

KONFERENCJA SZKOLENIOWO - TECHNICZNA ELEKTRO.INFO
ZAGROŻENIA POŻAROWE STWARZANE PRZEZ ŹRÓDŁA ZASILANIA BUDYNKÓW, SAMOCHODY
ELEKTRYCZNE ORAZ MAGAZYN Y ENERGII I ICH NEUTRALIZACJA



2001-2022

*INSTALOWANIE SYSTEMÓW FOTOWOLTAIKZNYCH
NA STACJACH PALIW PŁYNNYCH I GAZOWYCH*

JULIAN WIATR

Redaktor naczelny elektro.info



WARSZAWA, 17 LISTOPAD 2022

Nasłonecznienie i jego uwarunkowania

W promieniowaniu słonecznym, które dociera do powierzchni Ziemi, wyróżnia się trzy podstawowe składniki:

- promieniowanie **bezpośrednie**, pochodzące od widocznej tarczy słonecznej,
- promieniowanie **rozproszone**, powstające w wyniku wielokrotnego załamania promieni słonecznych na składnikach atmosfery,
- promieniowanie **odbite**, powstające wskutek odbić od elementów krajobrazu i otoczenia.

Około **30 %** energii przenoszonej przez to promieniowanie odbija się od atmosfery otaczającej kulę ziemską, **47 %** pochłaniają morza i oceany, a **23 %** zużywa się w obiegu hydrologicznym (parowanie, opady).

Dla **n-tego** dnia roku gęstość promieniowania słonecznego należy wyznaczyć z poniższego wzoru:

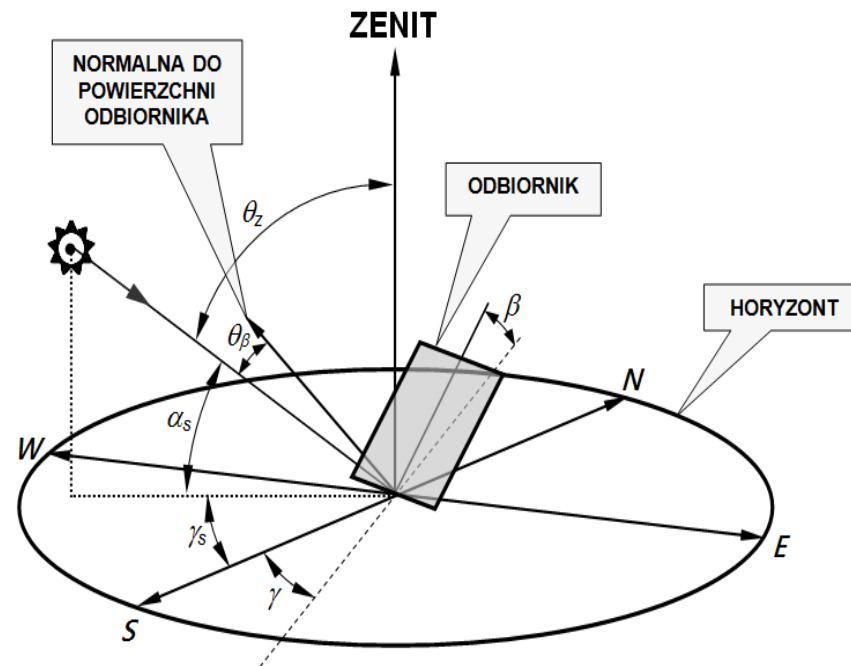
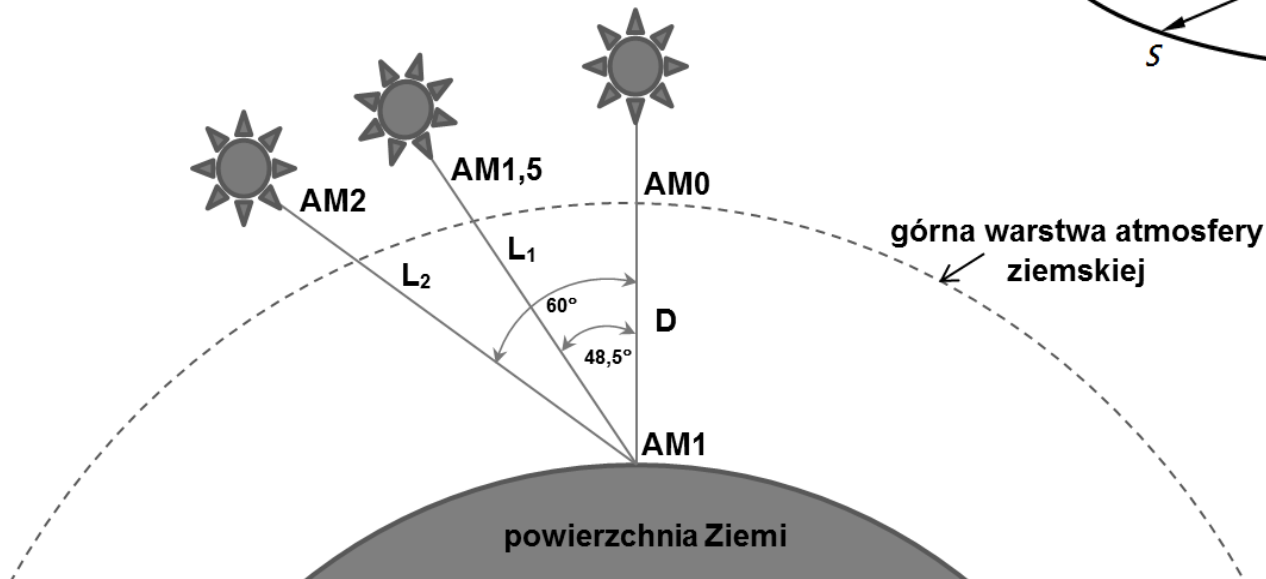
$$G_{Sn} = G_{SC} \cdot \left[1 + 0,033 \cdot \cos\left(\frac{360 \cdot n}{365}\right) \right]$$

$G_{SC}=1367 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ – stała słoneczna

MASA OPTYCZNA ATMOSFERY, A GEOMETRIA GENERATORA PV

θ_z - kąt zenitu, będący zarazem kątem padania promieniowania słonecznego na powierzchnię poziomą,

α_s - wysokość Słońca, kąt między kierunkiem promieniowania bezpośredniego na płaszczyznę horyzontu ($\theta_Z = 90^\circ - \alpha_s$).

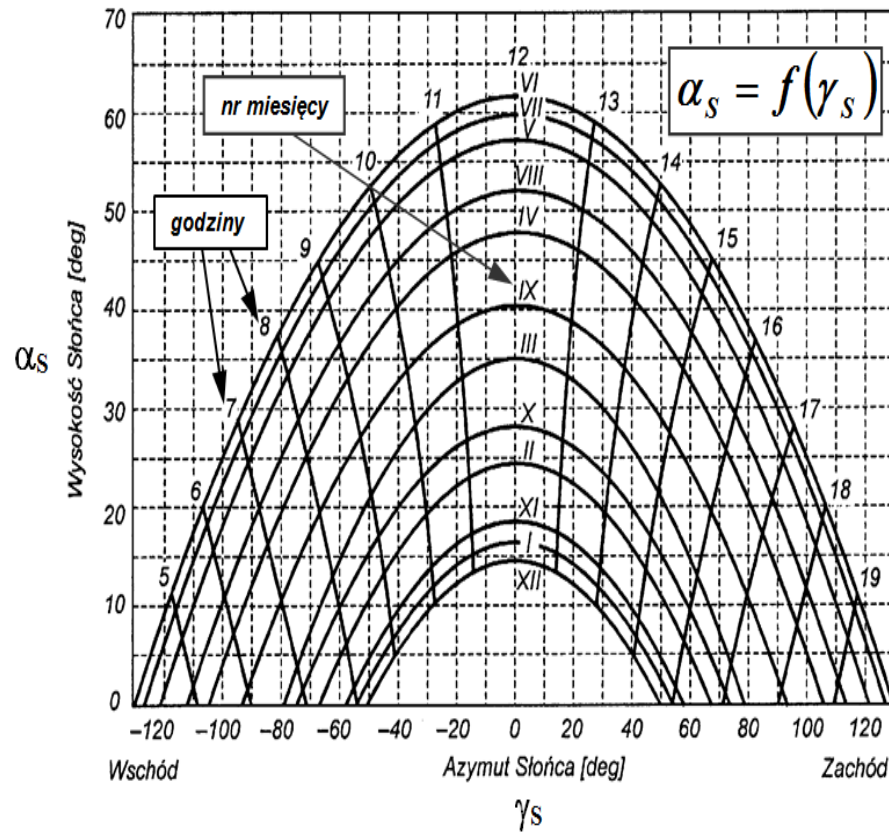


$$\text{AM} = \frac{L_x}{D} = \frac{1}{\sin \alpha_s} = \frac{1}{\cos \theta_z}$$

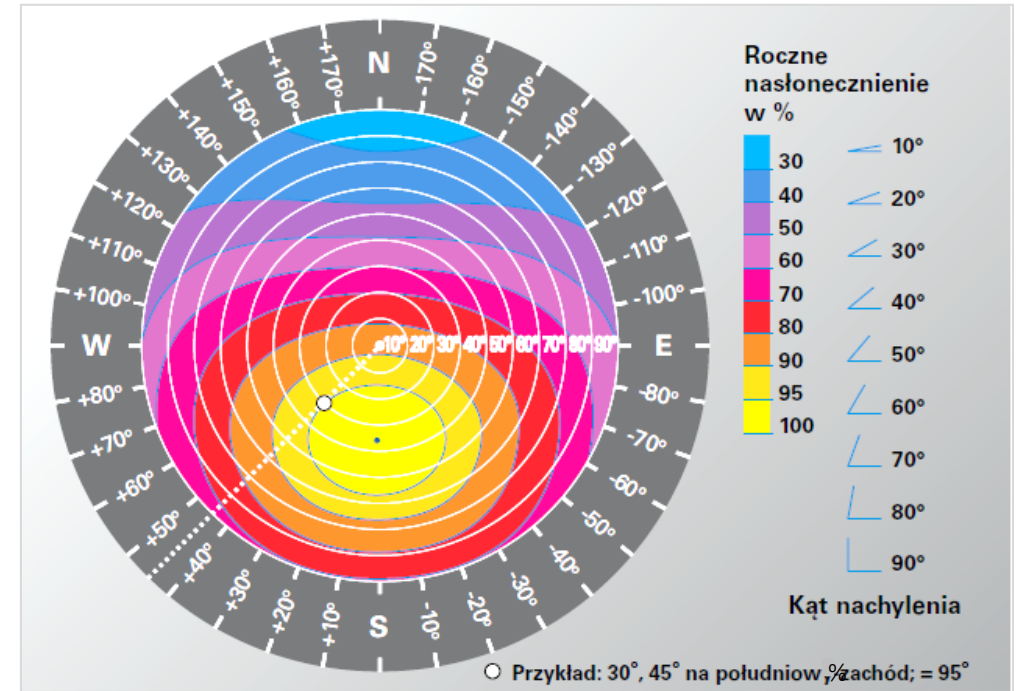
ZMIENNOŚĆ WARUNKÓW NASŁONECZNIE NIA W CIĄGU DNIA ORAZ ROKU



Wędrowka słońca w ciągu roku.mp4



Wykresy pozycji Słońca $\alpha_s = f(\gamma_s)$



Wpływ orientacji i nachylenia modułu PV na potencjał promieniowania słonecznego

Natężenie promieniowania słonecznego

Chwilowa wartość gęstości mocy promieniowania słonecznego padającego w ciągu jednej sekundy na powierzchnię jednego metra kwadratowego, prostopadłą do kierunku promieniowania – [**W/m²**]

Nasłonecznienie

Suma natężenia promieniowania słonecznego w danym czasie. Jest to wielkość opisującą zasoby nasłonecznienia w danym miejscu i czasie: [**Wh/m²**].

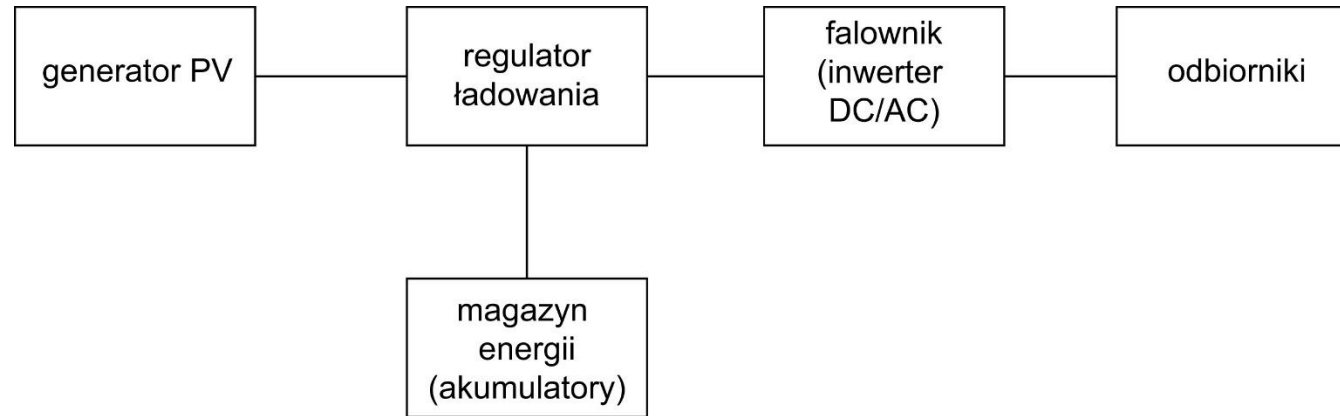
Usłonecznienie

Liczba godzin słonecznych w danym miejscu opisujących warunki pogodowe. Dla Warszawy 1579 h/a. Średnio dla Polski usłonecznienie wynosi **1624 h/a**.

