriate sizing of pump and solar array may become a challenge to pump in one stage. In such a case multi-stage pumping can be done where a single large SIP is divided into two or more SIPs operating as a cascading system. When staging pumping stations, technical and economic analyses are to be done. In high head, appropriate material and thickness of pipes and non-return value fittings need to be chosen to protect the pump from water hammer pressure.

५. सिस्टम डिजाइनको आधारभूत चरणहरू

प्यानल डिजाइनको सामान्य दृष्टिकोणलाई संक्षेपमा निम्नानुसार गर्न सकिन्छ :

१. प्रत्येक दिन पम्प गर्नुपर्ने **पानीको मात्रा** निर्धारण गर्नुपर्छ र पानीको निर्वहन दर प्रमाणित गर्नुपर्छ ।

२. **कुल डायनामिक हेड** निर्धारण गर्नुपर्छ ।

३. **पम्पको मूल्याङ्कन पावर र डिस्चार्ज क्षमता** गणना गर्नुपर्छ र चयन गरिएको कम्पनीको पर्फमेन्स चार्टसँग ठीक छ कि छैन् हेर्नुपर्छ ।

४. प्रतिष्ठित निर्माताहरुको पम्प परफरमेन्स कर्भलाई सन्दर्भ गर्ने पम्प चयन गर्नुपर्छ ।

५. लस र पावर दक्षतालाई ध्यानमा राखेर सौर्य पिभी प्यानलहरुको उपयुक्त आकार चयन गर्नुपर्छ ।

६. कुनै अनुकूल कन्ट्रोलरलाई चयन गर्नुपर्छ जसले सौर्य एरेबाट ऊर्जा नियन्त्रित गरेर पम्प सञ्चालन गर्छ ।

यद्दपी, यी निर्देशनहरु पालना गर्नुपूर्व ब्याट्रीरहित, बाहिरि कन्ट्रोलरविहीन वा पावर कन्डिस्निङ्ग सर्किटरी बिनाको सिस्टम सम्भव छ वा छैन् भन्ने निश्चित हुनु जरुरी हुन्छ । यदि मिल्छ भने, त्यस्ता प्रणालीलाई निर्वाद सिफारिश गरिन्छ, यद्दपी यसको प्रयोगले प्रकार छनौट र प्यानल संरचनामा थोरै लचिलोपन प्रदान गर्छ । तर डाइरेक्ट (Direct) जोडिएको प्रणाली यस्ता मामिलामा उपयुक्त हुँदैनन् ।

- पम्पिङ्ग हेडहरु सेन्ट्रिफ्युगल पम्पको प्रयोग गरेर उचित कार्यक्षमता दिन अत्याधिक ठूलो हुँदा ।
- उपयुक्त डिसी मोटर उपलब्ध नहुँदा, जस्तै केही ठूलो प्रणाली (१० एचपी अधिक) जहाँ थोरै मात्र विकल्प विद्यमान हुन्छ,वा सबमर्सिबल मोटर आवश्यक हुँदा वा कुनै ब्रशलेस डिसी मोटर्स उपयुक्त मूल्यमा उपलब्ध नभएको अवस्थामा ।
- ब्याट्री ऊर्जा भण्डारणका लागि प्रयोग गर्नुपर्ने भएमा (पम्प गरिएको पानीको उपलब्धता अत्याधिक हुनुपर्ने वा ट्याङ्कको भण्डारण अनुपयुक्त भएमा) उदाहरणका लागि पोर्टेबल यूनिट्स ।
- अत्याधिक बादल लाग्ने मौसम हुने स्थानहरुले प्रत्यक्ष रुपमा जोडिएको प्रणालीको कमजोर लोड क्षमताहरुलाई अस्वीकार्य बनाउँदा ।

साधारण हेड गणना

कुल डायनामिक हेड (टीडीएच) भन्नाले पम्पले पानी धकेल्न पर्ने कुल ठाडो उचाई हो जसले सबै लसलाई ध्यानमा राख्छ । टीडीएच यसरी गणना गरिन्छ

टीडीएच = डेलिभरि हेड + सक्शन हेड + घर्षण (Friction) ले हुने हेड लस

जहाँ,

डेलिभरि हेड भनेको पानीको सतहबाट टयाङ्कीको माथिसम्मको कुल उचाई हो ।

पानीको सतहबाट पम्प लेभलसम्म पानी तान्ने उचाई ‘सक्शन हेड’ हो ।

कुल पम्पिङ्ग हेड धेरै उच्च भएमा पम्प र सौर्य एरे को उपयुक्त आकार एक चरणमा पम्प गर्न चुनौतीपूर्ण हुनसक्छ । यस्तो अवस्थामा बहु-चरण पम्पिङ्ग गर्न सकिन्छ जहाँ एउटा एकल ठूलो सौर्य पम्पलाई दुई वा बढी सौर्य पम्पमा विभाजित गरिन्छ जुन क्यास्केडिङ्ग प्रणालीको रुपमा सञ्चालन हुन्छ । पम्पिङ स्टेशनहरू स्टेजिङ गर्दा, प्राविधिक र आर्थिक विश्लेषण गर्नुपर्छ । पम्पको पानीलाई अत्याधिक दबाबबाट जोगाउन हाइ हेडमा उपयुक्त सामग्री वा पाइपको मोटाइ वा नन्-रिटर्न भल्भ फिटिंग गर्नुपर्छ ।

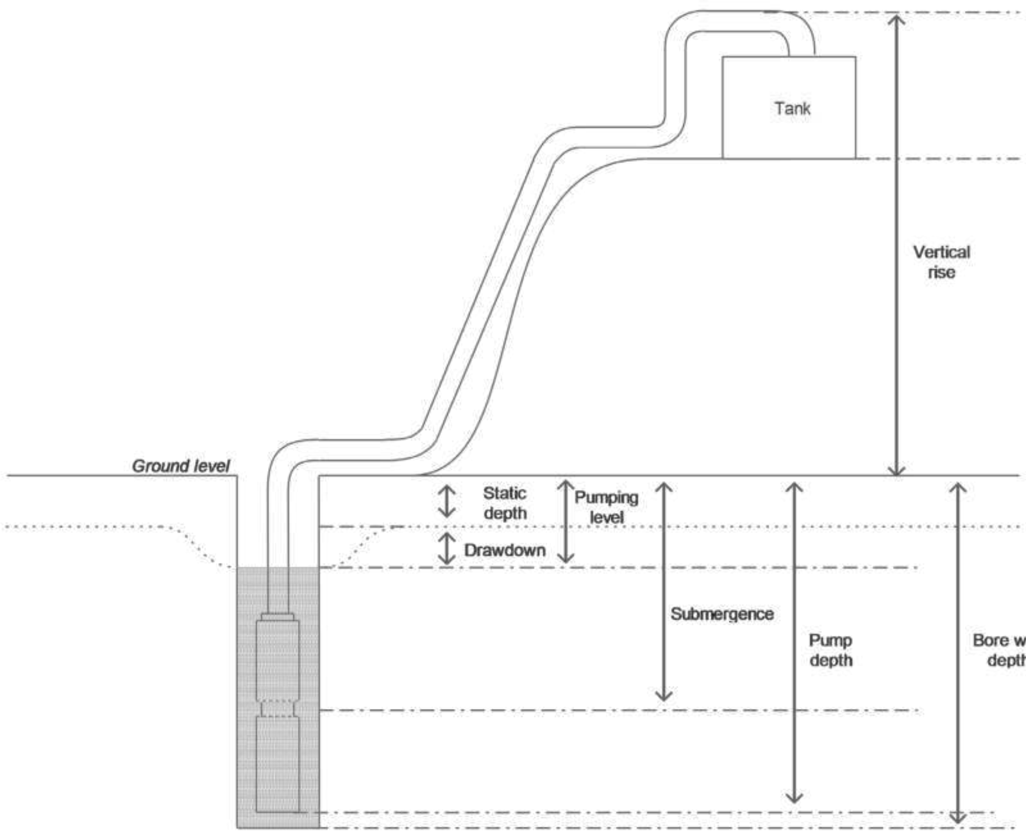


Figure 22 Vertical measurements of surface pump systems

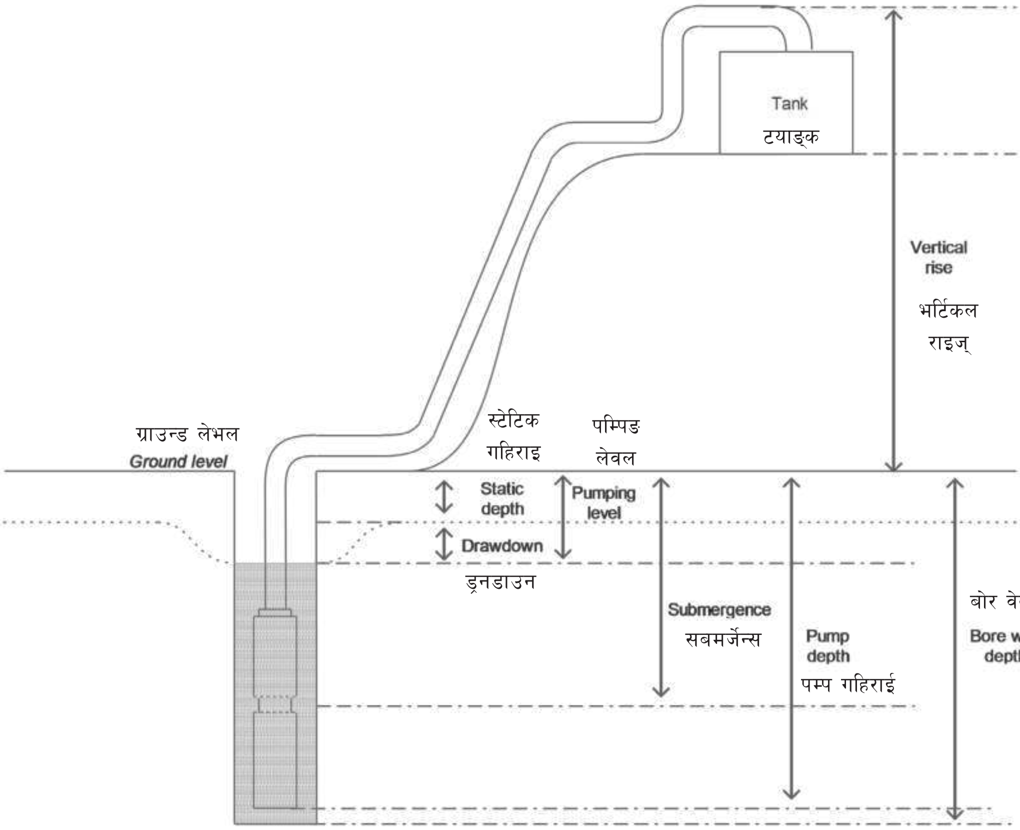
Choice of Pump

Surface Centrifugal pump

As the name suggests, the surface pump is normally placed at ground level and is suitable for pumping from shallow bore wells, open wells, reservoirs, lakes, and canals. Surface pumps are generally suitable for regions where the water level is within 5-7m below ground level due to the limitation of the suction head.

Figure 23 Typical Surface Centrifugal Pumps (Pedrollo, 2021)

A typical surface centrifugal pump is shown in Figure 23 which is relatively cheap and is readily available in the market. Surface centrifugal pumps are usually designed for high flow rates and low heads. They are usually made of cast iron and are finished with an anti-corrosive primer, followed by silver-coloured polyurethane paint. These pumps may be damaged if they are run dry for a long period and needs a priming mechanism.



तस्विर २२ पानीको सतहबाट ठाडो नापहरु

पम्पको छनोट

सर्फेस सेन्ट्रिफ्युगल पम्प

नामले सुझाए जस्तै, सर्फेस पम्प सामान्यतया जमीनको तहमा राखिन्छ र कम गहिरो कुवा (शैलो बोर वेल), खुलाइनार, जलाशय, ताल र नहरहरुबाट पम्प गर्न उपयुक्त हुन्छ । सर्फेस पम्पहरु ती क्षेत्रका लागि उपयुक्त हुन्छ जहाँ सक्शन हेडको सीमितताका कारण पानीको स्तर जमीनको सतहभन्दा पाँच-सात मिटर भित्र हुन्छ ।

तस्विर २३ सर्फेस सेन्ट्रिफ्युगल नमूना पम्प (पेड्रोलो, २०२१)

एउटा नमूना सतहमा आधारित सर्फेस पम्प तस्विर २३ मा देखाइएको छ जुन तुलनात्मक रुपमा सस्तो र बजारमा सजिलै उपलब्ध हुन्छ । सतहमा आधारित सर्फेस पम्प प्रायजसो उच्च बहाव दर र लौ हेडहरुका लागि डिजाइन गरिएको हो । तिनीहरु सामान्यतया ढलौटे (कच्चा) फलामबाट बनेका हुन्छन् र खिया लाग्न नदिने लेपन (प्राइमर) लगाइएको हुन्छ, त्यसपछि चाँदी रङ्गको पोलीयूरेथेन पैन्ट हुन्छ । यस्तो पम्पलाई पानी तान्नु अगाडि प्राइम गर्न जरुरी हुन्छ ।

Submersible pump

As the name suggests, a submersible pump is immersed in water. It pumps water by displacement and is mostly used in deep wells. Such type of pumps is designed for high head and medium flow application. They are multi-stage pump and has high-efficiency micro-computer-based inverter. The inverter optimizes the power input and thus enhances the overall system efficiency. These pumps are relatively costly compared to surface pumps but have a longer life and greater reliability than surface pumps.

Figure 24 Typical Submersible Pumps (Pedrollo, 2021)

Table 1 Comparison of surface and submersible pumps

Surface pumps	Submersible pumps
• Needs to be primed • More prone to theft as they are above ground • More prone to wear and tear due to environmental effects • Easy to access for repair and maintenance • Parts are more easily available in the local market (in Nepal's scenario), and by doing so the lifetime of the pump can be extended	• Doesn't need to be primed • Less prone to theft • Less prone to wear and tear due to environmental effects • Difficult to remove once installed • Requires major overhaul maintenance and possible rewinding of coil approximately every 5 years • Submersible pumps usually last a long time, since they are made of stainless steel.

General Overview of SIPs Installation

Site selection

Selecting an appropriate location for SIP is an important step for the successful implementation of the system. The location of the pump, solar array, and controller needs to be carefully evaluated and the potential for generating desired energy from the system needs to be estimated. This process contains several considerations including interconnection, the configuration of the inverter, siting of transformer equipment, zoning, and environmental regulation to determine the viability of the site.