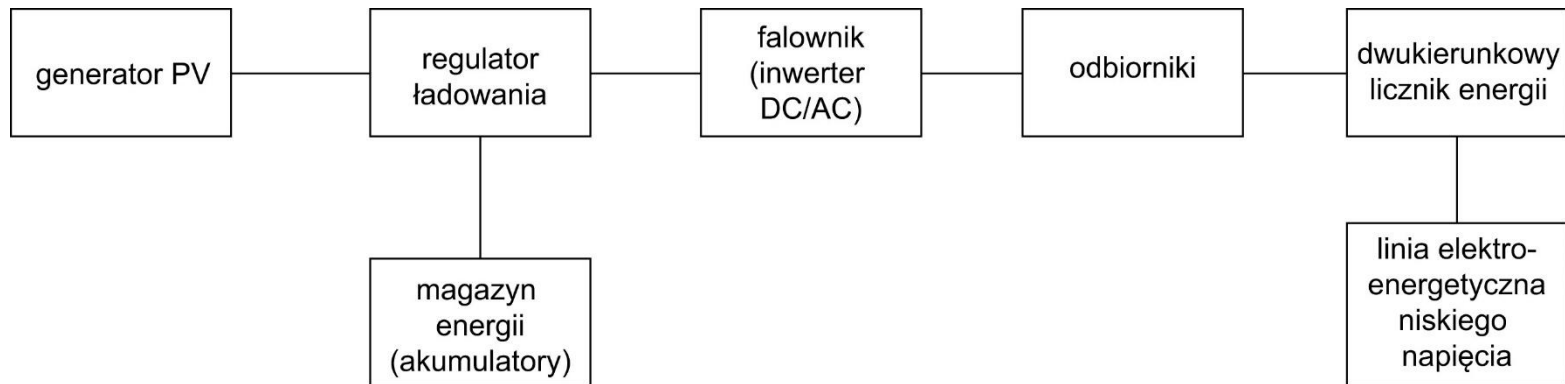
Efekt fotowoltaiczny

Zjawisko powstawania siły elektromotorycznej w ciele stałym pod wpływem promieniowania słonecznego.

SYSTEM FOTOWOLTAICZNY (PV)

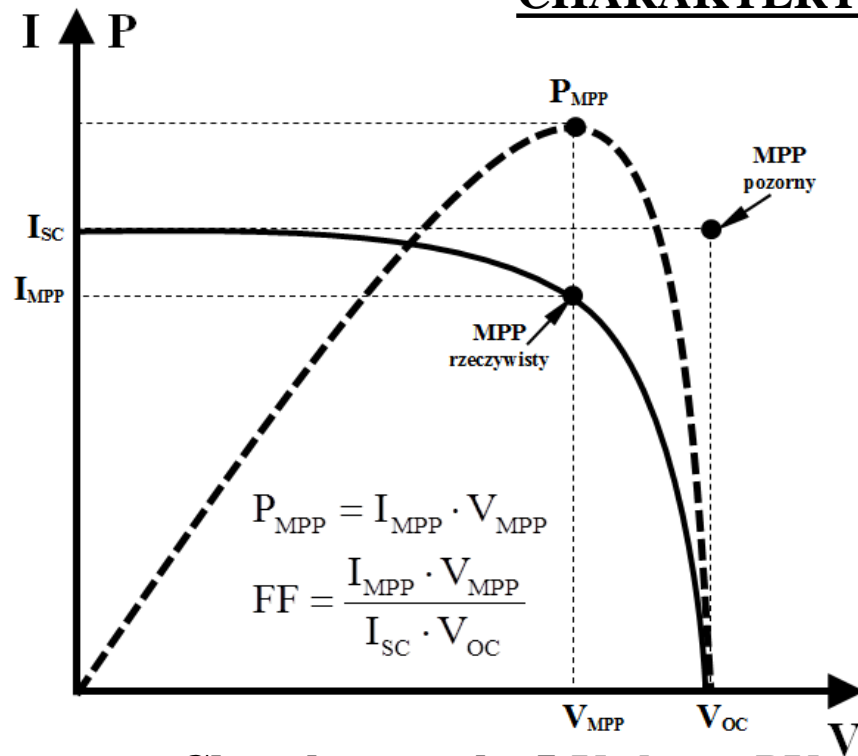


Schemat blokowy autonomicznego systemu PV



Schemat blokowy systemu PV dołączanego do sieci

CHARAKTERYSTYKA OGNIWA PV



Charakterystyka I-V złącza PV

U_{oc} – napięcie ogniwa otwartego, nieobciążonego;

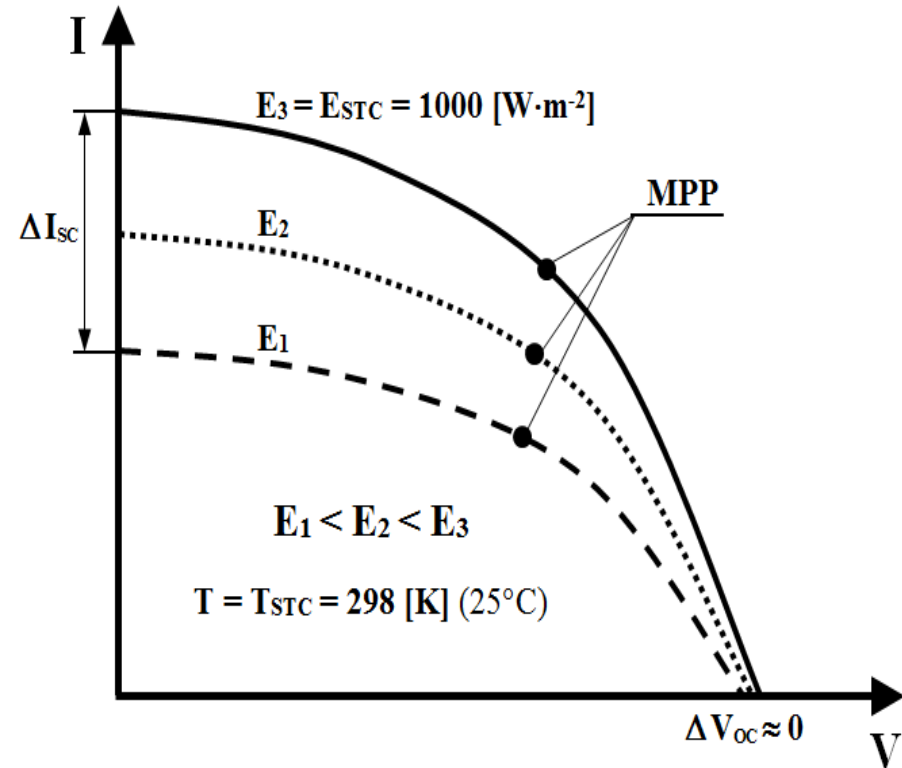
I_{sc} – prąd zwarciaowy;

P_{MPP} – moc maksymalna;

I_{MPP} – prąd przy maksymalnej mocy ogniwa;

U_{MPP} – napięcie przy mocy maksymalnej ogniwa

FF – współczynnik wypełnienia

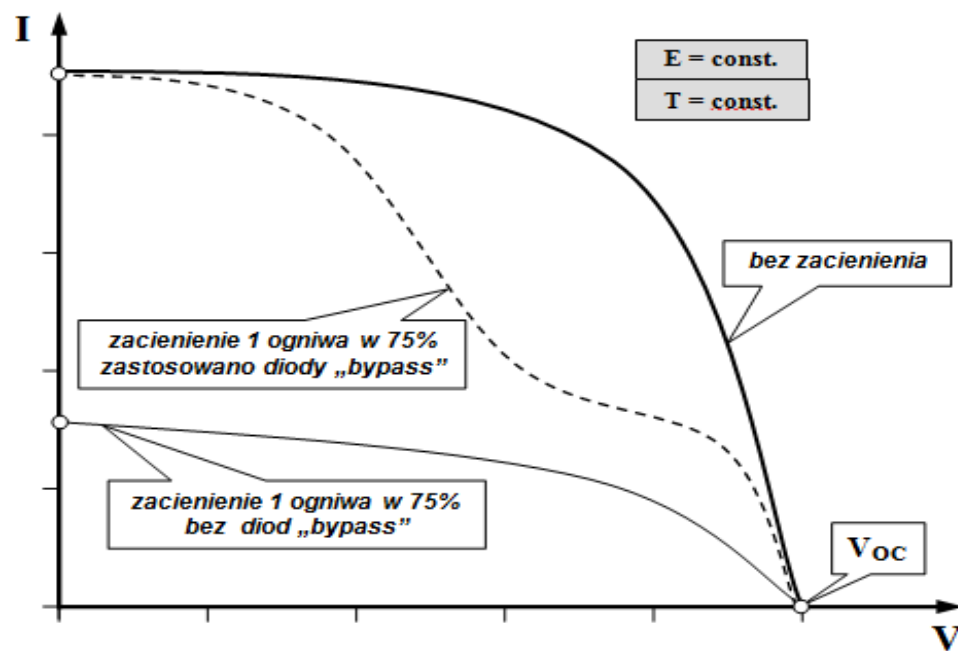
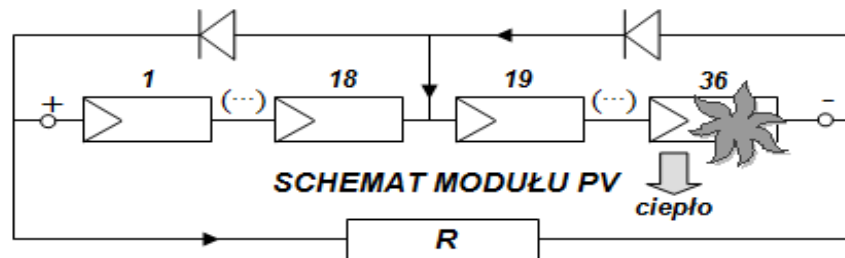


Wpływ natężenia promieniowania słonecznego na wartość prądu i napięcia

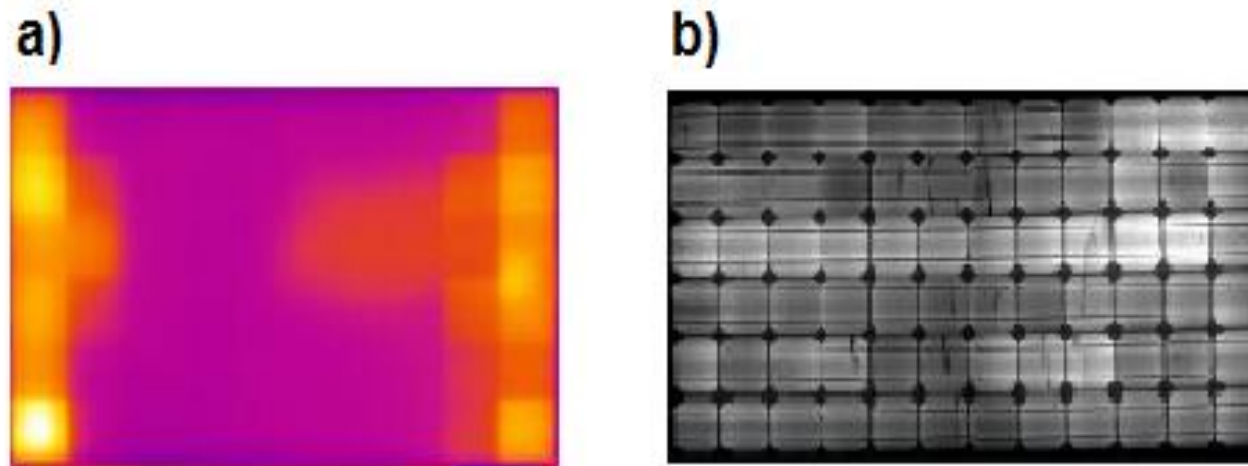
WSPÓŁCZYNNIK WYPEŁNIENIA I ODPOWIADAJĄCE MU KLASY PANELI

klasa A	-	FF powyżej 0,75	- PANELE BEZ SKAZY
klasa B	-	FF w przedziale: 0,7÷0,75	- PANELE Z NIELICZNI SKAZAMI
klasa C	-	FF w przedziale: 0,6÷0,7	- PANELE Z WIELOMA SKAZAMI