सबमर्सिवल पम्प

नामले बताए झैं यो पम्प पानीमा डुबेको हुन्छ । यसले विस्थापित गरेर पानी पम्प गर्छ र प्रायजसो गहिरो इनारमा प्रयोग गरिन्छ । यसप्रकारका पम्पहरु हाइ हेड र मध्यम बहावका लागि डिजाइन गरिएका हुन्छन् । तिनीहरु बहु-चरण आधारित पम्प हुन र उच्च क्षमता बोकेको माइक्रो कम्प्युटरमा आधारित इन्भर्टरले चल्छ । इन्भर्टरले लगाइएको पावरलाई अधिकत्तम उपयोग गर्छ र यसप्रकार समग्र प्यानलको कार्यक्षमता बढाउँछ । सर्फेस पम्पभन्दा यी पम्पहरुको मूल्य महँगो हुन्छ तर दिगो हुन्छ र सर्फेस पम्पभन्दा धेरै भरपर्दो हुन्छ ।

तस्विर २४ पानीमा डुब्ने नमूना पम्प (पेड्रोलो, २०२१)

तालिका १ सर्फेस र सबमर्सिवल पम्पको तुलना

सर्फेस पम्पहरु	सबमर्सिवल पम्प
• प्राइमिङ गर्न आवश्यक छ । • सतहमाथि रहने हुनाले चोरीहुने जोखिम रहन्छ • वातावरणीय प्रभावले टुटफुट हुने सम्भावना हुन्छ । • मर्मत सम्भारका लागि सहज पहुँच हुन्छ । • स्थानीय बजारमा पार्टपूर्जाहरु सहज उपलब्ध हुन्छ (नेपालको सन्दर्भमा), र उक्त कारणले पम्पको आयू लम्ब्याउन सकिन्छ ।	• प्राइमिङ गर्न आवश्यक हुन्न । • चोरीको सम्भावना कम हुन्छ । • वातावरणीय प्रभावले टुटफुट हुने सम्भावना कम हुन्छ । • एकपटक जडान गरेपछि हटाउन असहज हुन्छ । • समग्रमा मर्मतको खाँचो हुन्छ र प्रत्येक पाँच वर्षमा क्वाइलको रिवाइन्डिङ (बेर्ने) गर्नुपर्छ । • सबमर्जिबल पम्प दिगो हुन्छ किनभने यिनिहरु स्टैनलेस स्टिलबाट निर्मित हुन्छ ।

सौर्य पम्प जडानको सामान्य परिदृश्य

साइट छनौट

सौर्य पम्पका लागि उपयुक्त स्थल चयन गर्नु सिस्टमको सफल कार्यान्वयनको महत्वपूर्ण कदम हो । पम्प जडान गर्ने स्थल, सौर्य प्यानल, र कन्ट्रोलरलाई ध्यानपूर्वक मूल्याङ्कन गर्नुपर्छ र प्यानलबाट आफूले अपेक्षा गरेको ऊर्जा उत्पादनको सम्भावनालाई अनुमान गर्नु आवश्यक हुन्छ। यसप्रकृयामा उपयुक्त स्थलको निर्धारणका लागि इन्भर्टरको संरचना, ट्रान्सफर्मर उपकरणको स्थल चयन, भू स्रोत सीमाङ्कन र वातावरणीय नियमनसहित अनेकौं कुराको ध्यान राख्नुपर्छ ।

If a PV panel's orientation or tilt varies significantly from optimal for a given location, the potential energy yield reduces accordingly. Thus, the practicality of array tilt and orientation must be evaluated while on site which is important for the system design later. The optimal combination of panel tilt and direction will depend on a few factors such as geographical location, seasonal weather, and system application. With the designed components, such as the annual insolation tool, you can create a chart for quickly evaluating potential energy production as it changes with the panel positions. The results will reveal the ideal panel orientation and tilt for an unshaded panel in a particular location.

Normally, the process of a site evaluation is completed in the following steps:

1. First, the proper site for the solar power plant is to be located based on considerations of the location of water use, land availability and permits, suitability of land (minimum shading, minimum site grading required, etc.).
2. Then, the solar insolation data for a given location is obtained. This can be done by using online databases and software such as SolarGIS, PVSyst, etc. The atmospheric data provided by the software considers various effects such as atmosphere temperature, humidity, solar radiation, wind speed, direction, etc. on monthly basis.
3. Then, the most preferable site is to be selected by comparing the necessary atmospheric data.

SIP Installation

Solar panels and structure

- Make sure the installation area is clear and ready for installation. The support structure must be erected on a clear, dry, and level area.
- Make sure the panels are facing south and do not have any near or far shadings. For an optimum generation, the modules must be placed at an angle of 30° (in Nepal's context).
- For concrete footing, wait for the mixture to dry before installing the solar panels. The ground clearance of the modules must be at least 0.3m (1ft) to avoid high shading from ground vegetation.
- Spacing between adjacent modules must be at least 5mm to 10mm between the rows/column.
- All the modules must be mounted with the help of a nut, bolts, and spring washer.
- Ensure that the structure is rigid and there are no sags in the structure which may indicate mechanical stress.
- A suitable size of string breaker must be used in between modules and controller.

Pumps

- All the plumbing work connected to the pumps needs to be leak-proof.
- The surface pump needs to be placed under protective housing to protect it from the environment. The pump housing must allow proper ventilation and enough room for plumbing work.
- The submersible pump needs to be properly fastened with a stay wire to hold the pump under the water. To allow ease of repair and maintenance, a union should be placed above the pump.
- All electrical connections must be properly insulated.

यदि कुनै पिभी प्यानलको अभिविन्यास (orientation) वा झुकाव कुनै दिइएको स्थानका लागि प्रतिकुल रुपभन्दा भिन्न हुन्छ भने सम्भावित ऊर्जा उत्पादन सोही बमोजिम कम हुन्छ । तसर्थ, एरे टिल्ट र अभिमुखीकरण (orientation) को व्यावहारिकता साइटमा हुँदा मूल्याङ्कन गरिनु पर्छ जुन पछि प्रणाली डिजाइनको लागि महत्त्वपूर्ण छ । सम्भावित ऊर्जा उत्पादनको द्रुत मूल्याङ्कनका लागि एउटा मानचित्र बनाउन सकिन्छ किनभने प्यानलको स्थितिसँगै यो परिवर्तन भइरहन्छ । नतिजाहरुले प्यानलको प्रतिकुल orientation र टिल्टको जानकारी दिन्छ ।

सामान्यतया, साइट मूल्याङ्कनको प्रकृया निम्न बमोजिम पुरा गर्न सकिन्छ :

१. पहिलो, पानी प्रयोगको स्थान, जग्गाको उपलब्धता र अनुमति, जग्गाको उपयुक्तता (न्युनत्तम छायाँ हुने, स्थानको न्युनत्तम श्रृंखलाकरण आवश्यक, इत्यादि ।)

२. दिइएको स्थानमा सूर्यको किरण पुग्ने तथ्याङ्क प्राप्त हुन्छ । र यो प्रकृया अनलाइन डाटाबेस र सफ्टवेयर जस्तै सोलार जीआईएस, पिभीसिस्ट आदि बाट पुरा गर्न सकिन्छ । सफ्टवेयरले उपलब्ध गराउने तथ्याङ्कमा वातावरणको तापक्रम, आर्द्रता, सौर्य विकिरण, हावाको गति, दिशा इत्यादिको प्रभाव समेतलाई मासिक रुपमा ध्यानमा राखिन्छ ।

३. अनि, आवश्यक वायुमण्डलीय तथ्याङ्क तुलना गरेर सबैभन्दा राम्रो स्थल चयन गर्नुपर्छ ।

सौर्य पम्प जडान

सौर्य प्यानल र स्ट्रक्चर

- जडान गरिने क्षेत्र स्पष्ट र स्थापनाका लागि तयार रहेको सुनिश्चित गर्नुहोस् । सपोर्ट स्ट्रक्चर सुख्खा र समथर क्षेत्रमा उभिएको हुनुपर्छ ।
- प्यानलहरु दक्षिणतर्फ फर्किएको र नजिक वा टाढासम्म छायाँ नपर्ने सुनिश्चित गर्नुहोस् । इष्टतम सौर्य ऊर्जा उत्पादन लागि प्यानलहरु ३० डिग्रीको कोणमा ढल्ने गरी राखिनुपर्छ (नेपालको सन्दर्भमा) ।
- सतहमा कन्क्रिट राखिसकेपछि सौर्य प्यानल जडान हुनुपूर्व मिश्रणलाई राम्ररी र पर्याप्त सुक्न दिनुपर्छ । जमीनमा उम्रिने वनस्पतिको छायाँबाट जोगाउन प्यानलको ऊचाई जमीनबाट कम्तिमा ०.३ मिटर (एक फिट) हुनुपर्छ ।
- आसन्न प्यानलहरुको बीचमा कम्तिमा पाँच मिलिमिटरदेखि दश मिलिमिटरको अन्तर हुनुपर्छ ।
- सबै प्यानलहरु नट, बोल्ट र लचिलो वाशरको सहयोगले जोडिएको हुनुपर्छ ।
- संरचना स्थिर छ र संरचनामा यान्त्रिक तनावलाई संकेत गर्न सक्ने संरचनामा कुनै पनि स्यागहरू हुनुहुँदैन जसले मेकानिकल तनावलाई संकेत गर्न सक्छ ।
- प्यानल र कन्ट्रोलरको बीचमा उपयुक्त आकारको 'स्ट्रिङ्ग ब्रेकर' राख्नुपर्छ ।

पम्प

- पम्पहरुमा जडान गरिएका सबै प्लम्बिङ कार्यहरु चुहावट-रोधक हुनु आवश्यक छ ।
- सर्फेस पम्पलाई वातावरणबाट जोगाउन सुरक्षात्मक आवास मुनि राख्नु आवश्यक छ । पम्प हाउसिङमा उचित भेन्टिलेशन र प्लम्बिङ कामको लागि पर्याप्त ठाउँ हुनुपर्छ ।
- पानी मुनिको पम्पलाई अड्याउनको लागि स्टे तारले राम्रोसँग बाँध्नुपर्छ । मर्मत सम्भारमा सहजताका लागि पम्पमाथि युनियन राख्नुपर्छ ।
- सबै बिजुलीका जडानहरू/कनेक्सनहरु राम्ररी इन्सुलेट हुनुपर्छ ।

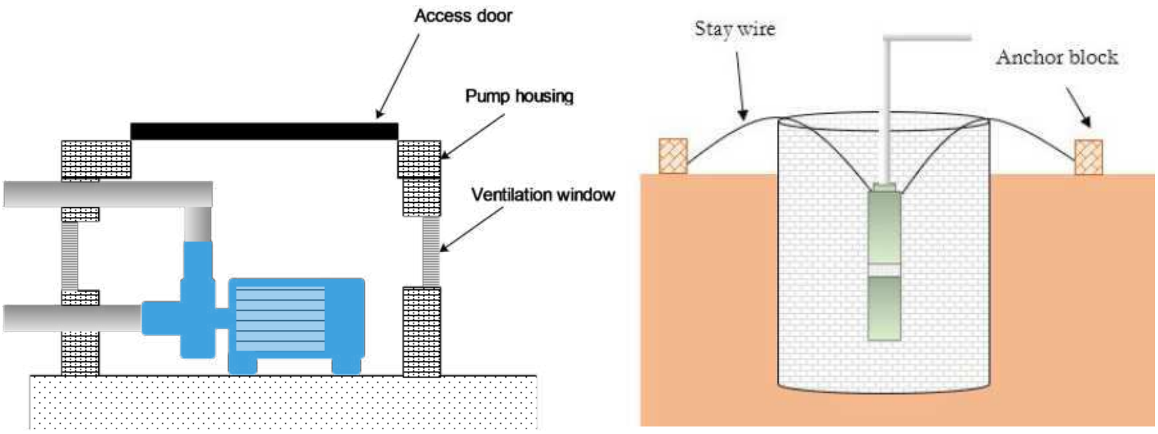


Figure 25 Installation of Surface Pump in pump housing (left) and Submersible Pump fastened with stay wire (right)

Pump Controller

- The pump controller must be properly housed inside a box to protect it from rain and dirt with proper labelling (unless the controller is IP68 rated).

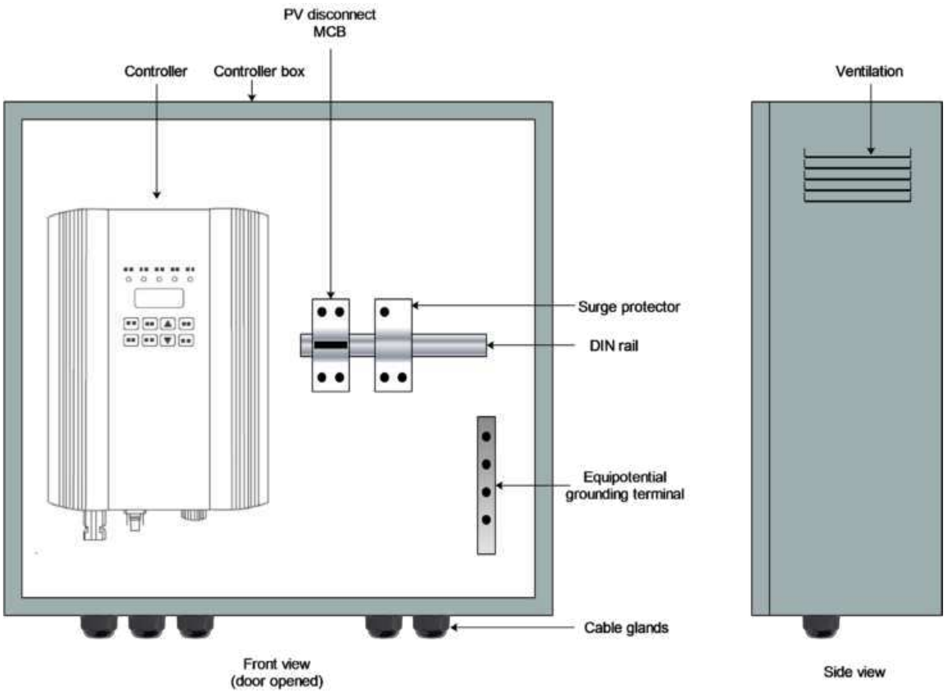
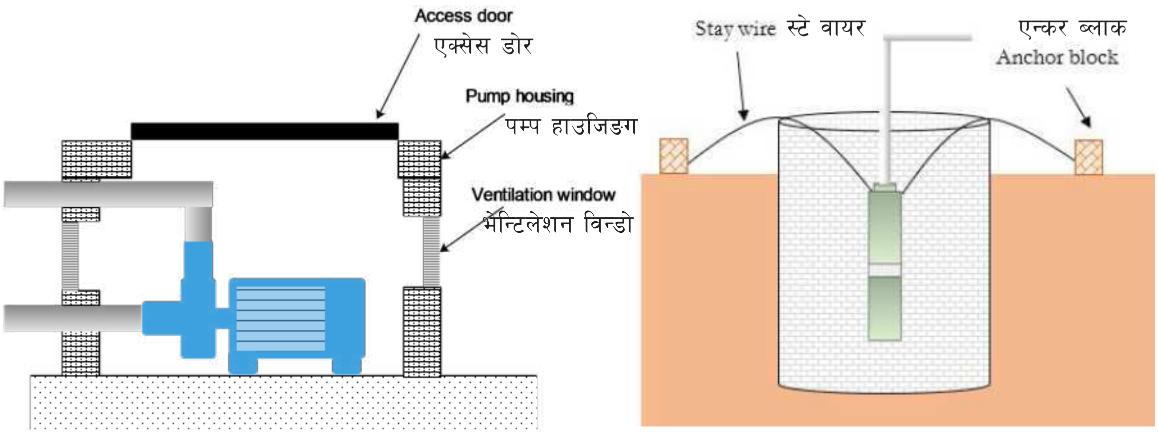