WPLYW DIOD BYPASSU NA CHARAKTERYSTYKĘ $I=f(U)$ MODUŁU PV CZĘŚCIOWO ZACIENIONEGO



GORĄCE PUNKTY – HOT-SPOT



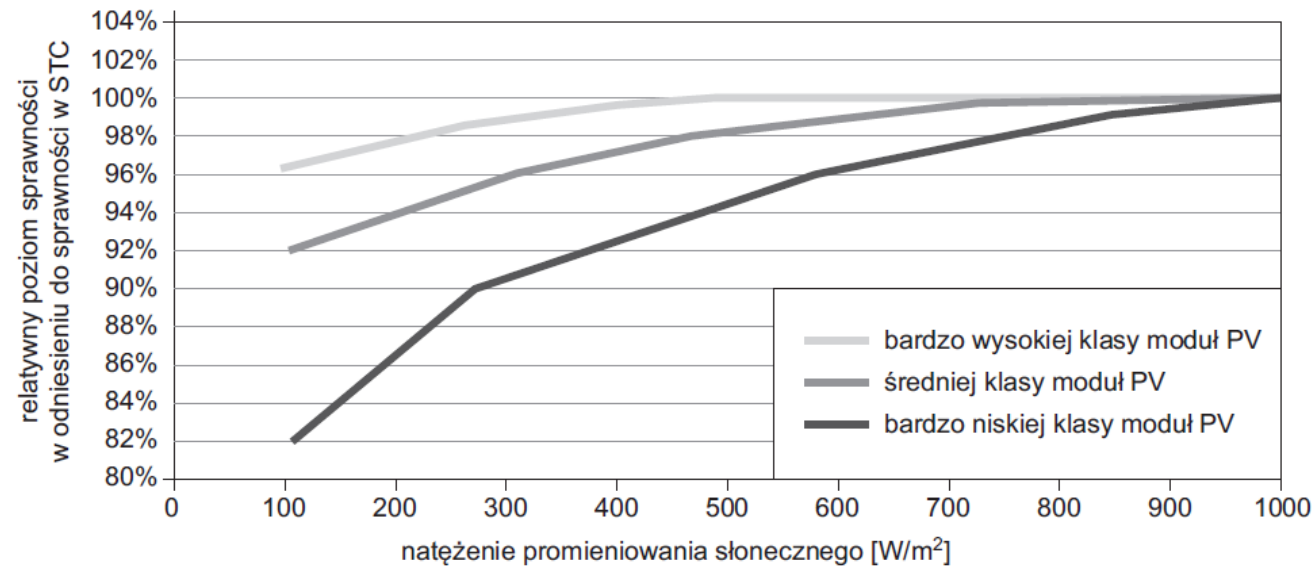
Mikropęknięcia powodują powstanie gorących punktów, gdzie temperatura może dochodzić do **250°C**.

Efekt ten zaczyna się ujawniać szczególnie wtedy, gdy przez uszkodzone ogniwo przepływa prąd wsteczny.
Dzieje się tak, np. podczas częściowego zacienienia modułu **PV**.

Skutkiem tego defektu mogą być duże straty mocy, a nawet pożar instalacji **PV**.

Moduły sprawdzone przez producenta oznaczane są jako **HSP** (*ang. Hot-Spot Protect*).

ZMIANY SPRAWNOŚCI MODUŁU KRZEMOWEGO W ZALEŻNOŚCI OD KLASY URZĄDZENIA



SPOSÓB DCZYTU INFORMACJI O SPRAWNOŚCI PRZY NISKIM NATĘŻENIU PROMIENIOWANIA Z KART KATALOGOWYCH PANELI PV

STC: 1000 W/m² irradiance, 25°C module temperature, AM 1.5 g spectrum according to EN 60904-3.
Ave. efficiency reduction od 5% at 200 W/m² according to EN 60904-1.

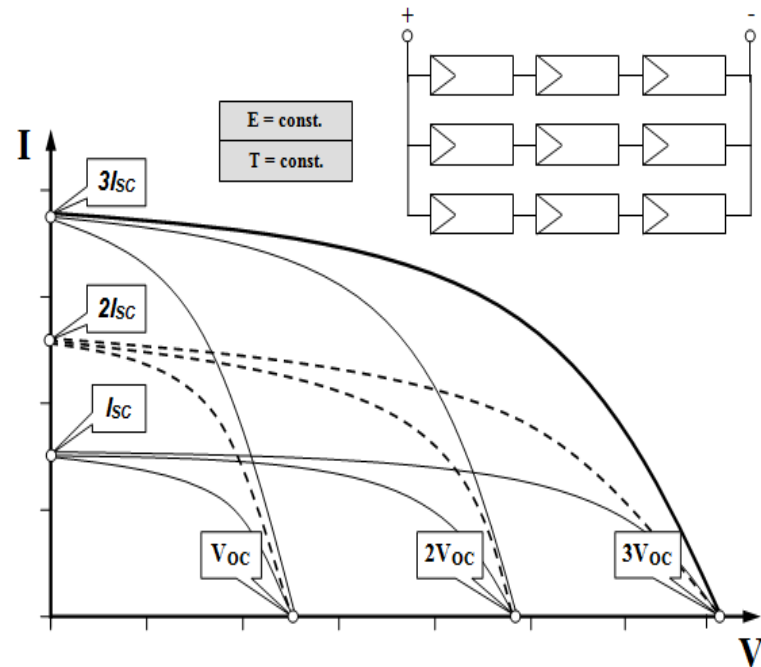
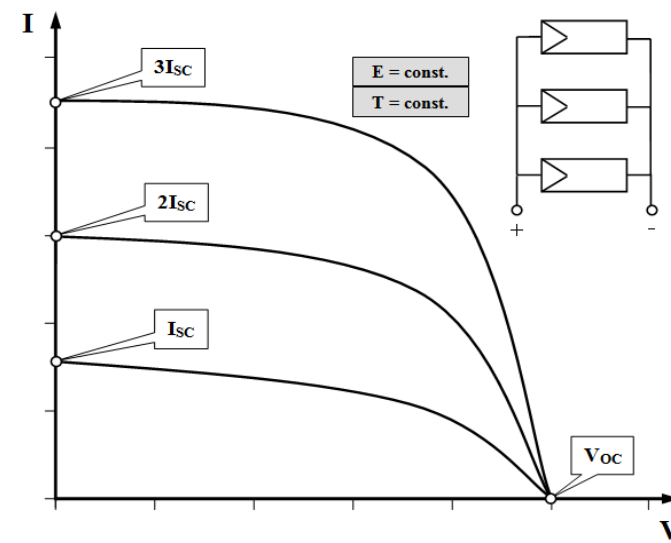
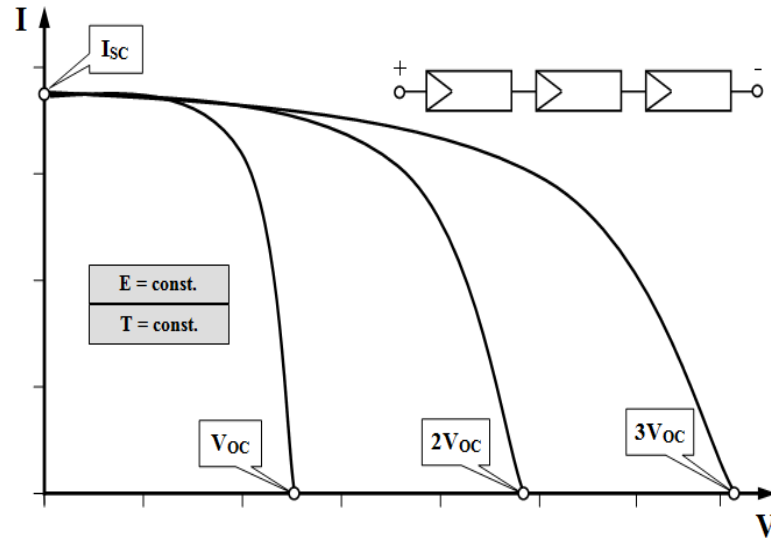
W przypadku tego modułu przy 200 W/m² spadek sprawności będzie wynosił 5% w stosunku do sprawności nominalnej wyznaczonej przy 1000 W/m².
Przy założeniu, że sprawność nominalna to 15% przy niskim natężeniu promieniowania słonecznego równym 200 W/m² sprawność spadnie do 14,25%.

Analysed data demonstrates that 99,7% of modules produced have current and voltage tolerance of $\pm 3\%$ from nominal values. Values at standard test conditions STC (airmass AM 1.5 irradiance 1000 W/m² cell temperature 25°C).
At low irradiance of 200 W/m² (AM 1.5 and cell temperature 25°C) at least 97% of the STC module efficiency will be achieved.

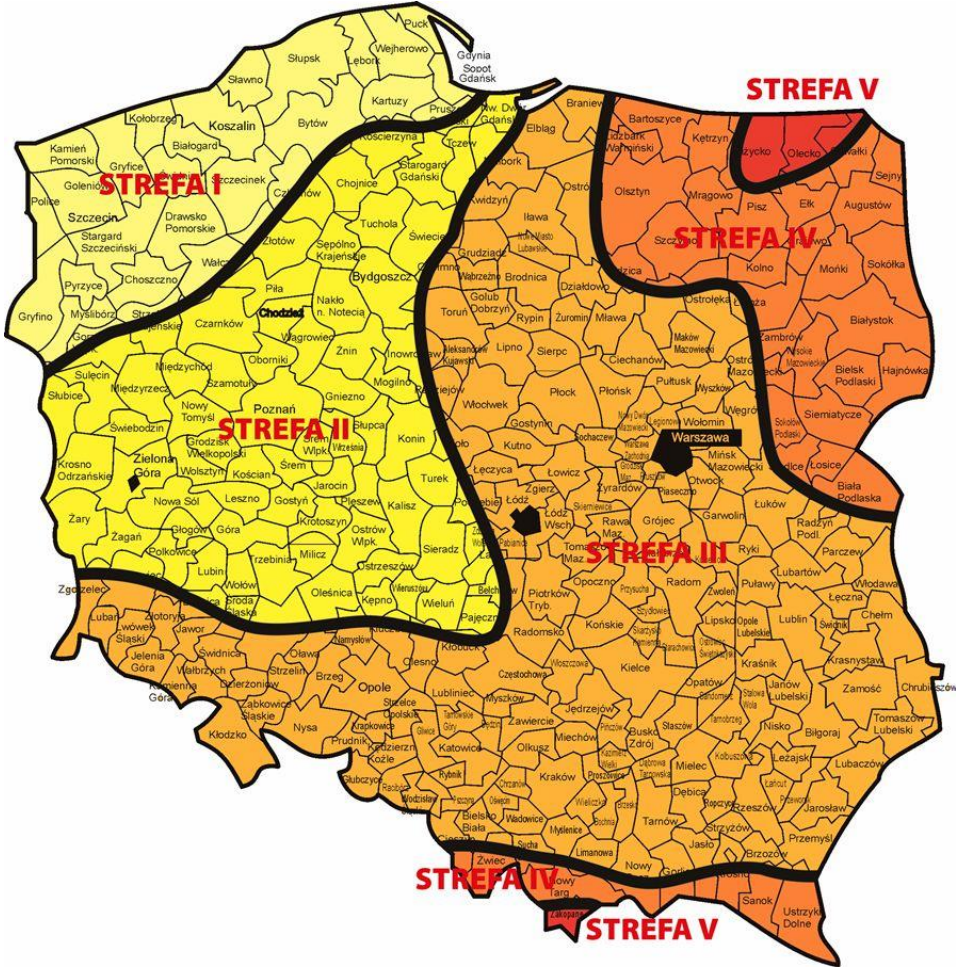
W przypadku tego modułu przy 200 W/m² spadek sprawności będzie nie mniejsza niż 97% w stosunku do sprawności nominalnej wyznaczonej przy 1000 W/m².
Przy założeniu, że sprawność nominalna to 15% przy niskim natężeniu promieniowania słonecznego równym 200 W/m² sprawność spadnie do 14,55%.

METODYKA KONSTRUOWANIA GENERATORA PV

ORAZ JEGO CHARAKTERYSTYKI $I=f(U)$



STREFY KLIMATYCZNE W POLSCE I ODPOWIADAJĄCE IM TEMERATURY WG. PN-EN 12831



Strefa klimatyczna	Temperatura minimalna do wyznaczenia U_{oc}	Temperatura minimalna do wyznaczenia U_{mpp}	Temperatura maksymalna do wyznaczenia U_{mpp}
I	-16°C	4°C	67°C
II	-18°C	2°C	68°C
III	-20°C	0°C	70°C
IV	-22°C	-2°C	68°C
V	-24°C	-4°C	65°C

DOBÓR PANELI PV ORAZ POJEMNOŚCI AKUMULATORÓW MAGAZYNU ENERGII

Spośród dostępnych metod wyznaczania wymaganej mocy paneli PV, najprostsza jest metoda oparta na średnim dziennym zapotrzebowaniu na energię w miesiącu największego nasłonecznienia.

$$P_{PV_{wym}} = 3 \cdot 10^4 \cdot \frac{Q_d}{I_{nasł.} \cdot \eta_{inst}}$$

gdzie:

Q_d - średnie dzienne zapotrzebowanie na energię w miesiącu o największym nasłonecznieniu [kWh/dzień],

I_{nas} - nasłonecznienia dla miesiąca czerwca dla odpowiedniego dla instalacji kierunku azymutu i pochylenia (lub najbliższego), odczytana z pliku statystyk miesięcznych typowych lat meteorologicznych, dostępnych na stronie Ministerstwa Infrastruktury i Rozwoju w dziale: Typowe lata meteorologiczne i statystyczne dane klimatyczne dla obszaru Polski do obliczeń energetycznych budynków, w [Wh]

η_{inst} – sprawność instalacji, która zależy głównie od typu zastosowanych akumulatorów – dla akumulatorów Li-ion można przyjąć ok. 80%, a dla żelowych, czy AGM – ok. 65%.

$P_{PW_{wym}}$ – wymagana moc systemu PV

wmo123600isostat — Notatnik

Plik Edycja Format Widok Pomoc

iso 123600 PL Płock 4

M	MDBT	MINDBT	MAXDBT	MSKYT	ITH	IDH	ISH	I_N_0	I_N_30	I_NE_30	I_E_30	I_SE_30	I_S_30
1	-0.9	-14.1	7.6	-9.7	20395	3424	16970	20395	16970	16997	19871	24020	25779
2	-2.7	-19.6	7.0	-12.3	30207	9467	20740	30207	20740	23318	30036	36774	39039
3	3.3	-5.4	14.4	-6.8	66187	24300	41887	66187	44456	52952	66454	78349	81598
4	8.8	-1.4	20.5	0.6	86049	25775	60273	86049	72434	77795	86189	92065	92757
5	12.3	0.3	23.6	3.6	131342	43680	87661	131342	114233	120510	130342	136593	136746
6	17.1	7.7	30.9	10.0	136926	40277	96649	136926	124706	127138	133106	137352	138354
7	17.3	7.3	29.3	9.8	137722	38751	98970	137722	125403	130660	137692	141089	139657
8	18.2	8.8	35.4	10.5	115339	36226	79112	115339	99077	105061	114523	121175	121894
9	13.5	5.1	25.5	4.8	80249	23569	56679	80249	64419	68842	77803	86156	89763
10	9.3	1.3	20.5	1.4	45519	13535	31984	45519	32218	35171	42051	50842	55905
11	3.9	-4.0	10.9	-3.7	21617	5008	16609	21617	16609	16973	20641	25614	27917
12	-0.4	-15.6	5.7	-9.3	18380	1262	17117	18380	17117	17117	18192	19861	20563

Średnia roczna temperatura termometru suchego: 8.3
Minimalna średnia miesięczna temperatura termometru suchego: -2.7
Maksymalna średnia miesięczna temperatura termometru suchego: 18.2
Roczna amplituda średniej miesięcznej temperatury termometru suchego: 10.5

Objaśnienia:

1. Suma całkowitego natężenia promieniowania słonecznego na powierzchnię poziomą (ITH) wh/(m2 mies.)
2. Suma bezpośredniego natężenia promieniowania słonecznego na powierzchnię poziomą (IDH) wh/(m2 mies.)
3. Suma rozproszonego natężenia promieniowania słonecznego na powierzchnię poziomą (ISH) wh/(m2 mies.)

Fragment pliku tekstowego statystyk miesięcznych dla stacji meteorologicznej Płock-Trzepowo
(dokładna lokalizacja stacji: 52° 35' N, 19° 44' E: www.mir.gov.pl)

STREFY OBCIĄŻENIA ŚNIEGIEM W POLSCE WG. PN-EN 1991-1-3:2005



Na 1 metrze kwadratowym powierzchni nawet cienka **10-cio centymetrowa** warstwa śniegu może ważyć aż **100 kG**. Należy to uwzględnić podczas projektowania konstrukcji wsporczej paneli generatora PV.

Wartości charakterystyczne obciążenia śniegiem gruntu w Polsce

Strefa:	1	2	3	4	5
q_s [kN·m ⁻²]	$(0,007 \cdot H - 1,4)$ $\geq 0,7$	0,9	$(0,006 \cdot H - 0,6)$ $\geq 1,2$	1,6	$(0,93 \cdot e^{0,00134 \cdot H})$ ≥ 2
gdzie: H – wysokość n. p. m. wyrażona w [m] – zależności obowiązują do 1000 [m] n. p. m.					



ŚNIEG, O KTÓRYM ZAPOMINA SIĘ!!!

2-cm warstwa śniegu ogranicza natężenie promieniowania około 20%,
a warstwa 10 cm przepuszcza 2-4% padającego promieniowania

OBCIĄŻENIE WIATREM

Według normy **PN-77/B-02011**, w zależności od prędkości wiatru, obszar Polski został podzielony na 5 stref obciążenia wiatrem, które przedstawiono na poniższym rysunku.



Wartości prędkości wiatru v_w oraz ciśnienia wiatru q_w dla poszczególnych stref obciążenia wiatrem

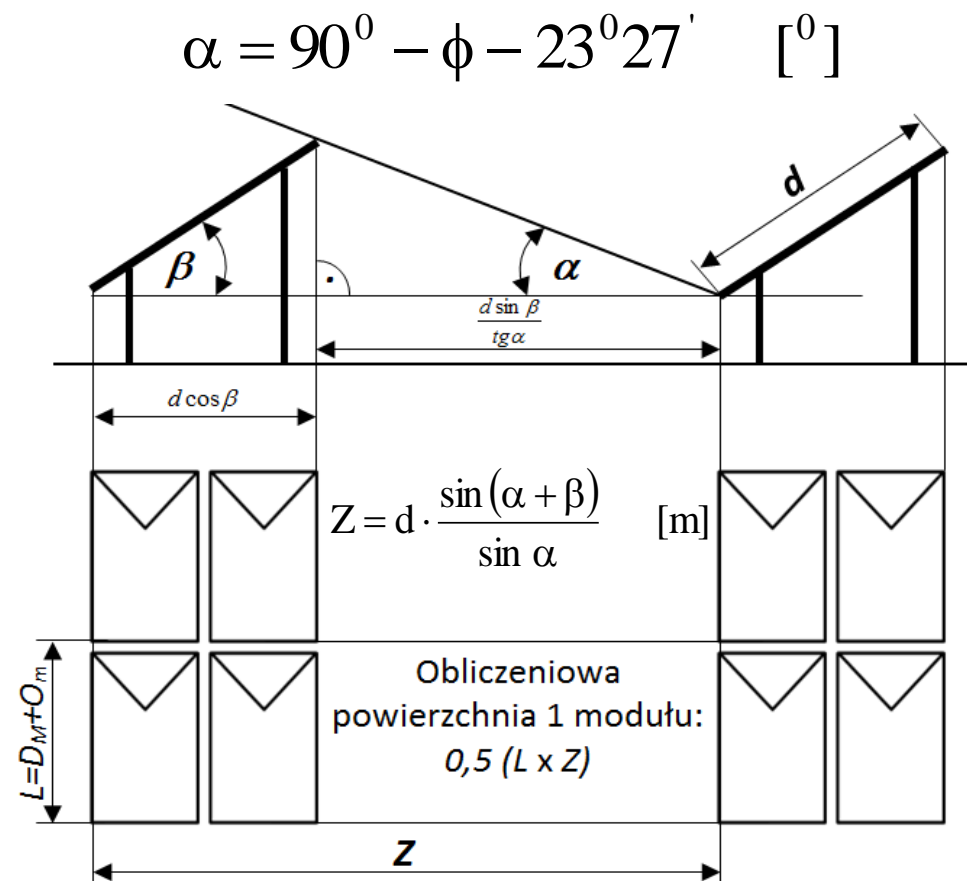
Strefa	1	2	2a	2b	3
v_w [$m \cdot s^{-1}$] (km/h)	20 (72)	24 (86,4)	27 (97,2)	30 (108)	24÷47 (86,4÷169,2)
q_w [$kN \cdot m^{-2}$]	0,25	0,35	0,45	0,55	$0,25+0,0005 \cdot H$ $\geq 0,35$
gdzie: H - wysokość n.p.m. w [m]					

PRZED ROZPOCZĘCIEM PRAC INSTALACYJNYCH
NALEŻY SPRAWDZIĆ WYTRZYMAŁOŚĆ KONSTRUKCJI



ZASADA UNIKANIA ZACIENIA SĄSIEDNICH GAŁĘZI GENERATORA PV

Planując instalację PV należy uwzględnić, tzw. strefę cienia występującą w zimie. Projektując konstrukcję nośną dla modułów PV należy zapewnić dopływ promieniowania słonecznego w zimowe południe, a pewnym kompromisem jest dopuszczenie do zasłaniania się kolejnych rzędów w zimowe poranki i popołudnia, kiedy i tak promieniowanie jest niewielkie. Kąt α widoczny na rysunku obliczamy ze wzoru, w którym ϕ jest szerokością geograficzną:



MAGAZYN ENERGII

Natomiast wymaganą pojemność baterii magazynu energii należy obliczyć z wykorzystaniem poniższego wzoru:

$$Q_A = \frac{2 \cdot Q_d \cdot F}{U_{nA}}$$

gdzie:

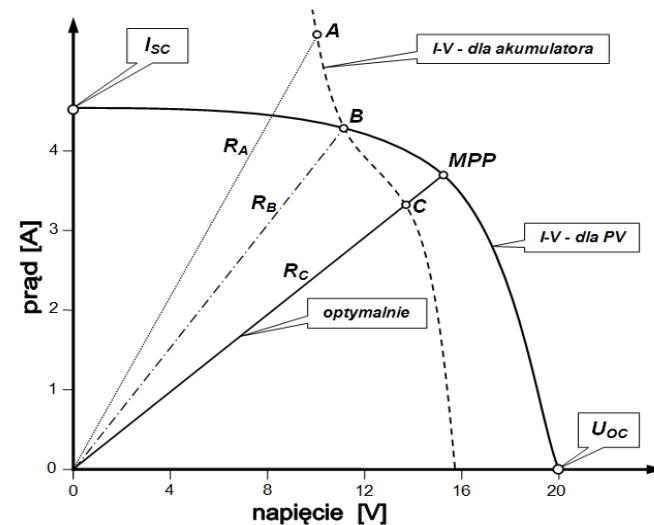
F – współczynnik rezerwy, przyjmowany latem jako 2,5, a zimą jako 4,

U_{nA} – napięcie znamionowe systemu baterii akumulatorów stanowiących magazyn energii.

A – odbiorniki zapotrzebowują większą moc od mocy generowanej. Wówczas niedobór energii pobierany jest z magazynu energii.

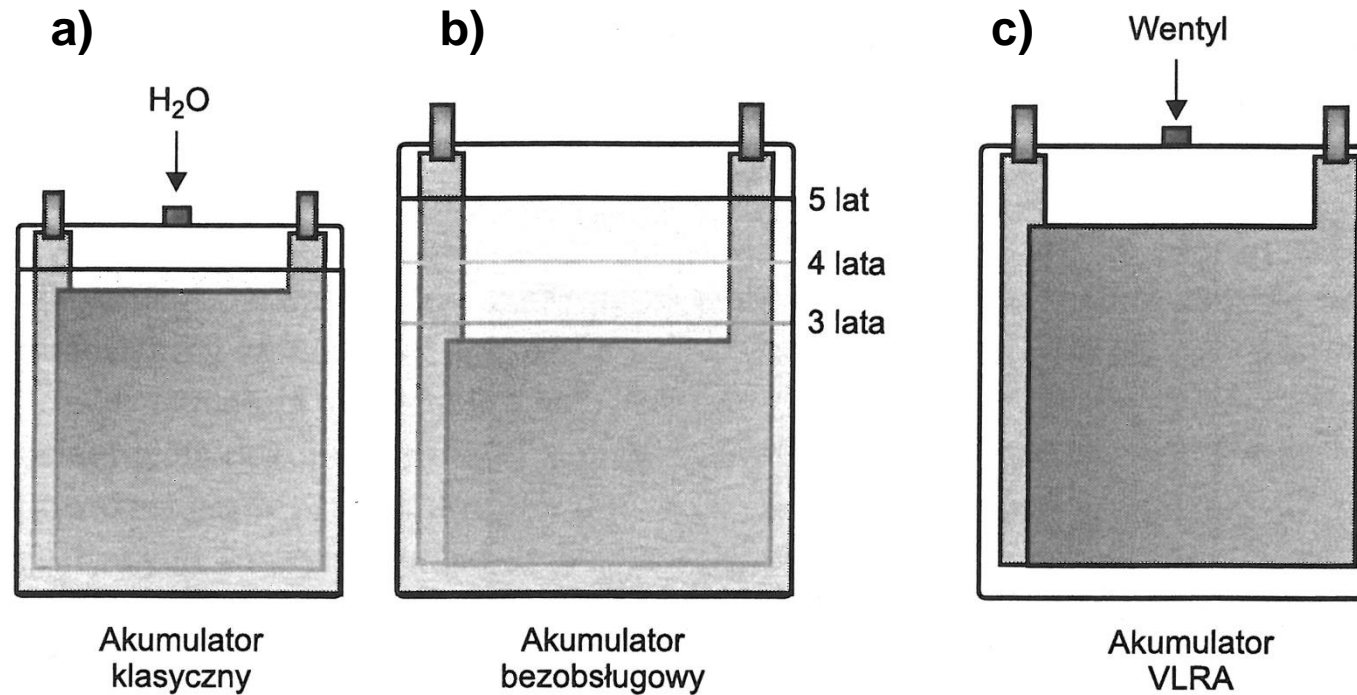
B – system PV pokrywa pełne zapotrzebowanie mocy zasilanych odbiorników.