Figure 26 Pump controller housing

Cables

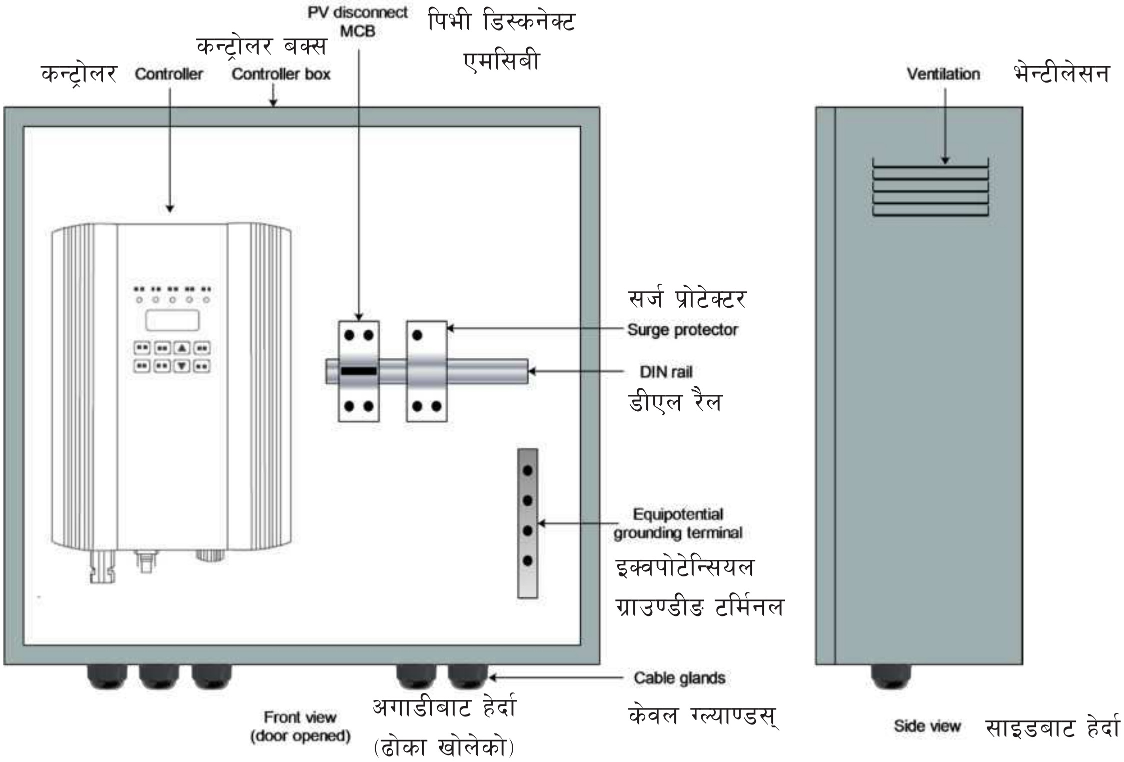
- All exposed cables must have an appropriate conduit and be buried at an appropriate depth.
- If possible, a UV cable of a suitable cross-section must be used for outdoor purposes.
- Cables behind the solar panels need to be neatly fastened using cable ties



तस्विर २५ पम्प हाउजिङ्ग (देब्रे) मा सर्फेस पम्पको जडान र पानीमुनिको पम्पलाई स्टे तारले बाँधिएको (दायाँ)

पम्प कन्ट्रोलर

- पम्प कन्ट्रोलरलाई उचित संकेतको साथ वर्षा र फोहोरबाट जोगाउन बाकसभित्र सुरक्षित राखिएको हुनुपर्छ (कन्ट्रोलर IP68 मापन गरिदासम्म)



तस्विर २६ पम्प कन्ट्रोलर हाउजिङ्ग

तारहरु

- सबै खुला तारहरु राम्ररी बाँधिएको र उपयुक्त पाइप भित्र हुनुपर्छ र उपयुक्त गहिराइमा गाडिएको हुनुपर्छ ।
- सम्भव भए, बाहिरी उद्देश्यका लागि उपयुक्त क्रससेक्शनको यूभी तार प्रयोग गर्नुपर्छ ।
- सौर्य प्यानल पछाडिको तारहरुलाई राम्ररी बाँध्न जरुरी हुन्छ ।

Float Switch

- A float switch is a contact switch that signals the controller whether the water level in the source is adequate or not, and stops the pump from running dry when the water level is low.
- It protects the pump from dry run and damages due to overheating.

Grounding Pits

- Grounding must be given to the pump, controller, panel, panel structure, and controller body.
- The ground pit should be near the solar panel structure and where soil resistivity is low.
- Measure ground resistance after the ground electrodes have been installed and make sure they meet the required value. Usually, the grounding resistance should be 10 ohms or less.

फ्लोट स्वीच

- फ्लोट स्वीच भनेको जसले कन्ट्रोलरलाई स्रोतमा पानीको स्तर पर्याप्त छ वा छैन भनी संकेत गर्छ र पानीको स्तर कम हुँदा पम्पलाई सुख्खा चल्नबाट रोक्छ ।
- यसले पम्पलाई ड्राई रनबाट जोगाउनुका साथै ओभरहिटिंगको कारणले हुने क्षतिबाट जोगाउँछ ।

अर्थिङ/ग्राउन्डिङ्ग पिट

- पम्प, कन्ट्रोलर, प्यानल, प्यानलको स्ट्रक्चर र कन्ट्रोलर बडीलाई ग्राउन्डिङ्ग दिइनुपर्छ ।
- जमिनको खाल्डो सौर्य प्यानल संरचनाको नजिक र माटोको प्रतिरोधकता कम भएको ठाउँमा हुनुपर्छ ।
- ग्राउन्ड इलेक्ट्रोडहरु गाडिसकेपछि जमिनको प्रतिरोध मापन गर्नुहोस् र यिनिहरुको आवश्यक मापन पुरा गरेको सुनिश्चित गर्नुहोस् । प्राय जसो, ग्राउन्डिङ प्रतिरोध १० ओहम वा सोभन्दा कम हुनुपर्छ ।

6. Annex: Installation Report Template

Date of installation	
Date of commissioning	
Contact person	
Phone	
System location	
Pumping head	
Water source	
Water output per day	
Application	
100% powered by solar (Yes/No)	

Pump Installation data:	
Best describe the weather condition	
Array mount spacing	
Panel mount structure material	
Angle of tilt	
Mounting structure type	
Mounting and PV module frame grounding (Yes/No)	
Module installation location	
No. in series	
No. in parallel	
String Parameters:	
Circuit breaker rating	
Voltage V_{oc}	
Voltage V_{mp}	
Current	
Grounding connection (Yes/No)	
Cable insulation (Yes/No)	
Cable labelling (Yes/No)	
Continuity check (Yes/No)	
Controller	
Controller model	
Protection rating	
Cable labelling (Yes/No)	
Serial numbers	
PV panels serial numbers	
Module 1	
Module 2	
Module 3	
Module 4	
Module 5	
Module 6	
Cables	

String cables appropriately conduit/ tied to the frames (Yes/No)	
Underground piping (Yes/No)	
Cable length from the controller to pump	
Wiring size from the controller to pump	
Lightning Arrestor parameters	
Lightning Arrestor type	
Lightning Arrestor position	
Lightning Arrestor height from the top of the solar array	
Main copper strip dimension	
Main copper strip length	
Earthing wire length to earthing pit	
The material used at grounding	
Earthing wire size	
Pump	
Power rating	
Pump manufacturer	
Pump model/serial number	
Pump type	
Outlet diameter	
Inlet diameter	
Wire contact check	
Pump body earthing	

System Performance Table

Observation date:	
Describe weather condition (cloudy/clear):	

Tests are done by bucket test. The time taken to fill a bucket is recorded with three sample readings.

Bucket volume: .... Liters

S.N	Time of reading	Water Discharge	Time taken to fill the bucket (Sec)	LPM
1				
2				
3				

Guideline for the Photographs of Installation

1. Area of PV array and structure before and after installation
2. Cables and conduits below the panels
3. Controller box
4. UV cable routing pathway
5. Pump installation
6. Water discharge from the Pump

६. अनुसूची: जडान रिपोर्टको नमूना

जडान/स्थापना भएको मिति	
चालू भएको मिति	
सम्पर्क व्यक्ति	
फोन	
सिस्टम स्थान	
पम्पिङ्ग हेड	
पानीको मुहान/स्रोत	
पानी उत्पादन प्रती दिन	
उपयोग	
सौर्यबाट शत प्रतिशत सञ्चालित (हो/होइन)	

पम्प स्थापना डाटा:	
मौसमको अवस्थालाई राम्ररी वर्णन गर्ने	
एरे बिचको दुरी	
एरे स्ट्रक्चरको विवरण	
प्यानलको ढल्काई (Angle)	
एरे स्ट्रक्चरको प्रकार	
माउन्टिङ र पिभी प्यानल फेम ग्राउन्डिङ (अर्थिङ) (छ/छैन)	
एरे जडान (स्थापना) स्थान	
सिरिज संख्या	
प्यारेलल संख्या	
स्ट्रीङ्ग पारामिटर:	
सर्किट ब्रेकर रेटिंग	
भोल्टेज (Voc)	
भोल्टेज (Vmp)	
करेन्ट (A)	
ग्राउन्डीङ्ग कनेक्सन (अर्थिङ) (छ/छैन)	
केवल इन्सुलेशन (छ/छैन)	
केवल लेबलिङ्ग (छ/छैन)	
कन्टीन्यूटी चेक (छ/छैन)	
कन्ट्रोलर	
कन्ट्रोलरको मोडल	
सुरक्षा रेटिंगहरु	
केवल लेबलिंग (छ/छैन)	
सिरियल नम्बर	
पिभी प्यानलको सिरियल नम्बरहरु	

प्यानल १	
प्यानल २	
प्यानल ३	
प्यानल ४	
प्यानल ५	
प्यानल ६	
तारहरु	
तारलाई फ्रेममा उपयुक्त पाइप भित्र लगेको वा फ्रेममा बाँधेको हुनुपर्‍यो	
जमिनमुनि पाइप जडान (ठिक/बेठिक)	
कन्ट्रोलरदेखि पम्पसम्मको तारको लम्बाइ	
कन्ट्रोलरदेखि पम्पसम्म तारको साइज	
लाइटनिङ्ग एरेस्टर पारामिटर्स	
लाइटनिङ्ग एरेस्टर प्रकार	
लाइटनिङ्ग एरेस्टर पोजिशन	
सौर्य एरेको टुप्पोबाट लाइटनिङ्ग एरेस्टरको उचाई	
तामाको मुख्य स्ट्रिपको नाप	
तामाको मुख्य स्ट्रिपको लम्बाई	
अर्थिङ्ग पिटदेखि अर्थिङ्ग तारको लम्बाई	
ग्राउन्डिङ्ग गर्दा उपयोग गरिएको वस्तु (केमिकल छ/छैन)	
अर्थिङ्ग तार लम्बाई	
पम्प	
पावर रेटिङ्ग	
पम्प उत्पादक	
पम्पको नमूना/सिरियल नम्बर	
पम्प प्रकार	
आउटलेट डायमिटर	
इनलेट डायमिटर	
तार परीक्षण	
पम्प अर्थिङ	

प्रणाली कार्य तालिका

अवलोकन मिति	
मौसमको अवस्था वर्णन (बादल लागेको/छर्लङ्ग घाम)	

परीक्षणहरु बाल्टी जाँचबाट पुरा गरिन्छ। एउटा बाल्टी भर्न लाग्ने समय तीन वटा नमूना रिडिंग्सका साथ रेकर्ड गर्नुहोस्। बाल्टीको आयतन : .....लिटर

क्रम सं.	रिडिङ्गको समय	वाटर डिस्चार्ज	बाल्टी भर्न लागेको समय (सेकेण्ड)	लीटर प्रति मिनेट
१				
२				
३				

जडानको तस्विरहरुको लागि दिशानिर्देश

१. स्थापना गर्नु अघि र पछि पिभी एरेको क्षेत्रफल र बनावट

२. प्यानलमुनि तार र नली

३. कन्ट्रोलर बाकस

४. यूभी तार जाने बाटो

५. पम्प जडान

६. पम्पबाट पानी डिस्चार्ज

Section III: Operation and Maintenance of SIPs

खण्ड ३ : सौर्य पम्पको सञ्चालन र मर्मत

7. Routine Maintenance and Preventive Maintenance

Regular maintenance ensures that the PV system works without problems for many years. Usually, solar pumps require only simple maintenance that can be easily done.

PV Array

Figure 27 PV Array Maintenance (ecoPlanetenergy, 2016)

- Check the PV array and mounting structure nut and bolts for adequate tightening. If found to be loose, repair it accordingly.
- Ensure that the solar PV modules do not have any cracks or hot spots. Otherwise, disconnect the solar panel(s) and replace it.
- All cables need to be properly insulated, terminated, and properly routed with or without conduits.
- Make sure the earthing connections are properly connected.

७. नियमित मर्मतसम्भार र निरोधक मर्मतसम्भार

नियमित मर्मतसम्भारले पिभी प्रणाली धेरै वर्षको लागि समस्या बिना काम गर्छ भने सुनिश्चित गर्छ। सामान्यतया, सौर्य पम्पहरुलाई सरल मर्मत सम्भारको आवश्यकता पर्छ जुन सजिलै गर्न सकिन्छ।

पिभी एरे

प्यानल फोहोर भए माटोले हुने लसले एरेको पावर कम गर्छ।

तस्विर २७ पिभी एरे मर्मत (इको प्लानेटेनर्जि, २०१६)

- पिभी एरे र माउन्टिङ्ग स्ट्रकचरको नट बोल्टहरु पर्याप्त मात्रामा कसेको छ भनी परीक्षण गर्नुहोस्, यदी खुकुलो छ भने यसलाई सोही बमोजिम मर्मत गर्नुहोस्।
- सौर्य पिभी प्यानलहरुमा कुनै दरार वा हट स्पटहरु छैनन् भन्ने सुनिश्चित हुनुहोस्। यदि छ भने सौर्य प्यानललाई जडानबाट अलग्याएर नयाँ प्यानल जडान गर्नुहोस्।
- सबै तारहरु राम्ररी इन्सुलेट गरिएको, बन्द गरिएको र ठिक तरिकाले रुट गरिनु आवश्यक हुन्छ।
- अर्थिङ राम्ररी जडान भएका छन् भनी सुनिश्चित गर्नुहोस्।

Pump

Figure 28 Submersible pump (Pedrollo, n.d.)

- Check if the system is performing as per the specification of the supplier (looking at parameters like the discharge of water at specified total dynamic head, ambient temperature, and input power).
- Make sure the earthing connections are properly connected.

Controller box

Figure 29 Controller (Made-in-China, n.d.)

- The junction box should be firmly attached. If it is not, attach it correctly with screws.
- The controller box must be clean and dry on the inside.
- All cable connections need to be properly screwed with no loose terminals.
- Look for burnt wires, bits of black debris, and any other signs of lightning damage.
- Inspect the grounding wires and connections. Most controller failures are caused by an induced surge from nearby lightning where the system is not effectively grounded. Ground connections must be properly made and free of corrosion.

पम्प

तस्विर २८ पानीमा डुब्ने पम्प (पेड्रोलो, एन.डी.)

- सिस्टमले आपूर्तिकर्ताले निर्दिष्ट गरे बमोजिम चलिरहेको छ छैन् भन्ने परीक्षण गर्नुहोस् (जस्तै की, निर्दिष्ट कुल डाइनामिक हेड, परिवेश तापमान र इनपुट पावर अनुसार पानीको डिस्चार्ज जस्ता मापनहरु हेर्ने ।)
- अर्थिङ जडानहरु ठीकसँग जोडिएको सुनिश्चित हुनुहोस् ।

कन्ट्रोलर बक्स

तस्विर २९ कन्ट्रोलर (चीनमा निर्मित, एन.डी.)

- जंक्शन बक्स कसिने गरी जोडिएको हुनुपर्छ । यदि छैन् भने यसलाई स्क्रूले सही रुपमा जोड्नुहोस् ।
- कन्ट्रोलर बक्स भित्रपट्टी सफा र सुख्खा हुनुपर्छ ।
- सबै तार जोडिएको ठाउँ स्क्रूले सही रुपमा जोडिएको हुनुपर्छ, टर्मिनलमा खुकुलो जडान भएको हुनुहुन्न ।
- डढेको तार, कालो भग्नावशेषको टुक्रा, र बिजुलीबाट भएको अन्य क्षतिको संकेतहरु हेर्नुहोस ।
- ग्राउन्डिङ्ग तार र जडानहरु निरीक्षण गर्नुहोस् । अधिकांश कन्ट्रोलर विफलताहरु नजिकैको चट्याङ लाग्नुबाट हुन्छ जहाँ प्रणाली प्रभावकारी रुपमा ग्राउन्ड गरिएको छैन् । ग्राउन्ड/अर्थिङको कनेक्सनहरु उपयुक्त र खियामुक्त हुनुपर्छ ।

Besides, several simple faults can arise which need immediate corrections:

- Dirty/wet/corroded terminal and/or plugs causing poor electrical connection
- Blocked strainers and filters on the pump due to debris
- Failure of the suction pump due to leakage of water in the suction line caused by faulty non-return valve or air leaks in suction line (in case of the surface pump)
- Leaking pipe and hose connections
- Leaking pump gland seal

Manufacturers may have special recommendations for routine maintenance which need to be strictly followed for the long-term operation of the system.

Logs of any scheduled or unscheduled maintenance works must be recorded by the technicians which must be maintained on-site and in the remote office.

Cables

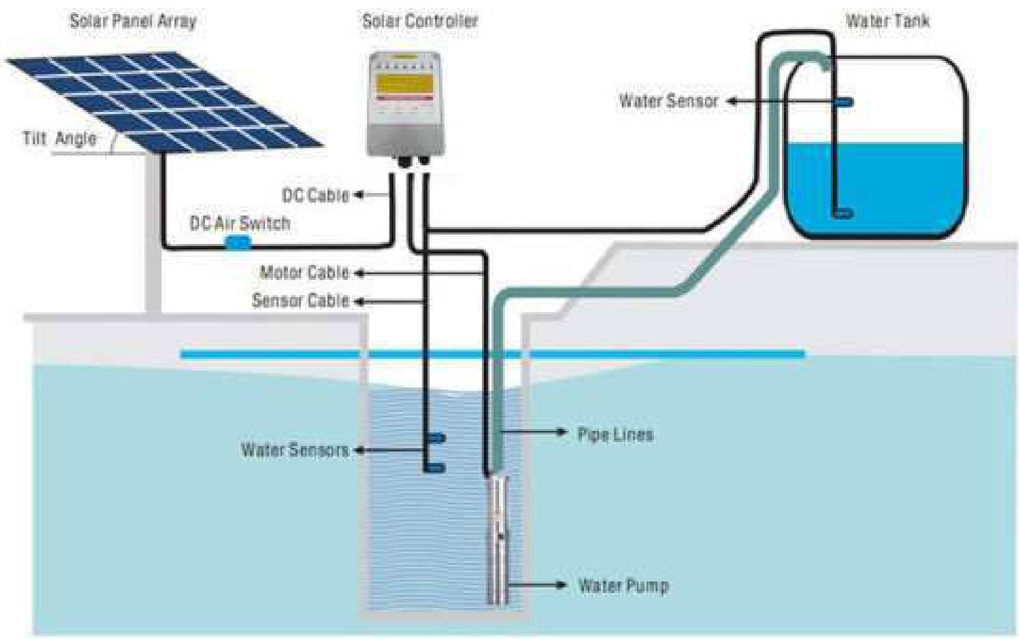


Figure 30 SIP showing major cable arrangements (Made-in-China, n.d.)

- All cables in the system need to be properly insulated, terminated, and properly routed with or without conduits.
- The cable from the controller to the pump needs to be water-sealed.
- Check that the cable from the controller to the is well fastened and does not rub against sharp edges when the wind blows. In the case of underground cabling, ensure that the conduit or the cable is not exposed to the ground.
- If any cables have been replaced since the last check, make sure that it is of the correct specifications (size, material, insulation, etc.) and that it is well terminated and fastened securely in their new place.
- Check the connections for corrosion and tightness.

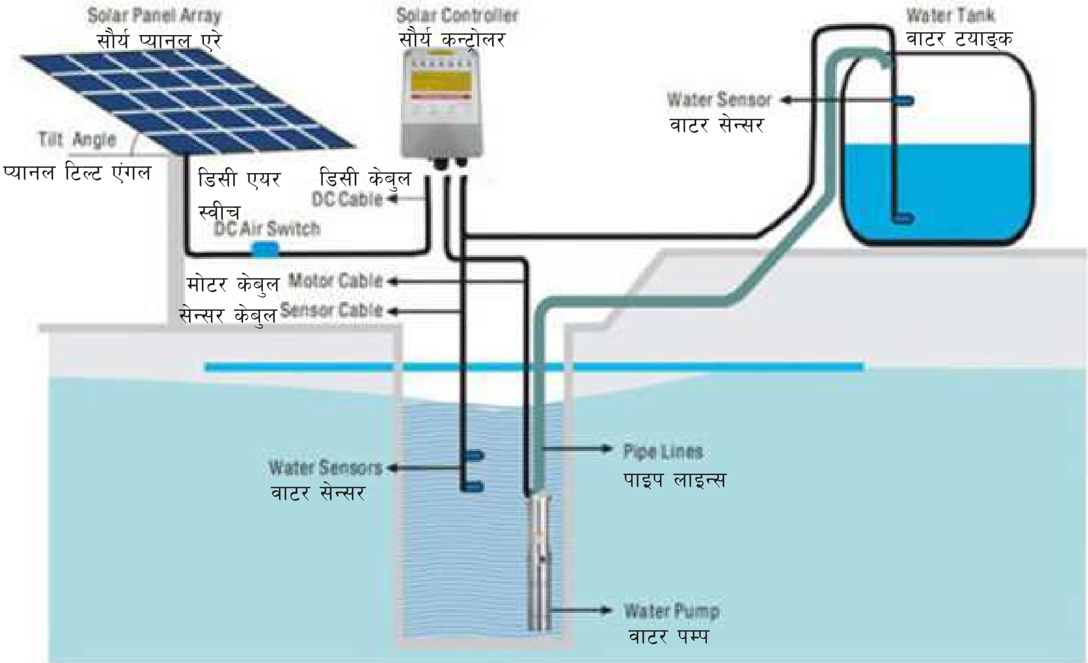
यसबाहेक, अनेकौं साधारण त्रुटीहरु आउन सक्छन् जसलाई शिघ्र सुधार गर्न आवश्यक हुन्छ ।

- फोहोर/भिजेको/खिया लागेको टर्मिनल वा कमजोर विद्युतीय जडान भएको प्लगहरु ।
- हिलो/ढुँगाका कारण पम्पमा फिल्टरहरु अवरुद्ध ।
- त्रुटीपूर्ण नन-रिटर्न भल्भ वा सक्शन लाइनमा हावा छिर्ने छिद्रको कारणले गर्दा सक्शन लाइनमा पानीको चुहावट हुनुले सक्शन पम्पको विफलता (सतह पम्पको अवस्थामा) ।
- चुहिने पाइप र जडानहरु ।
- ग्ल्याण्ड सिलबाट पानी चुहिनु ।

पम्प निर्माताहरुसँग नियमित/आवधिक मर्मरतका लागि विशेष सिफारिशहरु हुन सक्छन् जुन प्रणालीको दीर्घकालीन सञ्चालनका लागि कडाइका साथ पालना गर्न आवश्यक हुन्छ ।

कुनै पनि निर्धारित वा अनिर्धारित मर्मत कार्य प्राविधिकहरुले रेकर्ड गर्नुपर्छ जुन मर्मत स्थल र कार्यालयमा राख्नुपर्छ ।

तारहरु



तस्विर ३० सौर्य पम्पको मुख्य तार व्यवस्थापन देखाइंदै (चीनमा निर्मित, एन.डी.)

- प्रणालीमा भएका सबै केबलहरु राम्रोसँग इन्सुलेट गरिएको र राम्रोसित पाइपमा वा केबुल टाईले बाँढिएको हुनुपर्छ ।
- कन्ट्रोलरबाट पम्पसम्म गएको तारलाई पानीको सम्पर्कमा नआउने गरी सील गर्नुपर्छ ।
- कन्ट्रोलर र केबुल राम्रोसँग बाँधिएको छ र हावा चल्दा धारिलो किनाराहरुमा रगडिएको छैन भनी जाँच गर्नुहोस् । भूमिगत केबलिङको अवस्थामा केबुल जमिनमा खुला नरहेको सुनिश्चित हुनुहोस् ।
- पछिल्लो पटक परीक्षण गरे यता कुनै केबुल विस्थापित गरिएको छ भने यो सही निर्दिष्टिकरणहरु (आकार, सामग्री, इन्सुलेशन, आदि) को हो र राम्ररी पुरा भएको छ र नयाँ स्थानमा सुरक्षित रुपमा बाँधिएको छ भनेर सुनिश्चित गर्नुहोस् ।
- सबै जडानहरुमा खिया नलागेको र राम्ररी कस्सिएको छ भनेर परीक्षण गर्नुहोस् ।

- Ensure that the path of cable routing (underground or exposed) is dry. Water puddles on the path of cables increase the risk of short-circuiting.

Protection and other components

- Check whether the lightning air terminal and its grounding path are properly fastened and the lightning air terminal pole is straight and not touching any other metallic surface.

- केबुलको पथ (भूमिगत वा खुला) सुख्खा रहेको सुनिश्चित हुनुहोस् । केबुलको पथमा पानीको खाडलले शर्ट-सर्किटको जोखिम बढाउँछ ।

संरक्षण र अन्य कम्पोनेन्टहरु

- चट्याङ रोक्न (लाइटनिङ) एयर टर्मिनल र यसको ग्राउन्डिङ मार्ग ठीकसँग जोडिएको छ कि छैन र लाइटनिङ एयर टर्मिनल पोल सीधा छ र कुनै अन्य फलामसँग छोएको छैन भनेर जाँच गर्नुहोस् ।

8. Failure and Troubleshooting

Failures are inevitable in most systems, even in well-maintained and designed systems. There could be two types of such failure:

Type 1: Whole system and all its appliances are not working

Type 2: The system works but water output is low/intermittent

Type 1

Problems in the fuses and miniature circuit-breakers

- The first step for any troubleshoot or repairing is to disconnect the PV array. Check whether fuses or miniature circuit breakers in the system for damages (for example, loose connections and burnt smell/spots).
- Corrective action
    - Disconnect all the loads from the controller.
    - If the fuse is blown, replace it with the appropriate specifications of the fuse (such as correct current rating).
    - If the miniature circuit breaker is tripped, check for any cable damages or possible overload that may have caused the surge current to trip the breaker. Correct any problems in the system.
    - If the fuse or circuit-breaker does not trip, reconnect the load and turn the appliances on.