C – generator PV dostarcza moc większą niż zapotrzebowanie mocy przez zasilane odbiorniki.



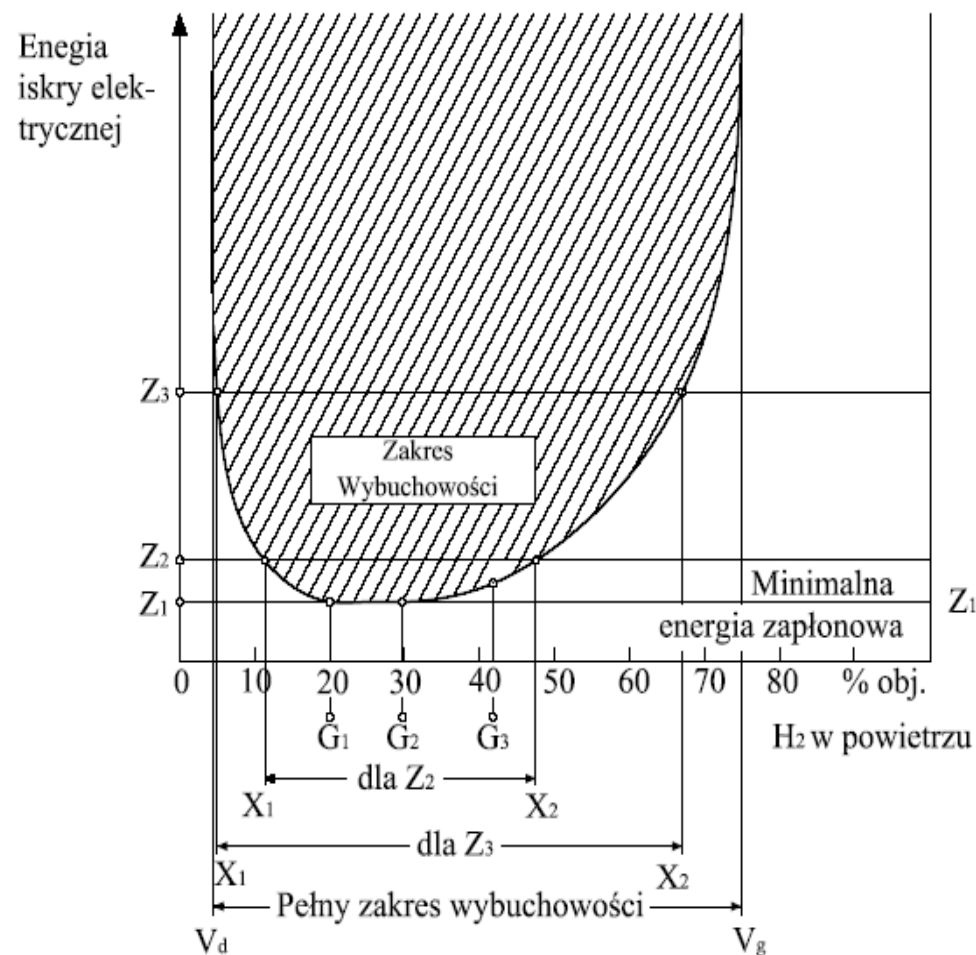
Wzajemne usytuowanie charakterystyk $I=f(U)$ generatora PV i akumulatorów magazynu energii

ZACHOWANIE SIĘ AKUMULATORÓW KLASYCZNYCH, BEZOBSŁUGOWYCH ORAZ VRLA, W CZASIE EKSPLOATACJI



- a) **Zwykły** – ubytek elektrolitu wskutek wydzielania H_2 oraz O_2 jest uzupełniany wodą destylowaną
- b) **Bezobsługowy** – elektrolit w nadmiarze tak by wody wystarczyło na **3-5 lat**
- c) **VRLA** - z zaworem bezpieczeństwa, bez możliwości uzupełniania wody z systemem rekombinacji tlenu i wodoru powstających podczas przeładowań i samorozładowania

ZAKRES WYBUCHOWOŚCI WODORU H_2 W MIESZANINIE Z POWIETRZEM



Zależność energii zapłonowej od składu mieszanin wodoru z powietrzem

Z_1 - minimalna energia zapłonu $E_{\min}=0,019$ mJ,

V_d – dolna granica wybuchowości (**DGW**)

V_g – górna granica wybuchowości (**GGW**)

KWALIFIKACJA POMIESZCZEŃ ZAGROŻONYCH WYBUchem

Zgodnie z Rozporządzeniem RMSW i A z dnia 7 czerwca 2010 roku w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków innych obiektów i terenów [Dz. U. Nr 109/2010 poz. 719 z późniejszymi zmianami]:

POMIESZCZENIE ZAGROŻONE WYBUchem – pomieszczenie, w którym może się wytworzyć mieszanina wybuchowa powstała z wydzielającej się takiej ilości palnych gazów, par, mgieł lub pyłów, że jej wybuch mógłby spowodować przyrost ciśnienia w tym pomieszczeniu przekraczający **5 kPa**.

STREFA ZAGROŻENIA WYBUchem – przestrzeń, w której może występować mieszanina substancji palnych z powietrzem lub innymi gazami utleniającymi, o stężeniu zawartym między dolną a górną granicą wybuchowości.

W pomieszczeniu należy wyznaczyć **strefę zagrożenia wybuchem**, jeżeli może w nim wystąpić mieszanina wybuchowa o objętości co najmniej **0,01 m³** w zwartej przestrzeni.

NEUTRALIZACJA ZAGROŻEŃ WYBUCHU WODORU

Sterowanie wentylacją mechaniczną przedziału bateryjnego należy realizować z wykorzystaniem układów detekcji stężenia wodoru. Układy automatyki powinny mieć ustawione dwa progi wykrywania stężenia wodoru:

- **10% DGW**, przekroczenie którego zostanie zasygnalizowane oraz zostanie uruchomiona wentylacja powodująca zwiększenie szybkości wymian powietrza o **100%** w stosunku do warunków normalnych,
- **30% DGW**, przekroczenie którego spowoduje oprócz dalszego działania sygnalizacji akustyczno-dźwiękowej oraz wentylacji, wyłączenie ładowania baterii akumulatorów do chwili ustania zagrożenia.

Podstawowe wymagania w zakresie wentylacji przedziału bateryjnego wynikają bezpośrednio z normy **PN-EN 62040-1:2009 (2017)** „Systemy bezprzerwowego zasilania (UPS). Część 1. Wymagania ogólne i wymagania dotyczące bezpieczeństwa UPS. Aneks M (normatywny). Wentylacja przedziałów bateryjnych”

Przybliżoną wartość przepływu zapotrzebowanego powietrza w ciągu godziny w [m³/h] można obliczyć z poniższego wzoru:

$$Q_p = v \cdot q \cdot s \cdot n \cdot I_g \cdot C_B$$

gdzie:

v – wymagane rozcieńczenie wodoru $(100 - 4)/4 = 24$

q – wytworzony wodór: $0,45 \cdot 10^{-3}$ [m³/Ah]

s – współczynnik bezpieczeństwa

I_g – prąd gazowania o wartości:

1 mA – dla baterii „zamkniętych” (z zaworem VRLA) przy zmiennym napięciu

5 mA – dla baterii otwartych przy zmiennym napięciu

8 mA – dla baterii „zamkniętych” (z zaworem VRLA) przy stałym napięciu ładowania

20 mA – dla baterii otwartych przy stałym napięciu ładowania

n – liczba ogniw baterii, [-]

C_B – pojemność baterii, w [Ah].

Q_p – ilość wymaganego powietrza, w [m³/h]

- dla baterii akumulatorów VRLA:

$$Q_{VRLA} = 0,25 \cdot Q_p$$

Jeżeli w pomieszczeniu z akumulatorami wolna przestrzeń V , w $[m^3]$ obliczona jako:

$$V = V_p - V_u$$

gdzie:

V_p – objętość pomieszczenia z akumulatorami, w $[m^3]$

V_u objętość, jaką zajmują akumulatory ze stojakami oraz inne wyposażenie pomieszczenia, w $[m^3]$

jest co najmniej **2,5 krotnie** większa od wymaganej ilości wymienianego powietrza Q lub Q_{VRLA} odpowiednio, to wystarczające jest zastosowanie wentylacji grawitacyjnej, z umieszczonymi po przeciwnych stronach pomieszczenia z otworami: dolotowym i wylotowym.

$$A_p = 28 * Q_p$$

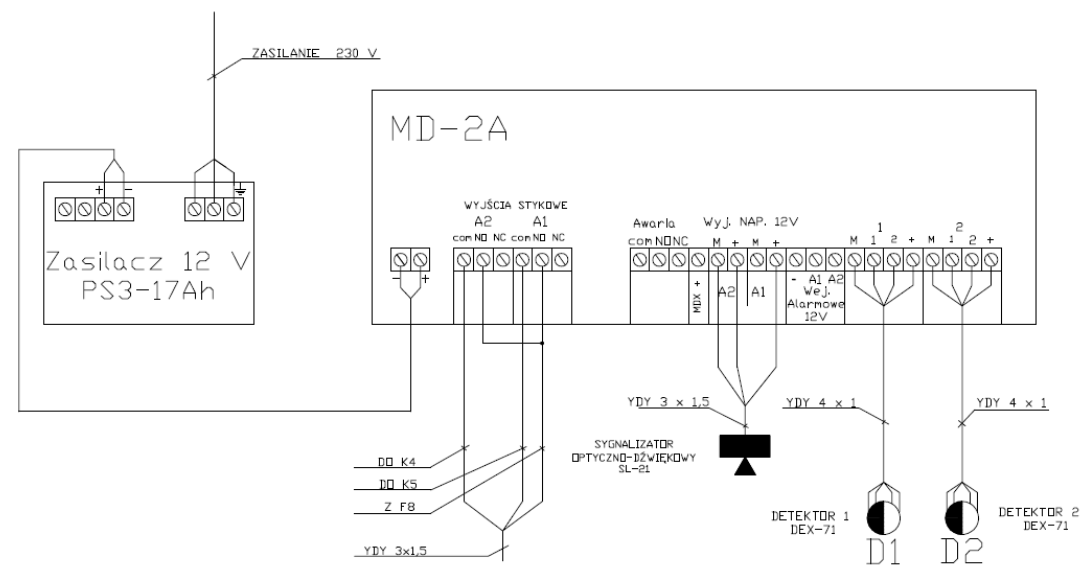
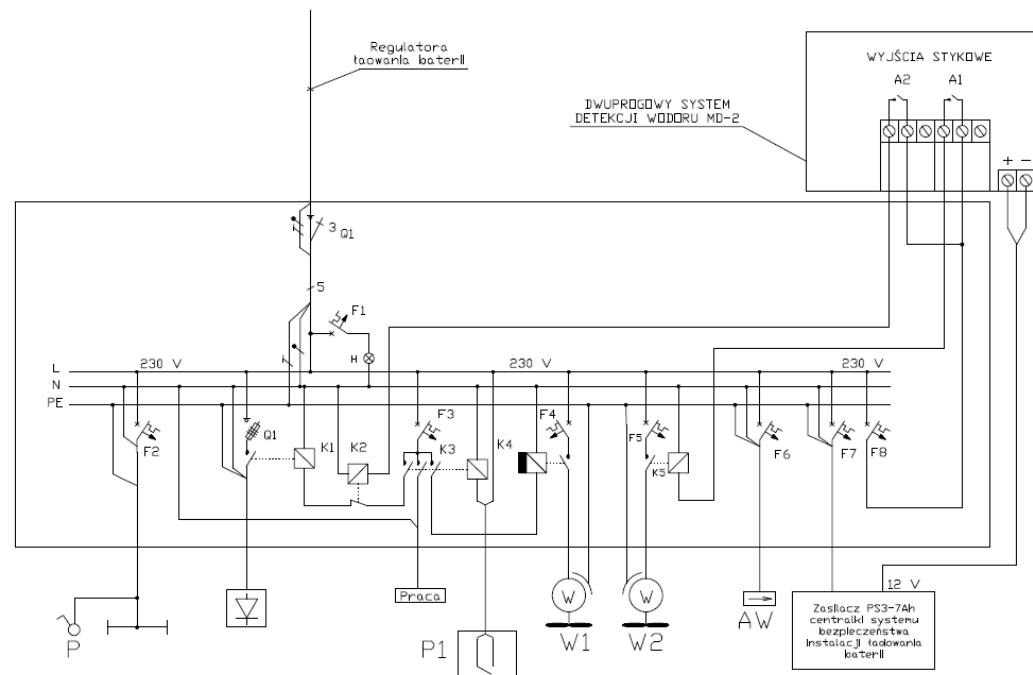
A_p – suma przekrojów otworów zewnętrznych i wewnętrznych, w $[cm^2]$.