८. समस्या र समस्याको निवारण

अधिकांश प्रणालीमा असफलता निम्तिएको हुन्छ। राम्ररी सम्भार र डिजाइन गरिएको प्रणालीमा समेत यस्तो हुन्छ। त्यस्ता समस्या दुई प्रकारका हुन्छन्।

प्रकार १: सम्पूर्ण प्रणाली र यसका अरु उपकरणहरुले काम गरिरहेका छैनन्।

प्रकार २: प्रणालीले काम गरिरहेको छ तर पानी बहिर्गमन कम छ वा अस्थिर छ।

प्रकार १

फ्युज र एमसीबी (मिनिएचर सर्किट ब्रेकर) मा समस्या

- कुनै पनि समस्याको निवारण र मर्मतको चरण भन्दा अगाडि पिभी एरेलाई विच्छेदन गर्नुपर्छ। फ्युजहरु वा एमसीबीमा कुनै क्षति पुगेको छ कि परीक्षण गर्नुहोस् (उदाहरणका लागि, खुकुलो जडान र डढेको गन्ध/दाग)।
- सुधारको उपाय
    - कन्ट्रोलरबाट सबै लोडलाई अलग गर्नुहोस्।
    - यदि फ्युज जलेको छ भने यसलाई उपयुक्त निर्दिष्टिकरण भएको फ्युजले विस्थापित गर्नुहोस् (जस्तै कि सही करेन्ट रेटिङ्ग भएको)।
    - यदि मिनिएचर सर्किट ब्रेकर ट्रिप भयो भने, कुनै पनि केबल क्षति वा सम्भावित ओभरलोडको लागि जाँच गर्नुहोस् जसले ब्रेकरलाई ट्रिप गरेको हुन सक्छ। प्रणालीमा कुनै पनि समस्या आएको भए ठीक गर्नुहोस्।
    - यदी फ्युज वा सर्किट-ब्रेकर ट्रिप भएको छैन् भने लोडलाई पुनः जडान गर्नुहोस् र उपकरणहरु चलाउनुहोस्।

Faulty panel or panel wiring

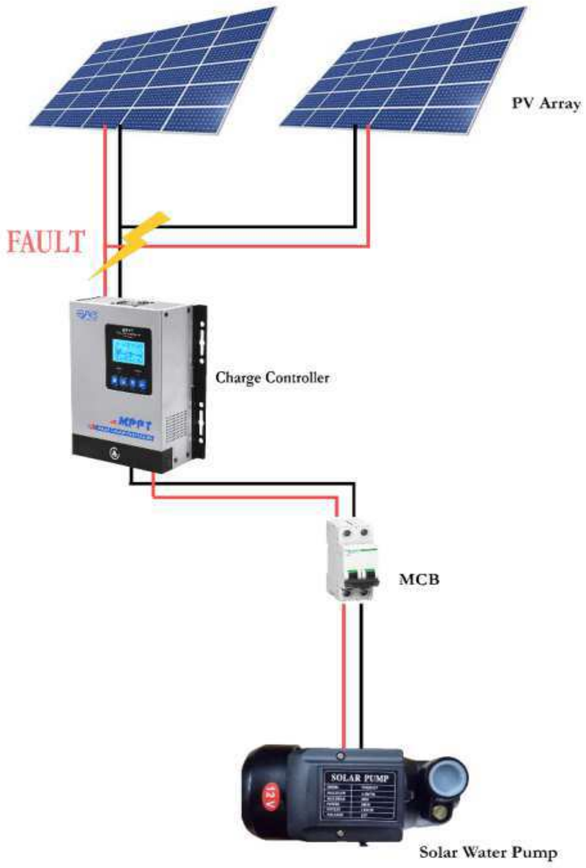


Figure 31 Faulty panel or panel wiring

- Disconnect the PV array.
- Check the array V_{oc} and correlate with the radiation to ensure that the array V_{oc} is correct.
- If the solar array voltage is less or more than the configured voltage, there is a problem with the panel or the panel wiring. Check all series and parallel connections.
- If the current is low for a panel or array, the connections to the panel or array may be loose or corroded. Possibly, panel(s) may also be damaged.

Corrective action:

1. Disconnect all panels and check them individually
2. Replace panels that aren't working
3. Clean all terminals and cables
4. Make sure that panels are clean and shade-free
5. Verify the V_{oc} of the array

प्यानलमा खराबी वा केबलमा समस्या

तस्विर ३१ प्यानलमा खराबी वा केबलमा समस्या

- पिभी एरेको जडान हटाउनुहोस् ।
- एरेको Voc जाँच गर्नुहोस् र एरेको Voc सही छ भनेर सुनिश्चित गर्न विकिरणसँग तुलना गर्नुहोस् ।
- यदि सौर्य एरे भोल्टेज कम छ वा संरचनात्मक भोल्टेजभन्दा बढी छ भने या त प्यानलमा वा प्यानलको वायरिङ्गमा समस्या रहेको बुझ्नुहोस् । सबै सिरिज र प्यारलल जडानको परीक्षण गर्नुहोस् ।
- यदि कुनै प्यानल वा एरेमा करेन्ट प्रवाह कम छ भने प्यानल वा एरेसँगको जडान खुकुलो वा जीर्ण भएको हुनसक्छ । सम्भवत: प्यानल (हरु) खराब भएको पनि हुन सक्छ ।

सुधारका कार्य :

सबै प्यानको कनेक्सन हटाएर परीक्षण गर्नुहोस् । → काम नगरेका प्यानललाई विस्थापित गर्नुहोस् । → सबै टर्मिनल र केबुलहरुलाई सफा गर्नुहोस् । → सबै प्यानलहरु सफा र छायाँ रहित रहेको सुनिश्चित गर्नुहोस् । → एरेको भीओसी जाँच गर्नुहोस् ।

Faulty controller

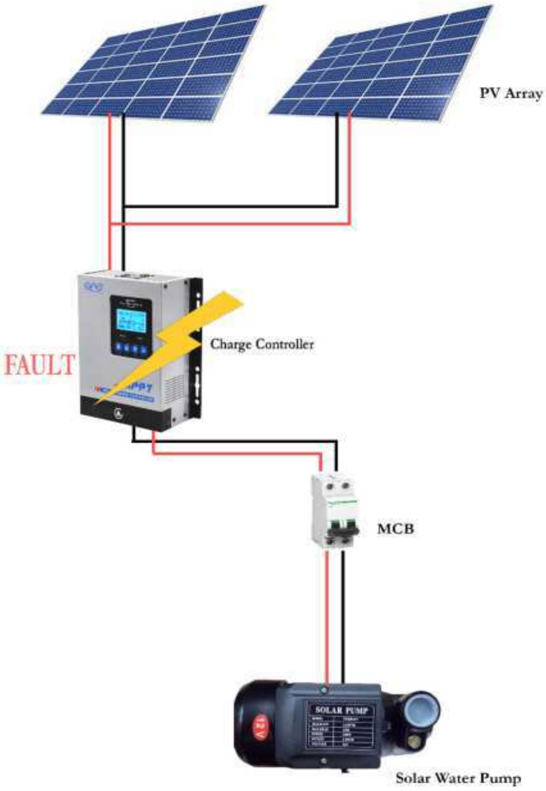


Figure 32 Faulty controller

- First, check for any fault indicators and fault code. Refer to the controller's manufacturer manual for the description of the fault.
- Check the DC voltage (V_{oc} and V_{mp}) at the input side of the controller when the controller is in the off and on mode. Correlate the input voltage with the radiation to ensure that the DC input voltage is correct. When the controller is on and should be powering the load, check the input and output power using a multimeter (measure voltage and current, then calculate power) or from the controller display. Correlate the input power with the output power to ensure that the controller is working correctly.
- Check all input parameters in the controller. For example, correct entry of pump capacity, pump voltage, pump current, array size, etc.

Corrective action:

Diagnose the fault indicated by referring to the controller manual → Ensure all input parameters are correct → Replace the controller if it is deemed damaged

कन्ट्रोलरमा खराबी

तस्विर ३२ कन्ट्रोलरमा खराबी

- पहिले, कुनै पनि त्रुटी सूचकहरु र त्रुटी कोड रहे वा नरहेको जाँच गर्नुहोस् । त्रुटीको विवरणको लागि कन्ट्रोलरको निर्माता निर्देशिका (मैनुअल) मा त्रुटीको विवरणसँग दाँज्नुहोस् (मिलाउनुहोस्) ।
- कन्ट्रोलर अफ र अन अवस्थामा हुँदा कन्ट्रोलरको इनपुटतिर डिसी भोल्टेज (Voc र Vmp) परीक्षण गर्नुहोस् । डिसी इनपुट भोल्टेज सही छ भनेर सुनिश्चित गर्न विकिरणसँग इनपुट भोल्टेजलाई दाँज्नुहोस् । जब कन्ट्रोलर अन छ, लोडलाई पावर दिइरहेको हुन्छ, मल्टिमिटर (भोल्टेज र करेन्ट नाप्नुहोस् र त्यसपछि पावरको हिसाब निकाल्नुहोस्) वा कन्ट्रोलर डिस्प्लेको उपयोग गरेर इनपुट र आउटपुट पावर जाँच गर्नुहोस् । कन्ट्रोलरले ठीकसँग काम गरिरहेको छ सुनिश्चित गर्न इनपुट पावरलाई आउटपुट पावरसँग मिलाउनुहोस् ।
- कन्ट्रोलरमा रहेको सबै इनपुट पारामिटर (मापन) को परीक्षण गर्नुहोस् । उदाहरणका लागि पम्प क्षमता, पम्प भोल्टेज, पम्प करेन्ट र एरेको आकार आदिको इन्ट्रि ठीक पार्नुहोस् ।

सुधारका कार्य :

कन्ट्रोलर निर्देशिकालाई सन्दर्भ गरेर संकेत गरिएको त्रुटीको निवारण गर्नुहोस् । → सबै इन्पुट मापदण्डहरु सही रहेको सुनिश्चित हुनुहोस् । → यदि कन्ट्रोलर नष्ट भएको छ भने विस्थापित गर्नुहोस् ।

Faulty pump

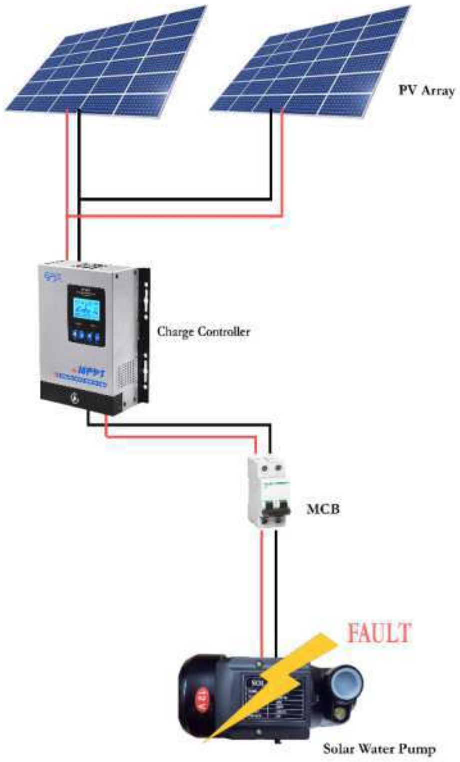


Figure 33 Faulty pump

- First, check if cable connections to the pump are correct, waterproof, and tightened.
- Check for any debris in the pump inlet that may have jammed the pump.
- If the pump seems to be jammed, dismantle the pump and clear the debris. Check the impeller for any damage.
- Disconnect the pump and check if the pump rotor can be rotated freely.
- For submersible pumps, check whether the rotor and impeller connecting teeth are well connected and gripped. Corroded teeth can result in rotor slippage.
- Correcting action:
    - For impeller damage, replace the impeller.
    - If the rotor is jammed without debris, contact the supplier or manufacturer.
    - If the rotor and impeller connecting teeth are corroded, replace the teeth after contacting the supplier or manufacturer.

Corrective action:

For impeller damage, replace the impeller → If the rotor is jammed without debris, contact the supplier or manufacturer → If the rotor and impeller connecting teeth are corroded, replace the teeth after contacting the supplier or manufacturer

पम्पमा खराबी

तस्विर ३३ पम्पमा खराबी

- पहिलो, पम्पसँगको केबुल राम्ररी जडान भए वा नभएको, पानी प्रतिरोधक (वाटर प्रुफ) काम गरे/नगरेको र कस्सिएको छ/छैन् जाँच्नुहोस् ।
- पम्पको इनलेटमा कुनै फोहोर थुप्रिएको छ/छैन् जाँच्नुहोस् जसले पम्प जाम गरेको हुन सक्छ ।
- यदि पम्प जाम भएको छ भने पम्प हटाएर फोहोर खालि गर्नुहोस् । इम्पेलरमा कुनै समस्या आएको हो की जाँच्नुहोस् ।
- पम्पको जडान हटाएर पम्पको रोटर स्वतन्त्ररुपले घुमेको छ/छैन् जाँच्नुहोस् ।
- पानीमा रहने पम्पहरुको लागि रोटर र इम्पेलर जोड्ने दाँत राम्रोसँग जोडिएको र बसेको छ/छैन् जाँच्नुहोस् । खिइएको दाँतले रोटर चिप्लिन सक्छ ।
- सुधारका कार्य
  - इम्पेलर क्षति भएको भने विस्थापित गर्नुहोस् ।
  - यदि हिलो/ढुंगाबाट रोटर जाम छ भने आपूर्तिकर्ता वा निर्मातासँग सम्पर्क गर्नुहोस् ।
  - यदि रोटर र इम्पेलर जोड्ने दाँत खिइएको छ भने निर्माता वा आपूतिकर्तासँग सम्पर्क गरेर विस्थापित गर्नुहोस् ।

सुधार कार्य

इम्पेलर बिग्रेको छ भने विस्थापित गर्नुहोस् । → यदि फोहोर छैन र रोटर जाम छ भने आपुर्तिकर्ता वा निर्मातासँग सम्पर्क गर्नुहोस् । → यदि रोटर र इम्पेलर जोड्ने दाँत खिइएको छ भने आपुर्तिकर्ता वा निर्मातासँग सम्पर्क गरी दाँत विस्थापित गर्नुहोस् ।

Faulty cable between controller and pump

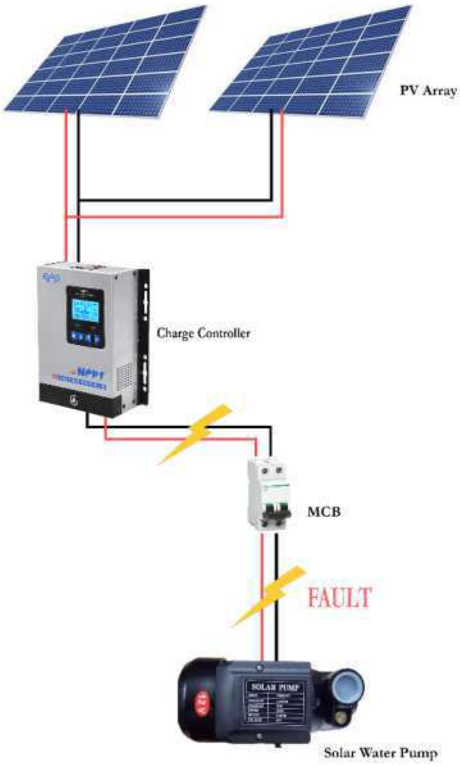


Figure 34 Faulty cable between controller and pump

- Measure the voltage at the pump and controller terminals.
- If the voltage is low even during sunny hours, there may be a cable fault. Note that the output voltage (in the case of AC pumps) of the controller will constantly change as the controller regulates the voltage and frequency of the pump depending on the input power.
- Clean/replace corroded cable terminals and tighten all connections.
- Make sure that the cable connecting the controller and the pump is of the correct size for the rated pump voltage and current.