W takim przypadku otwory wentylacyjne należy umieścić na przeciwległych ścianach (jeżeli jest to niemożliwe i otwory wentylacyjne muszą zostać wykonane na tych samych ścianach to odległość pomiędzy nimi nie może być mniejsza niż **2 m**). Ten sam wymóg dotyczy instalowania wentylatorów wyciągowych, których odległość nie może być mniejsza niż **2 m**. Podane wymagania mają charakter orientacyjny. Opracowanie projektu wentylacji pomieszczenia baterijnego jest zagadnieniem wymagającym specjalistycznej wiedzy i powinno być opracowane przez uprawnionego projektanta branży sanitarnej.

Takie same wymagania muszą spełniać szafy dla montażu baterii, chociaż z reguły są tam instalowane baterie VRLA, o zredukowanych wymaganiach wentylacyjnych. Brak sprawnie działającej wentylacji przy stosunkowo szczelnej szafie stwarza zagrożenie powstania "poduszki wodorowej" w jej górnej części. Bardzo wygodnym rozwiązaniem jest zastosowanie akumulatorów VRLA o specjalnej konstrukcji z centralną komorą gazową obejmującą wszystkie zawory ogniowe bloku. Z wewnętrznej komory gazowej bloku, gazy usuwane są poza szafę (pomieszczenie) systemem elastycznych węży.

Przykład akumulatorów tego typu, oraz rozwiązanie systemu centralnego odgazowania przedstawia zamieszczona poniżej fotografia.





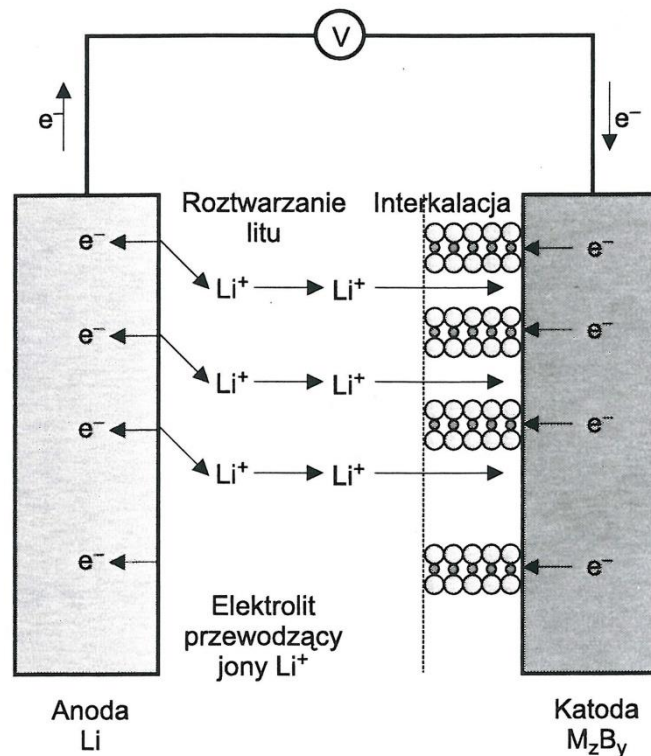
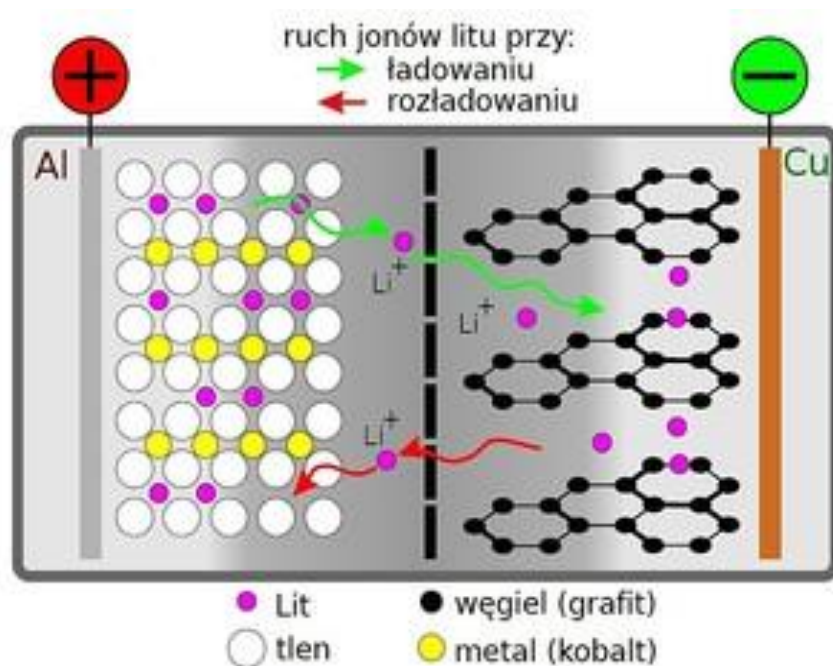
Układ sterowania wentylacją magazynu energii systemu PV



SKUTKI ZLEKCEWAŻENIA WENTYLACJI PRZEDZIAŁU BATERyjNEGO

DZIAŁANIE AKUMULATORA LITOWO-JONOWEGO

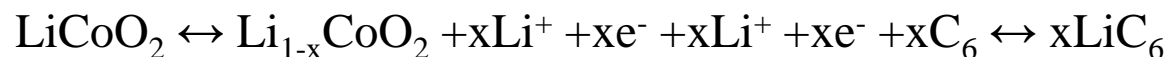
W **akumulatorze litowym** podstawą magazynowania energii jest ruch dodatnich jonów litu między anodą i katodą w przewodzącym elektrolicie, co związane jest z przemianami chemicznymi. Podczas ładowania dodatnie jony litu przechodzą z katody do węglowej anody, gdzie łączą się z atomami węgla w specyficzną warstwową strukturę opisywaną wzorem chemicznym LiC_6 . Podczas rozładowania jony litu wracają z anody do katody.



RODZAJE AKUMULATORÓW LITOWO-JONOWYCH

LiCoO_2 ; LiMnCoO_2 ; LiNiMnCoO_2 ; LiFePO_2

Dla akumulatorów na bazie LiCoO_2 odwracalne procesy chemiczne można zapisać następująco:



FIZYCZNE WŁAŚCIWOŚCI LITU

Lit jest ciągliwy, kowalny i twardszy od pozostałych metali alkalicznych, ale bardziej miękki niż ołów. Przy odpowiednim ciśnieniu ma tendencje do łączenia się z innymi metalami (tworzenie stopów).

Pojemność elektryczna **Li** wynosi **3860 Ah/kg** podczas gdy ołów ma **260 Ah/kg**. Lit ze względu na silne metaliczne właściwości (charakter elektrododatni) gwałtownie redukuje wodę z wydzielaniem gazowego wodoru.

W skutek tych właściwości jako elektrolity stosuje się roztwory niewodne, najczęściej są nimi rozpuszczalniki organiczne do których w celu uzyskania przewodnictwa elektrycznego dodaje się sole Li.

FIZYCZNE WŁAŚCIWOŚCI LITU

Masa atomowa [u]	9,94
Temperatura topnienia [°C]	180,5
Temperatura wrzenia [°C]	1347
Gęstość [g/cm ³]	0,534
Ciepło parowania [kJ/mol]	147,1
Oporność [$\Omega \cdot \text{cm}$]	$9,446 \cdot 10^{-6}$

ZACHOWANIE SIĘ OGNIW LITOWO-JONOWYCH W TEMPERATURACH POWYŻEJ 65⁰ C

W temperaturze powyżej **65⁰ C** następuje odkładanie się metalicznego litu.

Powyżej **80⁰ C** powstaje silnie egzotermiczna reakcja grafitu z elektrolitem i ostatecznie do całkowitego zniszczenia akumulatora.

W temperaturze przekraczającej **110⁰ C** rozkładowi ulegają organiczne składniki elektrolitu z uwolnieniem łatwopalnych węglowodorów.

Powyżej **140⁰ C** następuje stopienie separatora i zwarcie elektrod.

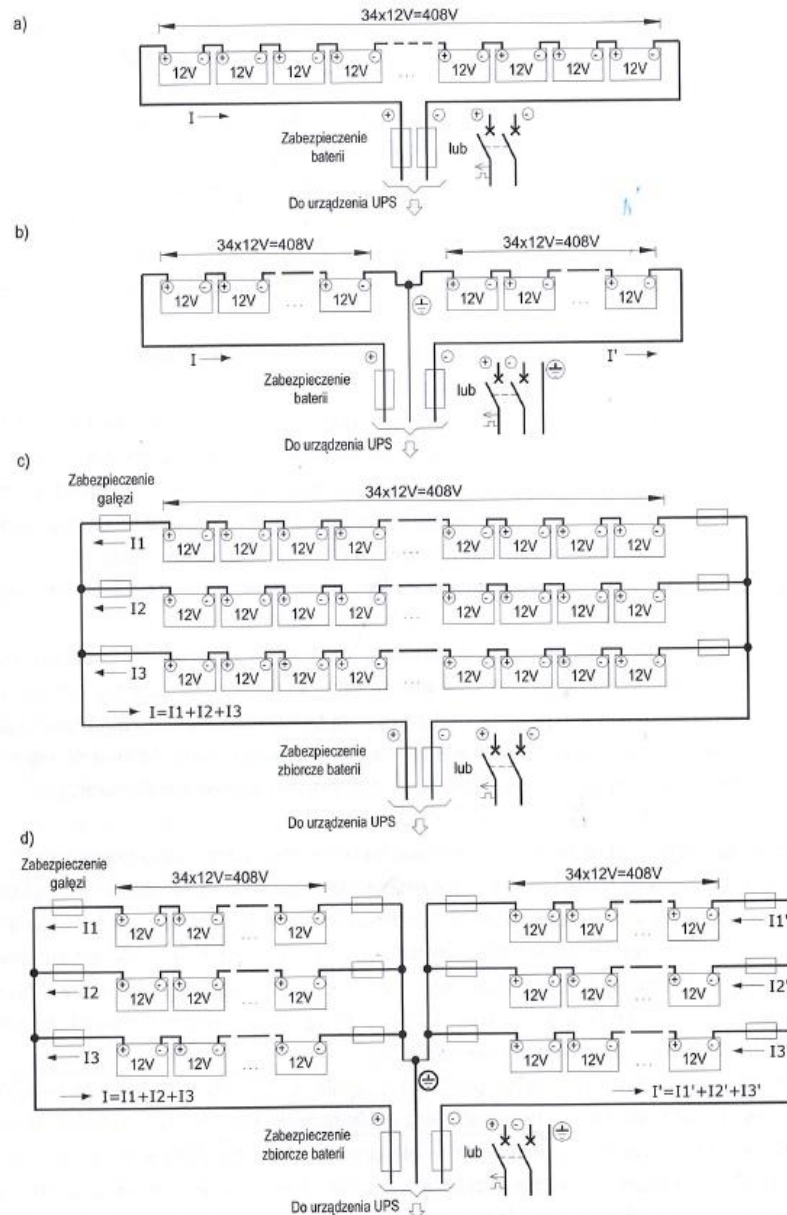
Powody zapalenia się akumulatorów **litowo-jonowych** można podzielić na trzy grupy:

- **cieplne,**
- **mechaniczne,**
- **elektryczne.**

Wysoka temperatura (w skrajnym przypadku pożar) może spowodować przegrzanie, które spowoduje uruchomienie reakcji łańcuchowej, powodującej wzrost temperatury wewnątrz baterii z szybkością **10⁰ C/min**. Przy temperaturze około **70⁰ C** występuje reakcja pomiędzy anodą a elektrolitem.

Akumulatory litowo-jonowe wydzielają trujące gazy, które w mieszaninie z powietrzem są wybuchowe. Skutkuje to koniecznością stosowania skutecznej wentylacji pomieszczeń, w których są one eksploatowane.

WARIANTY POŁĄCZEŃ AKUMULATORÓW



UWAGA

Zgodnie z zaleceniami **EUROBAT** nie należy stosować więcej niż **4 gałęzie** ze względu na naturalny rozrzut rezystancji wewnętrznej oraz napięć poszczególnych ogniw.

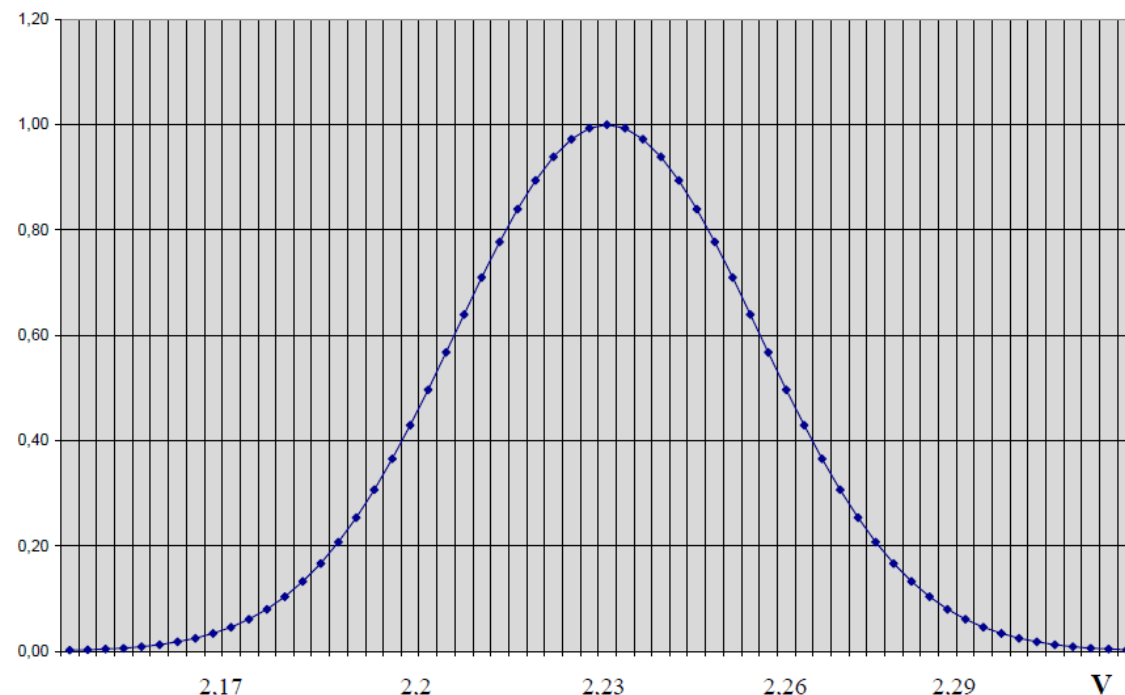
Podział akumulatorów VRLA na grupy wiekowe

SC (Standard Comercial)	3-5 lat
HP (High Perfomance)	6-9 lat
HI (High Integrity)	10-12 lat
LL (Long Life)	powyżej 12 lat

Żywotność akumulatorów podawana przez producenta, ze względu na rzeczywiste warunki eksploatacji jest o 20% niższa.

ROZRZUT NAPIĘĆ POSZCZEGÓLNYCH OGNIW BATERII

Napięcia poszczególnych ogniw odpowiednio licznej populacji, układają się zgodnie z krzywą rozkładu normalnego z maksimum w punkcie $U_{\text{opt}}=2,23$ [V] i odchyleniem standardowym $\delta = 0,03$ [V]. W zakresie $U_{\text{opt.}} \pm \delta = (2,2-2,26)$ [V] - znajduje się **68%** napięć ogólnej ilości ogniw, w zakresie $U_{\text{opt.}} \pm 2\delta = (2,172,29)$ [V] - znajduje się **95 %** ogólnej ilości ogniw, a w zakresie $U_{\text{opt.}} \pm 3\delta = (2,14-2,32)$ [V] - znajduje się **99,7 %** ogólnej ilości ogniw.



Nakładający się na to naturalny stan odstępstw napięcia pracy całej baterii, skutkuje zmniejszeniem żywotności do 80% czasu deklarowanego przez producenta, przy zachowaniu wymagań eksploatacyjnych określonych w DTR.

Dalsze skrócenie żywotności jest funkcją częstości oraz głębokości rozładowań.

KLIMATYZACJA POMIESZCZENIA BATERYJNEGO

Dla utrzymania temperatury 20⁰ C przy, której występują optymalne warunki eksploatacji i zachowana zostaje projektowana żywotność akumulatorów, konieczna jest klimatyzacja pomieszczenia bateryjnego.

Baterie najczęściej ciepła wydzielają przy ładowaniu oraz rozładowaniu. Ponieważ proces ładowania jest rozciągnięty w czasie i realizowany jest przy mniejszym prądzie, do wyznaczania wartości ciepła koniecznego do odprowadzenia z pomieszczenia bateryjnego miarodajnym jest proces rozładowania, podczas którego przewidywana ilość ciepła jakie wydzieli się należy wyznaczyć z następującego wzoru:

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \cdot n$$

gdzie:

I – maksymalny przewidywany prąd rozładowania, [A]

t – przewidywany czas rozładowania, [s]

R – rezystancja jednej gałęzi szeregowej akumulatorów, [Ω]

n – liczba gałęzi równoległych pracujących w czasie rozładowania, [-]

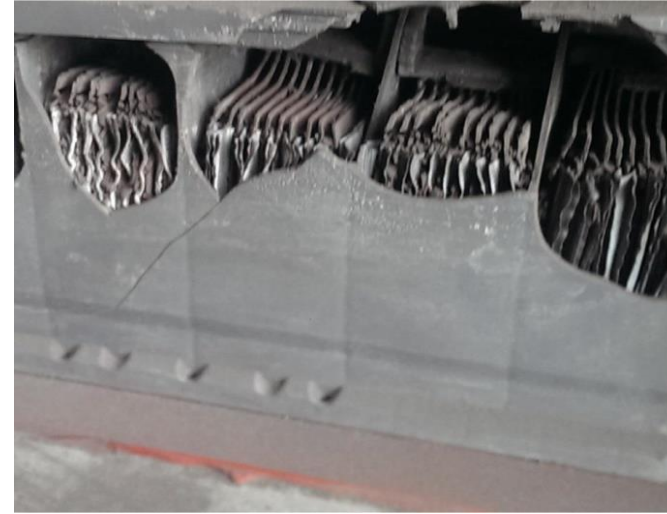
Q – ilość ciepła wydzielonego w czasie *t*, [J]

SKUTKI BRAKU KONSERWACJI ORAZ NADMIERNEJ TEMERATURY EKSPLOATACJI AKUMULATORÓW

Brak konserwacji lub przekroczenie temperatury 55⁰ C powoduje szybkie zniszczenie akumulatora.



BRAK KONSERWACJI



DZIAŁANIE WYSOKIEJ TEMPERATURY

ŁUK ELEKTRYCZNY I JEGO POWSTAWANIE

Prawa komutacji:

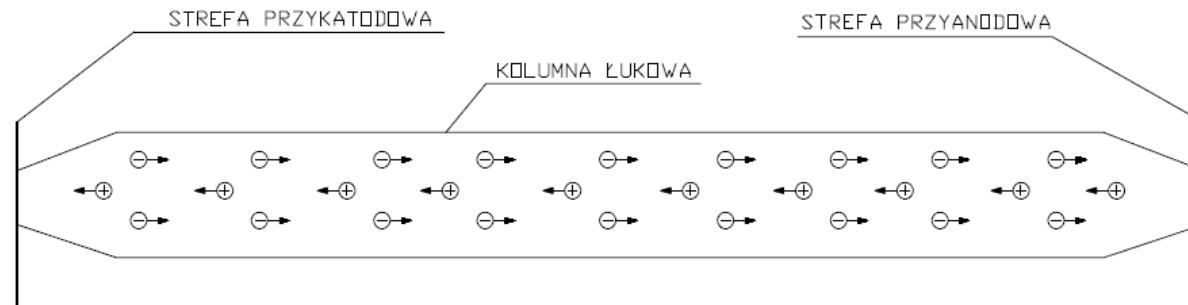
- **I prawo komutacji** dotyczy załączenia obwodu elektrycznego na obciążenie,
- **II prawo komutacji** dotyczy przerywania obciążonego obwodu elektrycznego.

W obydwu przypadkach zachodzą zjawiska przejściowe nazywane stanami nieustalonymi.

Zgodnie z **II prawem komutacji** przy przerywaniu obciążonego obwodu elektrycznego powstaje pole elektryczne pomiędzy zestykami łącznika lub przerywanymi przewodami.

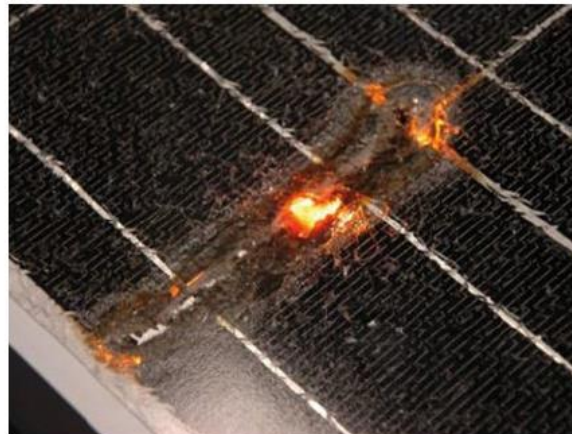
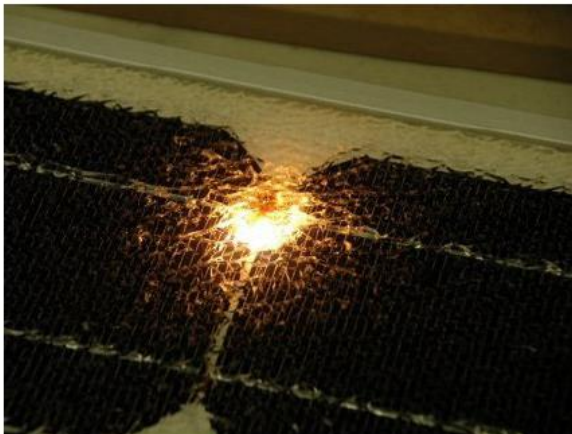
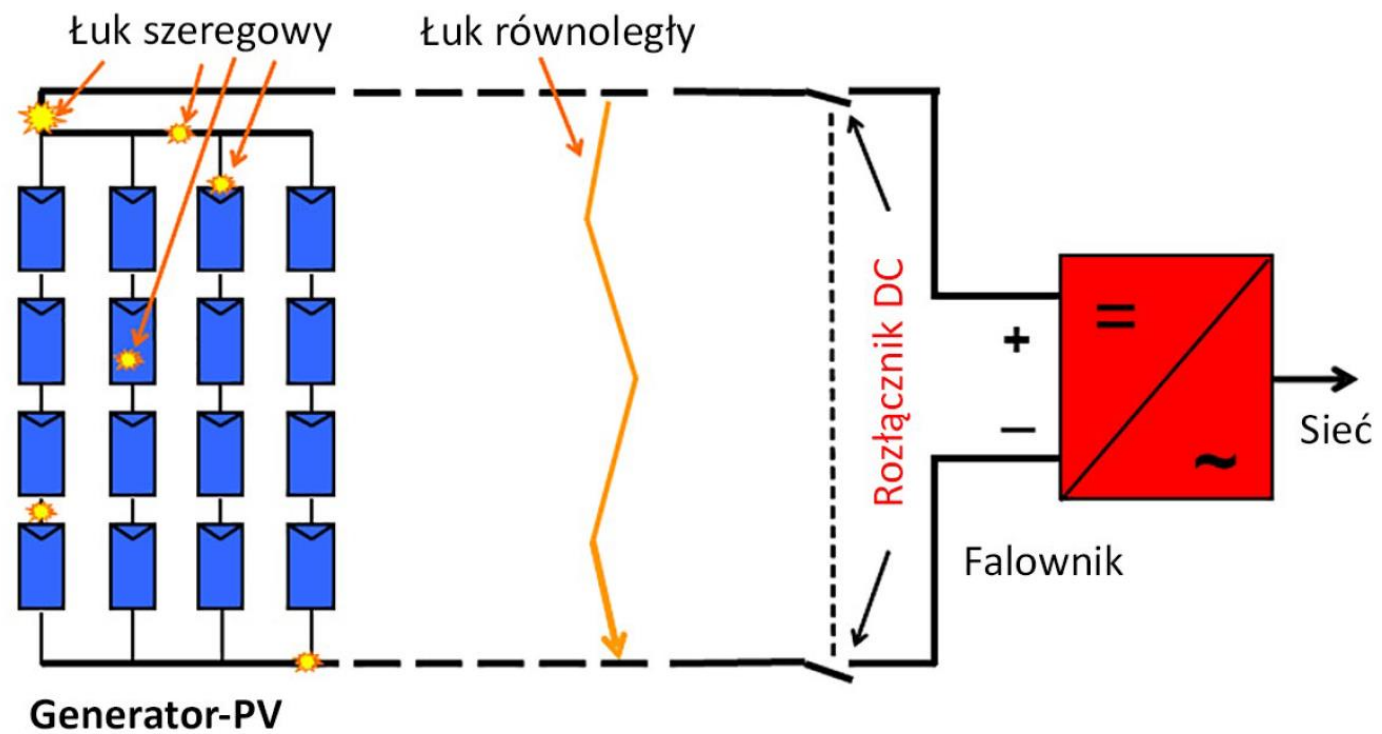
Następuje jonizacja powietrza skutkująca przepływem elektronów oraz jonów o dużej gęstości pomiędzy zestykami łącznika lub przerywanymi przewodami.