Faulty fuses or circuit-breakers

- Check all fuses and circuit-breakers for any physical damage (puncture, burnt smell, burnt spots, etc.).
- If they continuously trip, there is a possible short circuit in the cable or components.
- Corrective action:
    - Fix shorted wiring or faulty components, replace fuses and reset circuit-breakers.

कन्ट्रोलर र पम्प बीचको केबुलमा खराबी

तस्विर ३४ कन्ट्रोलर र पम्पबीचको केबुलमा खराबी

- पम्प र कन्ट्रोलर टर्मिनलहरुको भोल्टेज नाप्नुहोस् ।
- घमाइलो दिनमा पनि भोल्टेज कम छ भने केबुलमा त्रुटी भएको हुनसक्छ । कन्ट्रोलरको आउटपुट भोल्टेज (एसी पम्पको हकमा) निरन्तर परिवर्तन हुनेछ ध्यान दिनुहोस् किनभने कन्ट्रोलरले इनपुट पावर (पावर) को आधारमा पम्पको भोल्टेज र फ्रिक्वेन्सी (बारम्बारता) लाई मिलाउने गर्छ ।
- खिइएको वा खिया लागेको केबुल टर्मिनलहरुलाई सफा/बदल्नुहोस् र सबै कनेक्सनहरुलाई कस्नुहोस् ।
- कन्ट्रोलर र पम्पलाई जोड्ने केबुल पम्पको मापदण्ड बमोजिम भोल्टेज र करेन्टको लागि उपयुक्त आकारको रहेको सुनिश्चित गर्नुहोस् ।

फ्युजहरु वा सर्किट-ब्रेकरमा खराबी

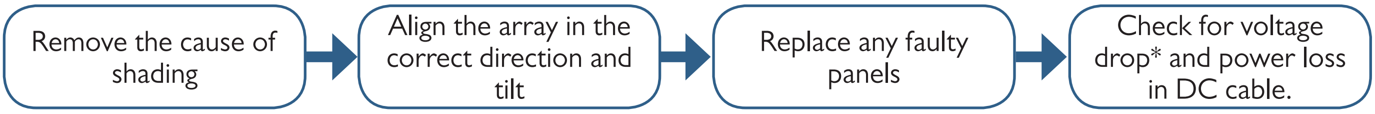
- सबै फ्युजहरु र सर्किट ब्रेकरहरुमा भौतिक क्षति भएको छ/छैन् जाँच्नुहोस् (पन्चर, डढेको गन्ध, डढेको भाग, आदि ।)
- यदी यो निरन्तर ट्रिप गरेको छ भने केबुल वा अन्य कारकहरुमा शर्ट सर्किट भएको हुन सक्छ ।
- सुधारका कार्य :
    - शर्ट भएको वायरिङ्ग वा त्रुटीपूर्ण कम्पोनेन्टहरुलाई पहिचान गर्ने, फ्युज परिवर्तन गर्ने र सर्किट ब्रेकरलाई पुनः रिसेट गर्ने ।

Type 2

The system works but water output is low/intermittent. This is the most common problem with solar PV systems and can be caused by various factors acting alone or in combination. This may be caused by inadequate power generation from the solar array, issues with power regulation by the controller or issues with pump operation.

Inadequate power generation from the solar array

- The reason for this may be due to shading, damaged panels, long cables with high power losses, dirty or loose connections, the array not facing the right direction, or dirt on the panels (soiling loss).
- Corrective action:
  - Remove the cause of shading
  - Align the array in the correct direction and tilt.
  - Replace any faulty panels.
  - Check the voltage drop and power losses in the DC cables. If these are higher than the limit (<3% DC voltage loss), either cable size needs to be increased or the length must be decreased.



**In case the voltage drop is greater than 3% either increase the cable size or decrease the length.*

Issues with power regulation by the controller

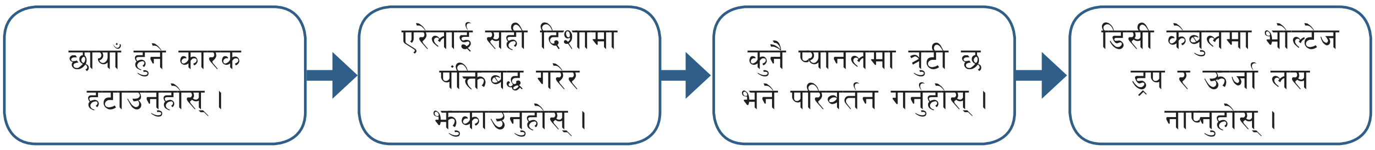
- The pump and array parameters in the controller may be incorrect.
- Check the input and output voltage and current at the terminals of the controller. If the array side voltages and currents are not as desired in correlation with the instantaneous radiation, the cables may not have been designed properly (for example, high voltage loss that results in the input voltage being outside of the input voltage range of the controller). If the array side voltages and currents are not as desired, then either the controller circuitry or output cables may be faulty.
- The cable connections may be loose or corroded.
- Corrective action:
  - Verify all input (array side) and output (pump side) parameters in the controller with the components used by referring to the manufacturer manual.
  - Clean or replace all cable connections for proper contacts.
  - Use a boost controller if the input voltage is too low and is not within the input voltage range of the controller.
  - If the controller is found to be faulty, replace the controller and send the old one for repair.

प्रकार २

प्रणालीले काम गरेको छ तर वाटर आउटपुट कम छ वा कमजोर छ। यो सौर्य पिभी प्रणालीको सबैभन्दा बढी आइरहने समस्या हो र यो एक्लै काम गर्दा वा संयोजनमा काम गर्दा विभिन्न कारणले हुन सक्छ। यो सौर्य एरेबाट अपर्याप्त बिजुली उत्पादन, कन्ट्रोलरबाट ऊर्जा सञ्चालन वा पम्प सञ्चालनमा समस्याको कारणले हुन सक्छ।

सौर्य एरेबाट अपर्याप्त ऊर्जा उत्पादन

- छायाँ, बिग्रेको प्यानल, लामो केबुलले उच्च पावर लस, फोहोर वा खुकुलो जडान (कनेक्शन), एरे उपयुक्त दिशामा नफर्केर वा प्यानलमा फोहोर बस्नाले (माटो जमेर हुने लस) यसो हुन सक्छ।
- सुधारका कार्य :
    - छायाँ हुने कारण हटाउनुहोस्।
    - एरेलाई सही दिशा र टिल्टमा पंक्तिबद्ध गर्नुहोस्।
    - कुनै प्यानलमा त्रुटी छ भने परिवर्तन गर्नुहोस्।
    - डिसी केबुलमा भोल्टेज ड्रप र पावर लस नाप्नुहोस्। यदि यो सीमाभन्दा उच्च (< ३ प्रतिशत डिसी भोल्टेज लस) छ भने या त केबुलको आकार बढाउनुपर्छ वा लम्बाई घटाउनुहोस्।



*भोल्टेज ड्रप यदि तीन प्रतिशतभन्दा बढी छ भने केबुलको आकार बढाउनुहोस् वा लम्बाई घटाउनुहोस्।

कन्ट्रोलरको ऊर्जा नियमनसँग सम्बन्धित समस्याहरु

- कन्ट्रोलरमा पम्प र एरे मापदण्डहरु गलत हुन सक्छन्।
- कन्ट्रोलरको टर्मिनलहरुमा इनपुट र आउटपुट भोल्टेज जाँच्नुहोस्। यदि एरे छेउका भोल्टेज र करेन्टहरु तात्कालिक विकिरणसँग पारस्परिक छैनन् भने केबुलहरु ठीकसँग डिजाइन नगरिएको हुन सक्छ (उदाहरणका लागि उच्च भोल्टेज लस जसले कन्ट्रोलरको इनपुट भोल्टेज दायराभन्दा बाहिर हुन्छ)। यदि एरेको भोल्टेजहरु र करेन्टहरु अपेक्षित अनुसार नभएमा या त कन्ट्रोलर सर्किटरी वा आउटपुट केबुलहरुमा त्रुटी हुन सक्छ।
- केबुल जडान खुकुलो वा खिया लागेको हुन सक्छ।
- सुधारको कार्य
    - निर्माता निर्देशिका (मानुयल) लाई उपयोग गरेर प्रयोग गरिएका कम्पोनेन्टहरुको कन्ट्रोलरमा सबै इनपुट (एरे तिर) र आउटपुट (पम्पतिर) का मापनहरु प्रमाणित गर्नुहोस्।
    - उचित सम्पर्कहरूको लागि सबै केबुल जडानहरु कि सफा गर्नुहोस् वा हटाउनुहोस्।
    - इनपुट भोल्टेज अत्याधिक कम छ भने कन्ट्रोलरको बुस्टको प्रयोग गर्नुहोस् र पुरानोलाई मर्मतका लागि पठाउनुहोस्।

Issues with pump operation

- Long AC cables (usually >100m) result in voltage spikes that may damage the pump insulation over time. Use DU/DT filter when long AC cables are used between the pump and the controller.
- The pump may not work correctly if the adequate voltage is not maintained on the pump side due to high voltage losses. Check the voltage drop and ensure correct cable sizing.

पम्प सञ्चालनसँग सम्बन्धित समस्याहरु

- लामो एसी केबुलहरु (सामान्यतया १०० मिटरभन्दा लामो) ले भोल्टेज स्पाइक निम्त्याउँछ जसले समय समयमा पम्पको इन्सुलेशनलाई बिगार्न सक्छ। पम्प र कन्ट्रोलरको बीचमा लामो केबुल प्रयोग भए डीयू/डीटी फिल्टर लगाउनुपर्छ।
- पम्पतिर पर्याप्त भोल्टेज सन्तुलन नगरिए उच्च भोल्टेज लसले पम्पलाई सहीरुपमा काम गर्न दिंदैन। भोल्टेज कम भएको जाँच्नुहोस् र केबुलको साइजिङ्ग सही रहेको सुनिश्चित गर्नुहोस्।

9. Electrical Testing

Equip yourself with a multimeter, clamp meter, and other required tools before electrical testing. Ensure safety precautions such as the use of insulating gloves while working with power circuits.

Check for the following,

Array open circuit voltage

- Problem: No current is being drawn and is normally high (idle voltage).
    - Solution: Conduct a short circuit current or spark test,
        - Disconnect the array from the controller and measure its short circuit current (a short circuit at the array will only cause a current slightly higher than normal).

Voltage under load (with running pump)

- Problem: If the input connection to the controller is connected in reverse polarity, the controller will not power on.
    - Solution: No damage will be caused if the controller has reverse polarity protection. Correct the connection polarity.
- Test the motor circuit (resistance test with power off), conduct this test if there is a proper voltage at the controller input but the motor does not run. It will confirm the condition of the entire motor circuit, including the motor, pump cable, and splice connections.
- Test the running current of the motor circuit (AC amps), this is useful as it indicates the force (torque) that the motor is applying to the pump.
- Compare the reading with the nominal specifications provided by manufacturers to better understand if the workload on the motor is normal.
- Higher current (especially pump overload light) may indicate:
    - The pump may be dealing with excessive sediment (such as sand or clay). The total dynamic head (vertical lift plus pipe friction) may be higher than expected.
    - There may be an obstruction to the water flow- check for sediment/ice in the pipe, a crushed section of the pipe, or a partially closed valve(s).
    - Helical rotor models: if water is warmer than 72°F (22°C), this could cause the rubber stator to expand and tighten against the rotor (temporarily, non-damaging).
    - Helical rotor models: Pump may have run dry. Remove the pump stator (outer body) from the motor, to reveal the rotor. If there is some rubber stuck to the rotor, the pump end must be replaced.
- To reset the overload shut off (red light), switch the controller off and on again. Lower current may indicate:
    - The pump head (rotor and impeller connection) may be worn, thus easier to turn than normal (especially if there is abrasive sediment).
    - The transmission and distribution pipes may have leakages that may be reducing the pressure load.
    - The pump may not be pumping and may be running dry.

९. विद्युतीय परीक्षण

विद्युतीय परीक्षण गर्नुअघि आफूलाई मल्टिमिटर, क्ल्याम्प मिटर र अरु आवश्यक उपकरण लिएर सुसज्जित हुनुहोस् । पावर सर्किट सम्बन्धी कामहरु गरिरहँदा जस्तै कि इन्सुलेटिङ्ग ग्लोभ्स लगायतका सुरक्षा सावधानी अपनाएको सुनिश्चित गर्नुहोस् । निम्न जाँच गर्नुहोस् ।

एरेको खुला सर्किट भोल्टेज

- समस्या : कुनै पनि करेन्ट बगेको छैन् र सामान्यतया उच्च छ (निष्क्रिय भोल्टेज) ।
    - समाधान : सर्ट सर्किट करेन्ट वा स्पार्क परीक्षण सञ्चालन गर्नुहोस्,
        - एरेलाई कन्ट्रोलरबाट विच्छेद गर्नुहोस् र यसको सर्ट सर्किट करेन्ट नाप्नुहोस् (एरेको सर्ट सर्किटले सामान्यभन्दा थोरै बढी मात्र करेन्ट ल्याउनेछ) ।

लोड अन्तर्गत भोल्टेज (पम्प सञ्चालनमा रहँदा)

- समस्या : यदि कन्ट्रोलरमा इनपुट जडान रिभर्स पोलारिटीमा जोडिएको छ भने कन्ट्रोलरले पावर अन गर्दैन् ।
    - समाधान : यदि कन्ट्रोलरमा रिभर्स पोलारिटी सुरक्षा छ भने कुनै क्षति हुने छैन् । कनेक्शन पोलारिटीलाई ठीक गर्नुहोस् ।
- मोटर सर्किट परीक्षण गर्नुहोस् (पावर अफमा प्रतिरोध परीक्षण), यदि कन्ट्रोलर इनपुटमा उचित भोल्टेज छ तर मोटर चलेनभने यो परीक्षण गर्नुहोस् । यसले मोटर, पम्प, केबुल र स्प्लाइस कनेक्सनसहित समग्र मोटर सर्किटको अवस्था सुनिश्चित गर्नेछ ।
- मोटर सर्किट (एसी एम्प्स) को सञ्चालनमा रहेको करेन्ट परीक्षण गर्नुहोस्, यसले मोटरले पम्पमालगाइरहेको बल (टर्क) को संकेत गर्छ ।
- मोटरमा लोड सामान्य छ भने राम्ररी बुझ्नको लागि कन्ट्रोलरले उपलब्ध गराएको सांकेतिक विशिष्टिकरणसँग रिडिङलाई तुलना गर्नुहोस् ।
- उच्च करेन्ट (विशेष गरी पम्प ओभरलोड लाइट) ले संकेत गर्न सक्छ :
    - पम्पले अत्याधिक थिग्रिने वस्तु (बालुवा वा माटो) को सामना गरिरहेको हुन सक्छ । कुल डायनामिक हेड (ठाडो ऊचाई र पाइप घर्षण लस) अपेक्षाभन्दा बढी हुन सक्छ ।
    - पानीको प्रवाहमा अवरोध हुन सक्छ, पाइपमा बरफ वा केही थिग्रिएको छ, पाइपको भाग कुल्चिएको, वा आंशिक रुपमा भल्भ बन्द छ कि परीक्षण गर्नुहोस् ।
    - हेलिकल रोटर मोडेल्स : यदि पानी ७२ डिग्री फहरेनहाइट (२२ डिग्री सेन्टीग्रेट) भन्दा तातो छ भने रबर स्टाटरलाई तन्क्याएर रोटरसँग छुन हुनसक्छ (अस्थायीरुपमा नबिग्रिनेगरी) ।
    - हेलिकल रोटर मोडेल्स : पम्प सुख्खा भएको हुनसक्छ । रोटर खोल्नलाई मोटरबाट पम्पको स्टाटर (बाहिरी आवरण) लाई हटाउनुपर्छ । यदी रोटरमा कुनै रबर अडकिएको (बसेको) छ भने त्यसलाई बदल्नुपर्छ ।
- ओभरलोड शट अफ (रातो बत्ती) रिसेट, कन्ट्रोलरलाई अफ गरेर अन गर्नु । केहि गरि पम्पले कम करेन्ट लिएको छ भने, यस कारण हुनसक्छ :
    - पम्प हेड (रोटर र इम्पेलर बीचको कनेक्सन) खराब हुन लागेको हुन सक्छ, जसले सामान्य भन्दा घुमाउन सजिलो हुन्छ (विशेषगरी थिग्रिएको वस्तुले जाम भएको अवस्थामा) ।
    - ट्रान्समिसन र वितरण पाइपहरुमा चुहावट भएको हुन सक्छ जसले लोडको दबाब कम गरिरहेको हुन्छ ।
    - पम्पले पम्पिङ्ग गर्न नसकिरहेको हुन सक्छ र यो सुख्खा नै सञ्चालन भएको हुन सक्छ ।

Test the float switch

- If the controller indicates "source low" when the pump is in the water, the float switch may be at fault or incorrectly placed.
- When the water level is above the float switch, the switch in the float switch makes contact. That causes the applied voltage to drop toward zero (LO signal). The controller interprets this signal as an 'ok' water level and allows the pump to run.
- If the HI signal from the probe is triggered, the controller interprets this signal as a low water level and stops the pump.
- To bypass the float switch (and activate the pump), connect a small wire between the float switch terminals in the controller. Reconnect the float switch correctly after the test.

Do this only for testing purposes.

- Restart the controller after disconnecting the float switch. If the pump runs, there is a fault in the float switch or the wiring. The wires may be shorted, open (broken), the moving part on the float switch may be stuck due to debris, or the float switch may be out of its desired placement.

फ्लोट स्वीचको परीक्षण

- पम्प पानीमा हुँदा यदि कन्ट्रोलरले "सोर्स लो" संकेत गरेको छ भने फ्लोट स्वीच त्रुटीपूर्ण स्थानमा वा सही स्थानमा नभएको हुनसक्छ ।
- पानीको स्तर यदी फ्लोट स्वीचमाथि छ भने फ्लोट भित्रको कनेक्सन बन्द हुन्छ । जसले उपयोगमा रहेको भोल्टेज शून्यमा (LO संकेत) झर्न सक्छ । कन्ट्रोलरले उक्त संकेतलाई 'सही' जल स्तरको रुपमा व्याख्या गरेर पम्प सञ्चालनको अनुमति दिन्छ ।
- यदि परीक्षणपछि एचआई (HI) संकेत हुन्छ भने कन्ट्रोलरले उक्त संकेतलाई निम्न जल स्तरको रुपमा व्याख्या गर्छ र पम्पलाई रोक्छ ।
- फ्लोट स्वीचलाई नजरअन्दाज गर्न (र पम्पलाई सक्रीय बनाउन), कन्ट्रोलरमा फ्लोट स्वीचको टर्मिनलहरुबीच एउटा सानो तार जोड्नुहोस् । परीक्षणपछि फ्लोट स्वीचलाई पुनः सही रुपमा जडान गर्नुहोस् ।

यो परीक्षण उद्देश्यका लागि मात्रै गर्नुहोस् ।

- फ्लोट स्वीचको जडान हटाएपछि कन्ट्रोलरलाई पुर्नसुचारु गर्नुहोस् । यदि पम्प चल्छ भने फ्लोट स्वीच वा वायरिङ्गमा त्रुटी छ भन्ने बुझिन्छ । तारहरु सर्ट भएको हुन सक्छ, खुला (चुँडिएको), फ्लोट स्वीचमा चल्ने भाग हिलो/अरु फोहरले अड्किएको हुन सक्छ, वा फ्लोट स्वीच आफ्नो स्थानबाट सरेको हुन सक्छ ।

10. Dos and Don'ts for Basic Maintenance

- **Clean solar panels**
    - Use a soft damp cloth to clean solar panels at least once a week.
    - If the panels are installed in a dusty environment, clean them frequently as necessary.
- **Keep the controller box dry and clean:**
    - Make sure the insides of the controller box are clean and dry.
    - Since the controller box may be installed in the middle of the field, check for any insect nests that may have developed in hidden corners.

- **Avoid cleaning the panels during daytime:**
    - It is advised to clean the panels in the morning or evening.
    - Cleaning the panels during the daytime may result in pump stoppage during cleaning due to shading.

- **Keep the panels shade-free:**
    - This is especially applicable to panels installed in the field; over time bushes, trees or plants may grow around the panels causing shading.
    - Make sure objects in the area around the panels do not shade the panels any time of the day.

- **Don't use water to clean any other part of the SIP except solar panels**
    - Other components those house electrical systems should not be cleaned by water or wet cloth.
    - Always use a dry cloth to clean these components when the system is off.

- **Don't connect or disconnect any wires of the system without consultation with a qualified technician**
    - The DC and AC wires in SIP systems carry high voltages that can be fatal if mishandled.
    - Always contact qualified technicians to repair or dismantle the system.

- **Inspect the water source**
    - Always inspect the water source for any debris or potential risk for the pump.
    - It is extremely important that the water pumped is clean and the pump is well protected and secured.

१०. आधारभूत (सामान्य) मर्मतका लागि गर्न हुने वा नहुने कामहरू

DO!

- सौर्य प्यानललाई सफा गर्नुहोस्
    - भिजेको नरम कपडाले साताको कम्तिमा एकपटक सौर्य प्यानललाई सफा गर्नुहोस् ।
    - यदि प्यानल धुलो भएको वातावरणमा छन् भने आवश्यकता अनुसार निरन्तर सफा गर्नुहोस् ।
- कन्ट्रोलर बक्सलाई सफा र सुख्खा राख्नुहोस् :
    - कन्ट्रोलर बक्सको भित्री भागलाई सफा र सुख्खा रहेको सुनिश्चित हुनुहोस् ।
    - कन्ट्रोलर बक्स बाहिर राखिने हुनाले, बक्स भित्र कीराले गुँड बनाएको छ कि जाँच्नुहोस् ।

DON'T

- प्यानललाई दिनको समयमा सफा नगर्नुहोस् :
    - बिहान वा साँझको समयमा मात्रै प्यानल सफा गर्न सुझाव दिइन्छ ।
    - दिनको समयमा प्यानलको सरसफाइ गर्दा छायाँले पम्प रोकिन सक्छ ।
- प्यानललाई छायाँरहित बनाउनुहोस् ।
    - चौरमा जडान गरिएको प्यानलमा यो सुझाब विशेषरुपमा लागू हुन्छ ; प्यानलको वरिपरि झाडी, रुख वा बिरुवा उम्रिएर छायाँ पर्नसक्छ ।
    - प्यानल वरिपरिको क्षेत्रको कुनै पनि वस्तुले दिनको कुनै पनि समयमा प्यानलमा छाँया नपारुन् भनेर सुनिश्चित हुनुपर्छ ।
- सौर्य प्यानलबाहेक सौर्य पम्पको कुनै भागको सरसफाइमा पानीको प्रयोग गर्नुहुन्न ।
    - घरमा विद्युतीय प्रणालीको अन्य तत्वहरु पानी वा भिजेको कपडाले सफा गर्नुहुँदैन् ।
    - प्रणाली बन्द गरेको बेला सधैं सुख्खा कपडाले मात्रै तत्वहरु सफा गर्नुहोस् ।
- कुनै दक्ष प्राविधिकको सुझावबिना प्रणालीको कुनै पनि तारलाई जोड्ने वा हटाउने काम नगर्नुहोस्
    - सौर्य पम्प प्रणालीको डिसी र एसी तारमा उच्च भोल्टेज प्रवाहित हुन्छ त्यसैले गलत प्रयोग वा 'मिसहयाण्डल' घातक हुन सक्छ ।
    - प्रणालीको मर्मत वा भत्काउन (हटाउन) दक्ष प्राविधिकको सम्पर्क गर्नुहोस् ।
- पानीको स्रोतको परीक्षण गर्नुहोस्
    - पम्पलाई हानि पुर्याउने कुनै भग्नावशेष वा सम्भाव्य जोखिम पानीको स्रोतमा छ की सधैं परीक्षण गर्नुहोस् ।
    - पम्प गरिएको पानी अत्यन्तै सफा रहेको र पम्प सुरक्षित रुपमा संरक्षण गरिनु अत्यन्तै महत्वपूर्ण हो ।

- **Inspect the output pipe**
    - In some irrigation systems spanning over large field areas, it is observed that farmers block the output pipe of the pump after use and forget to unblock it in the next operation only to observe no water output.
    - Do not block the output pipe since this will result in pump overloading during operation causing it to heat which decreases its life.

- **आउटपुट पाइपको परीक्षण गर्नुहोस्**
    - ठूलो क्षेत्रमा फैलिएका केही सिंचाइ प्रणालीहरुमा किसानले प्रयोग गरिसकेपछि पम्पको आउटपुट पाइपलाई ब्लक गर्ने (बन्द गर्ने) र अर्कोपटकको सञ्चालनमा पानी नआएपछि मात्रै ब्लक हटाउन बिर्सेको अवलोकन गरिएका छन् ।
    - पाइपको आउटपुटलाई बन्द गर्ने वा अवरोध सृजना गर्ने काम कहिले गर्नुहुन्न यसले पम्प सञ्चालनमा आउँदा लोड बढेर पम्प तात्न गई यसको आयू घटाउँछ ।

I. Annex: O&M template

General information	
Project name:	
Date:	
Location:	
Name of O&M technician:	
Name of client representative:	
Contact number of client representative:	
Scheduled or unscheduled maintenance:	☐ Scheduled ☐ Unscheduled
If unscheduled, describe the problem:	
SIP information	
Array size (Wp):	
Pump size (HP/kW):	
Type of pump:	☐ Surface ☐ Submersible ☐ DC pump ☐ AC pump
Vertical head (m):	
Designed water output per day (L/day):	
Measured water output per minute (L/min): Basic measurement – take a known volume of the bucket and measure the time it takes to fill up. Take three samples of time readings. Use the average of the time readings to calculate the flow rate in lpm.	……………. L/min Measurement method: ☐ Bucket measurement ☐ Flow meter ☐ RMU ☐ Others, specify For bucket measurement, fill in the following, Bucket volume: …………….. Liters Time (reading 1): ……………seconds Time (reading 2): ……………seconds Time (reading 3): ……………seconds Time of day: …………… Radiation: ……………W/m^2
O&M maintenance checklist	
Make necessary rectifications to the SIP as the checklist proceeds	
Is there any physical damages observed in the solar panels? Example: cracks, hotspots, etc.	☐ Yes, describe: …………………………………… …………………………………………………………… ☐ No
Is the solar array clean?	☐ Yes ☐ No, describe the level of dirt:……………….. ……………………………………………………………
Disconnect the solar array from the controller and check the V_{oc}. Is the V_{oc} of the array correct?	☐ Yes, V_{oc} measured: …………… ☐ No, V_{oc} measured: ……………

During solar array diagnosis, were any of the following observed?	☐ Faulty panel, describe:………………………… ……………………………………………………… ☐ Faulty cable, describe:………………………… ……………………………………………………… ☐ Faulty cable connections, describe:……...…. ………………………………………………………
Is there significant sag observed in the solar structure that may cause mechanical stress on the solar panels?	☐ Yes, describe: ……………………………… ……………………………………………………… ☐ No
Are all solar panel inter-wiring cables neatly tied?	☐ Yes ☐ No, describe:……………………..………… ………………………………………………………
Is the cable from the solar array to the controller properly conduit and insulated?	☐ Yes ☐ No, describe:……………………..………… ………………………………………………………
Are all cable connections in the controller box properly insulated and terminated?	☐ Yes ☐ No, describe:……………………..………… ………………………………………………………
Is the controller box clean and dry?	☐ Yes ☐ No, describe:……………………..………… ………………………………………………………
Is the PV disconnector MCB working properly?	☐ Yes ☐ No, describe:……………………..………… ………………………………………………………
Is the lightning air terminal adequately supported and at the appropriate height above the solar array?	☐ Yes ☐ No, describe:……………………..………… ………………………………………………………
Is the solar array, controller box, SPDs and pump properly connected to the earth?	☐ Yes ☐ No, describe:……………………..………… ………………………………………………………
Is the controller box operating as desired?	☐ Yes ☐ No, describe:……………………..………… ………………………………………………………
Is the cable from the controller to the pump properly conduit and insulated?	☐ Yes ☐ No, describe:……………………..………… ………………………………………………………

If any changes were made to the controller settings, please describe the changes made:	…………………………………………………… …………………………………………………… ……………………………………………………
Is the pump adequately supported?	☐ Yes ☐ No, describe:……………………..………… ……………………………………………………
Is there any unusual noise observed during pump operation?	☐ Yes, describe: ……………………………… …………………………………………………… ☐ No
Is the non-return valve in the SIP system working correctly without leakage?	☐ Yes ☐ No, describe:……………………..…………
Describe the quality of the water source:	☐ Clean ☐ Murky without significant debris ☐ Dirty water that is not suitable for pumps
Is the pump intake free of debris and rotating properly? Answer based on observation	☐ Yes ☐ No, describe:……………………..…………
Conclusion	
Overall, have all rectifications been made during O&M, and is the SIP operating optimally?	☐ Yes ☐ No, describe:……………………..…………
List components that need replacement:	1. …………………………………………… 2. …………………………………………… 3. …………………………………………… 4. …………………………………………… 5. …………………………………………… 6. …………………………………………… ☐ None

Describe any pending rectifications necessary and explain why?	1. ………………………………………… …………………………………………………….. 2. ………………………………………… …………………………………………………….. 3. ………………………………………… …………………………………………………….. 4. ………………………………………… …………………………………………………….. 5. ………………………………………… …………………………………………………….. 6. ………………………………………… ……………………………………………………..

Client representative	Name: …………………………………….. Signature: ………………………………….
O&M technician	Name: …………………………………….. Signature: ………………………………….

अनुसूची: सञ्चालन र मर्मत संभार टेम्प्लेट

साधारण जानकारी/सूचना	
आयोजनाको नाम :	
मिति :	
स्थान :	
ओ एण्ड एम प्राविधिकको नाम :	
ग्राहक प्रतिनिधिको नाम :	
ग्राहक प्रतिनिधिको सम्पर्क नम्बर :	
सूचित वा अनुसूचित मर्मत :	☐ सूचित ☐ अनुसूचित
अनुसूचित भए, समस्याको ब्याख्या :	
सौर्य पम्प सूचना	
एरे आकार (Wp):	
पम्प आकार (Hp/kw):	
पम्पको प्रकार :	☐ सर्फेस ☐ सब्मर्सिबल
	☐ डिसी पम्प ☐ एसी पम्प
भर्टिकल हेड (m):	
डिजाइन गरिएको वाटर आउटपुट प्रतिदिन (लिटर/दिन)	
प्रति मिनेटमा फालेको पानीको मात्रा (लिटर/मिनेट) : आधारभूत नाप -निश्चित आयतन भएको एउटा बाल्टी लिने र भर्न लाग्ने समय नाप्नुहोस्। बाल्टीन भर्न लाग्ने समय तीन पटक मापन गर्नुहोस्। प्रति मिनेट कति लिटर पानी आउँछ भने हिसाब निकाल्न तीनवटै समयको औसत निकाल्नुहोस्।	...........................लिटर/मिनेट नापको विधि : ☐ बाल्टीको नाप ☐ फ्लो मिटर ☐ आरएमयू ☐ अन्य, उल्लेख गर्नुहोस् बालटीको नापको लागि, तल भर्नुहोस्, बालटीको आयतन :................लिटर समय : रिडिंग १...........सेकेण्ड समय : रिडिंग २............सेकेण्ड समय : रिडिंग ३............सेकेण्ड समय (दिनको भाग)........... रेडिएशन:..............डब्ल्यु/वर्ग मिटर

सञ्चालन र मर्मत संभार परीक्षणसूची	
परीक्षणसूची अगाडि बढ्दै जाँदा सौर्य पम्पमा आवश्यक सुधारहरु गर्नुहोस्	

सौर्य प्यानलमा कुनै भौतिक क्षति अवलोकन गरिएको छ ? उदाहरण : क्रेक (चिना) भएको, हटस्पट, आदि	☐ छ, वर्णन गर्नुहोस्............. ☐ छैन
सौर्य एरे सफा छ ?	☐ छ ☐ छैन, फोहोरको स्तर/मात्रा उल्लेख गर्नुहोस् ....
कन्ट्रोलरबाट सौर्य एरेको कनेक्सन हटाउनुहोस् र भीओसी परीक्षण गर्नुहोस् । एरेको भीओसी सही छ ?	☐ छ, भीओसीको नापः .... ☐ छैन, भीओसीको नाप ....
सौर्य एरेको निदानको क्रममा यसमध्ये कुनै अवलोकन गरियो ?	☐ प्यानलमा त्रुटी, वर्णन गर्नुहोस्......... ☐ केबुलमा त्रुटी, वर्णन गर्नुहोस् .... ☐ केबुल जडानमा त्रुटी, वर्णन गर्नुहोस् ....
के सौर्य संरचनामा सौर्य प्यानलहरुमा यान्त्रिक तनाव उत्पन्न हुनसक्ने महत्वपूर्ण शिथिलताहरु देखापरेका छन् ?	☐ छ, वर्णन गर्नुहोस्........... ☐ छैन
सौर्य प्यानलको अन्तर वायरिङ्ग केबुलहरु राम्ररी बाँधिएको/जोडिएको छ ?	☐ छ ☐ छैन, वर्णन गर्नुहोस्.........
सौर्य एरेबाट कन्ट्रोलरसम्मको केबुल सही रुपमा इन्सुलेट गरिएको छ ?	☐ छ ☐ छैन, वर्णन गर्नुहोस्
के कन्ट्रोलर बक्समा भएका सबै केबुल जडानहरु राम्ररी इन्सुलेट र बन्द गरिएका छन् ?	☐ छ ☐ छैन, वर्णन गर्नुहोस्
के कन्ट्रोलर बक्स सफा र सुख्खा छ ?	☐ छ ☐ छैन, वर्णन गर्नुहोस्
के पिभी डिसकनेक्टर एमसीबी राम्ररी काम गरेका छन् ?	☐ छ ☐ छैन, वर्णन गर्नुहोस्
के लाइटनिंग एयर टर्मिनलले पर्याप्त रुपमा टेवा पाएको छ र सौर्य एरेमाथि उपयुक्त ऊचाईमा छ ?	☐ छ ☐ छैन, वर्णन गर्नुहोस्
के सौर्य एरे, कन्ट्रोलर बक्स, एसपीडी र पम्पको अर्थिङ राम्ररी जोडिएको छ ?	☐ छ ☐ छैन, वर्णन गर्नुहोस्
के कन्ट्रोलर बक्स अपेक्षा अनुसार सञ्चालन भइरहेका छन् ?	☐ छ ☐ छैन, वर्णन गर्नुहोस्
के कन्ट्रोलरदेखि पम्पसम्मको केबुल राम्ररी इन्सुलेट गरिएको छ ?	☐ छ ☐ छैन, वर्णन गर्नुहोस्

कन्ट्रोलरको सेटिंग्समा कुनै परिवर्तन गरिएको छ भने त्यस्तो परिवर्तनबारे उल्लेख गर्नुहोस्	....
के पम्प राम्ररी टेकोसहित ठड्याइएको छ ?	☐ छ ☐ छैन, वर्णन गर्नुहोस्
पम्प सञ्चालनको क्रममा कुनै अव्यवहारिक कोलाहल (आवाज) अवलोकन गरिएको छ ?	☐ छ ☐ छैन, वर्णन गर्नुहोस्
के सौर्य पम्प प्रणालीको नन-रिटर्न भल्भ (चेक भल्भ) सही रुपले चुहावटबिना काम गरेको छ ?	☐ छ ☐ छैन, वर्णन गर्नुहोस्
पानीको स्रोतको गुणस्तर उल्लेख गर्नुहोस् :	☐ सफा ☐ तर टुक्राबिना धमिलो ☐ पम्पका लागि असुहाउँदो फोहोर पानी
के पानी सफा छ र पम्प सहीरुपमा घुमेको छन् ?	☐ छ ☐ छैन, वर्णन गर्नुहोस्
निष्कर्ष	
समग्रमा ओ एण्ड एमको क्रममा सुधारका सबै उपायहरु अबलम्बन गरिएका छन् र सौर्य पम्प राम्ररी काम गरेको छ ?	☐ छ ☐ छैन, वर्णन गर्नुहोस्
हटाउन आवश्यक सामानको सूची बनाउनुहोस् :	१ .... २ .... ३ .... ४ .... ५ .... ६ .... ☐ कुनै पनि छैन

बाँकी रहेको आवश्यक सुधार गर्नुपर्ने केही छ र किन ?	१ .... २ .... ३ .... ४ .... ५ .... ६ ....

उपभोक्ता प्रतिनिधि	नाम : .... हस्ताक्षरः ....
ओ एण्ड एम प्राविधिक	नाम : .... हस्ताक्षर : ....

References/सान्दर्भिक स्रोतहरू

AET. (2021, 05 20). Retrieved from *https://www.alternative-energy-tutorials.com: https://www.alternative-energy-tutorials.com/photovoltaics/bypass-diode.html*

Altestore. (2021, 06 08). Retrieved from *www.altestore.com: https://www.altestore.com/blog/wp-content/uploads/2016/04/rated-out-and-solar-panels-altestore.png*

BCcampus. (n.d.). Batteries and Fuel Cells. Retrieved from BCcampus: *https://opentextbc.ca/chemistry/chapter/17-5-batteries-and-fuel-cells/*

ecoPlanetenergy. (2016). Photovoltaic Systems Maintenance. Retrieved from ecoPlanetenergy: *https://ecoplanetenergy.com/solutions/photovoltaic-system-maintenance/*

FSEC. (2021, 05 20). Retrieved from *http://www.fsec.ucf.edu/: http://www.fsec.ucf.edu/en/consumer/solar_electricity/basics/cells_modules_arrays.htm*

GAF DecoTech. (2021, 09 08). https://www.aaexs.com/. Retrieved from https://www.aaexs.com/: https://www.aaexs.com/wp-content/uploads/sites/46/2017/09/GAF-DecoTech-2.pdf

Grid Nepal. (2014). Training Manual on Solar PV Pumping System. Kathmandu: AEPC.

LSP-International. (2021, 05 20). Retrieved from *www.lsp-international.com: https://www.lsp-international.com/1500vdc-application-in-the-photovoltaic-system/off-grid-pv-system/*

Made-in-China. (n.d.). Automatic Solar Pump Controller with 24V 36V 48V 72V 90V. Retrieved from Made-in-China: *https://cnrison.en.made-in-china.com/product/OXgxJQGuuLRW/China-Automatic-Solar-Pump-Controller-with-24V-36V-48V-72V-90V.html*

Made-in-China. (n.d.). High Flow Low Head Solar Water Pump, Solar DC Submersible Water Pump. Retrieved from Made-in-China: *https://jintaipump.en.made-in-china.com/product/xMiQwuePOrHY/China-High-Flow-Low-Head-Solar-Water-Pump-Solar-DC-Submersible-Water-Pump.html*

Mayfield, R. (2021, November 8). Calculating Current Ratings of Photovoltaic Modules. Retrieved from EC&M: *https://www.ecmweb.com/renewables/article/20896977/calculating-current-ratings-of-photovoltaic-modules*

National Luna. (2021, January 20). An essential battery terminal upgrade for overland vehicles. Retrieved from National Luna: *https://www.nationalluna.com/battery-management/an-essential-battery-terminal-upgrade-for-overland-vehicles/*

Newenergyco. (2021, 06 9). Retrieved from *https://www.newenergyco-op.co.uk/: https://www.newenergyco-op.co.uk/blog/how-to-connect-your-batteries-to-make-up-a-24v-or-48v-system.html*

Pedrollo. (2021, 09 08). Standardized “EN 733” centrifugal pumps. Retrieved from *https://www.pedrollo.com/: https://www.pedrollo.com/en/f-standardized-en-733-centrifugal-pumps/144*

Pedrollo. (2021, 09 08). submersible-pumps. Retrieved from *https://www.pedrollo.com: https://www.pedrollo.com/en/3sr-3-submersible-pumps/338*

Pedrollo. (n.d.). 3" submersible pumps. Retrieved from Pedrollo: *https://www.pedrollo.com/en/3sr-3-submersible-pumps/338*

Solargis. (2019). Solar resource maps of Nepal. (World Bank Group (ESMAP)) Retrieved 02 05, 2021, from Global Solar Atlas 2.0: *https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/nepal*

Solargis. (2021, 09 08). Solar resource maps of Nepal. Retrieved from *https://solargis.com/: https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/nepal*

Solarreviews. (2021, 06 10). Retrieved from *https://www.solarreviews.com: https://www.solarreviews.com/blog/grid-tied-off-grid-and-hybrid-solar-systems*

Sungold Solar. (2021, 05 20). Retrieved from *https://www.sungoldsolar.com: https://www.sungoldsolar.com/The-Types-of-Solar-Panels-id3056893.html*

Synergy. (2021, 09 08). Solar Photovoltaic Systems. Retrieved from *http://www.synergyenviron.com/: http://www.synergyenviron.com/resources/solar-photovoltaic-systems*

IWMI
International Water
Management Institute

IWMI is a CGIAR Research Center

The International Water Management Institute (IWMI) is an international, research-for-development organization that works with governments, civil society and the private sector to solve water problems in developing countries and scale up solutions. Through partnership, IWMI combines research on the sustainable use of water and land resources, knowledge services and products with capacity strengthening, dialogue and policy analysis to support implementation of water management solutions for agriculture, ecosystems, climate change and inclusive economic growth. Headquartered in Colombo, Sri Lanka, IWMI is a CGIAR Research Center with offices in 14 countries and a global network of scientists operating in more than 30 countries.

International Water Management Institute (IWMI)
Headquarters
127 Sunil Mawatha, Pelawatta
Battaramulla, Sri Lanka

Mailing address:
P. O. Box 2075
Colombo, Sri Lanka
Tel: +94 11 2880000
Fax: +94 11 2786854
Email: iwmi@cgiar.org
www.iwmi.org