Powstające w taki sposób samoistne wyładowanie elektryczne charakteryzujące się dużą gęstością prądu nazywa się **łukiem elektrycznym**.

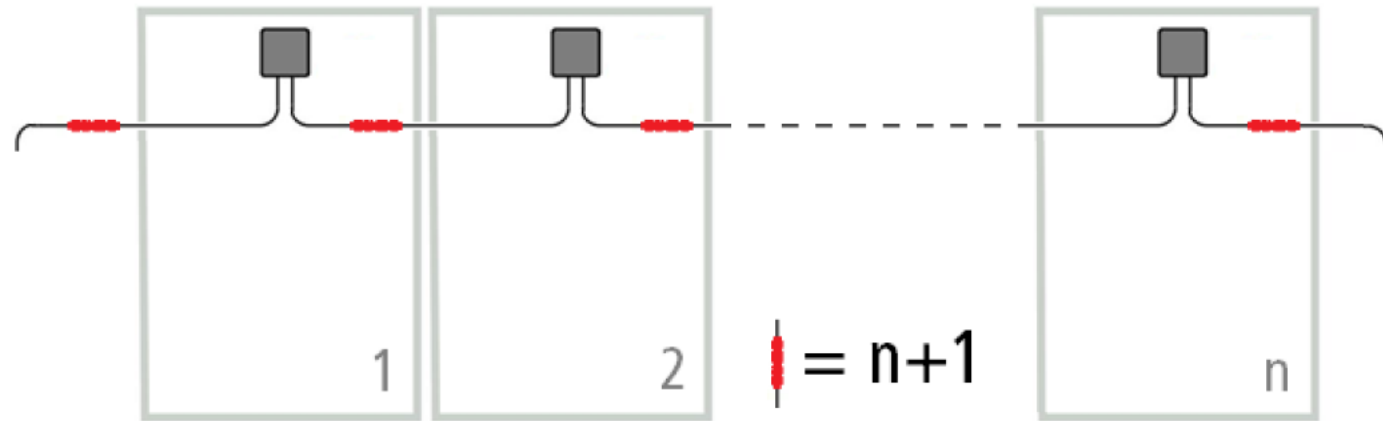


Cechą charakterystyczną łuku jest rezystancja $R \approx 0$ oraz bardzo wysoka temperatura kolumny łukowej, która niekontrolowana może prowadzić do zapłonu izolacji.

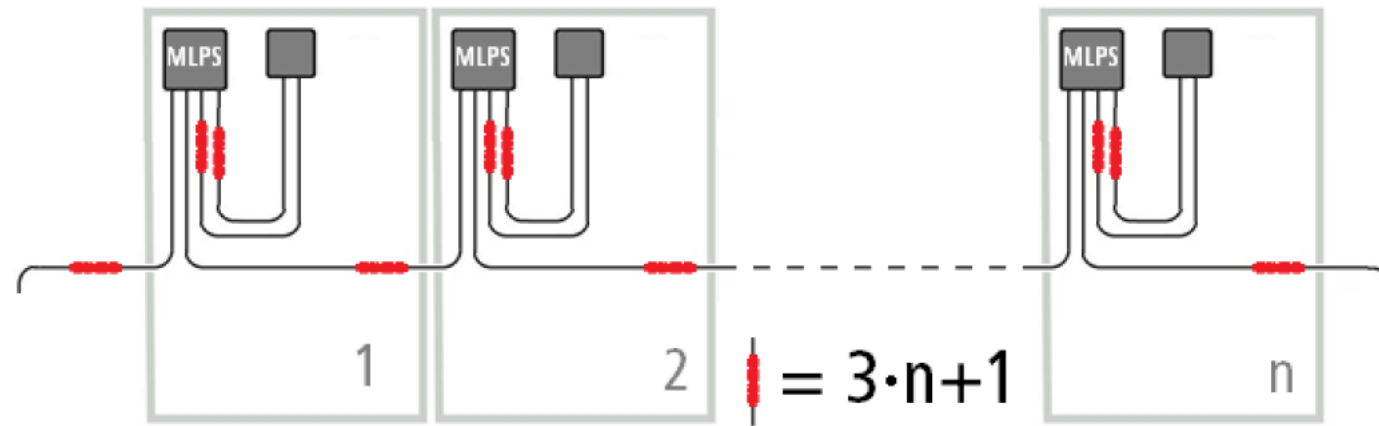
POTENCJALNE MIEJSCA WYSTĄPIENIA ŁUKU ELEKTRYCZNEGO I JEGO SKUTKÓW



Łuki szeregowe są trudniejsze do zidentyfikowania, dlatego należy dążyć do minimalizacji ilości połączeń DC w instalacji PV.

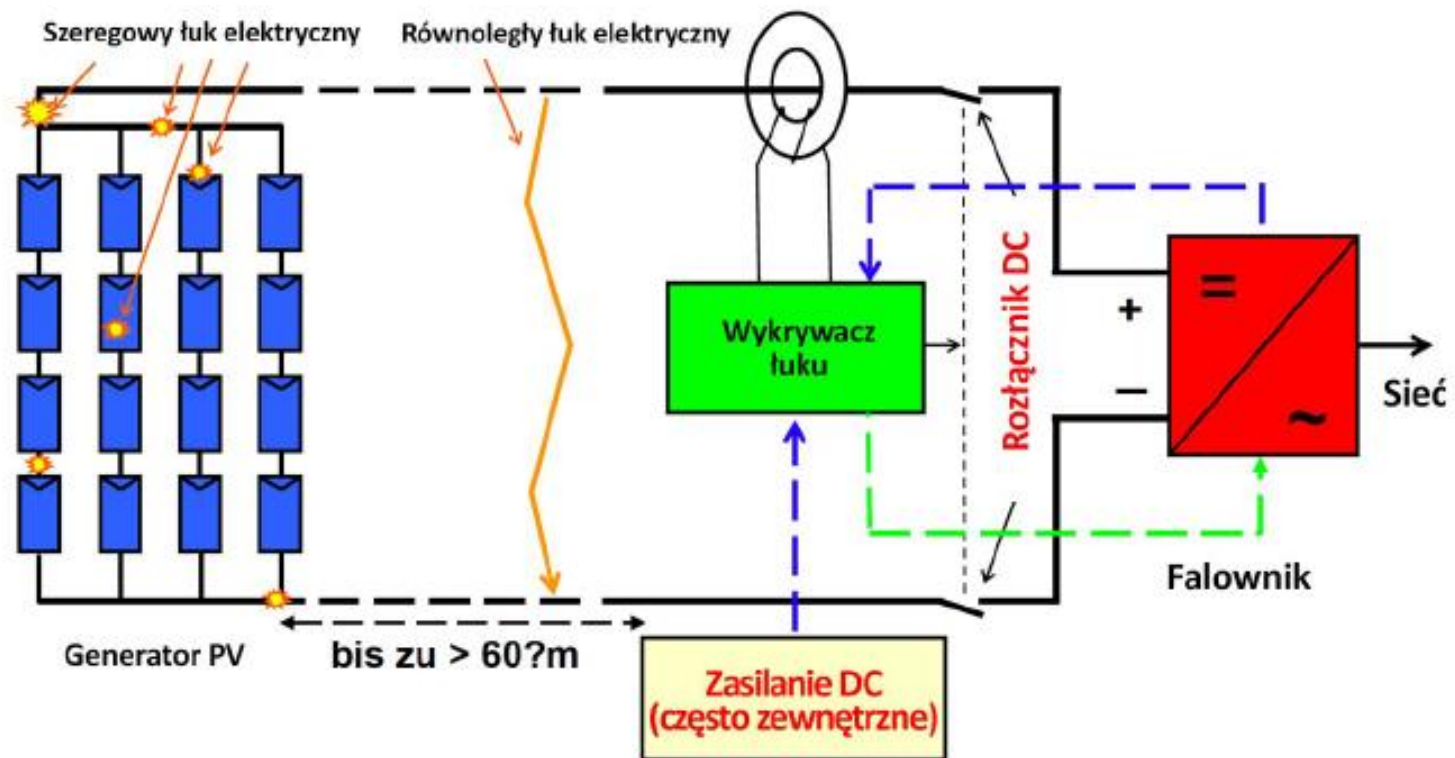


Potencjalne miejsca wystąpienia łuków szeregowych w instalacjach PV. Ilość połączeń DC w instalacji wynosi **$n+1$** ,
gdzie
 n = ilość modułów



Potencjalne miejsca wystąpienia łuków szeregowych w instalacjach PV z układami MLPS: Ilość połączeń wynosi **$3 \cdot n + 1$** ,
gdzie n = ilość modułów.

WYKRYWANIE ŁUKU ELEKTRYCZNEGO ORAZ AUTOMATYCZNE WYŁĄCZANIE



OGRANICZENIE MOŻLIWOŚCI ROZPRZESTRZENIANIA SIĘ OGNI

Łuk elektryczny może zapalić łatwopalne membrany dachowe i leżącą pod nimi izolację w przypadku bezpośredniego kontaktu. Na etapie planowania należy zatem sprawdzić, czy można zastosować niepalne membrany dachowe lub izolację. Jeśli nie jest to możliwe, wpływ ewentualnego wystąpienia łuku należy zminimalizować w sposób trwały i wystarczający - należy zapewnić odległości między przewodem i poszyciem dachu (kanały kablowe lub wystarczająco gruba baza mineralna, taka jak żwir). Wybierając materiały instalacyjne, należy wziąć pod uwagę, że tworzywa sztuczne mają wyższy potencjał zapłonu i rozprzestrzeniania się ognia niż materiały metalowe.

Kontynuowaniu możliwego równoległego łuku przez wpusty dachowe można zapobiec poprzez osobne zamontowanie przewodów DC-plus i DC-minus bezpośrednio przed wprowadzeniem do budynku. Generalnie zaleca się stosowanie bariery ogniowej do wprowadzania kabli do budynku. W ten sposób zapobiega się przekazywaniu ognia przez tak zwany efekt bezpiecznika.

Odpowiedniki złącza MC4 (męskie / żeńskie) muszą być tego samego typu i producenta!

Kanały i korytka kablowe muszą być zatwierdzone przez producenta do użytku na zewnątrz. W przypadku kanałów kablowych producent powinien zapewnić odpowiednią ochronę krawędzi. Preferowane są metalowe kanały kablowe i rury instalacyjne, pod warunkiem, że są one odporne na korozję. Gdy stosowane są kanały z tworzywa sztucznego, muszą być odporne na warunki atmosferyczne, a zwłaszcza na promieniowanie UV i ozon.

SKUTKI NIEDOKŁADNEGO MONTAŻU
LUB UŻYWANIA ŁĄCZEK RÓŻNYCH PRODUCENTÓW



DEFINICJA POMIESZCZENIA ZAGROŻONEGO WYBUchem

Zgodnie z rozporządzeniem RMSW i A z dnia 7 czerwca 2010 roku w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków innych obiektów i terenów [Dz. U. nr 109/2010 poz. 719]:







POMIESZCZENIE ZAGROŻONE WYBUchem – pomieszczenie, w którym może się wytworzyć mieszanina wybuchowa powstała z wydzielającej się takiej ilości palnych gazów, par, mgieł lub pyłów, że jej wybuch mógłby spowodować przyrost ciśnienia w tym pomieszczeniu przekraczający **5 kPa**.

STREFA ZAGROŻENIA WYBUchem – przestrzeń, w której może występować mieszanina substancji palnych z powietrzem lub innymi gazami utleniającymi, o stężeniu zawartym między dolną a górną granicą wybuchowości.

UWAGA

W pomieszczeniu należy wyznaczyć **strefę zagrożenia wybuchem**, jeżeli może w nim wystąpić mieszanina wybuchowa o objętości co najmniej **0,01 m³** w zwartej przestrzeni.

Zgodnie z normą *PN-EN-1127-7:2001 Atmosfery wybuchowe – Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Część 1: Pojęcia podstawowe i metodologia*, definiuje się następujące strefy zagrożenia wybuchem dla palnych gazów, mgieł i par palnych cieczy:

		przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę z powietrzem substancji palnych w postaci gazów, par, mgieł, występuje stale, często lub przez długie okresy;
		przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę z powietrzem substancji palnych w postaci gazów, par, mgieł, może czasami wystąpić w trakcie normalnego działania;
		przestrzeń, w której atmosfera wybuchowa zawierająca mieszaninę z powietrzem substancji palnych w postaci gazów, par, mgieł, nie występuje w trakcie normalnego działania, a w przypadku wystąpienia, utrzymuje się przez krótki okres;

Strefa 0

Atmosfera wybuchowa obecna jest cały czas

Strefa 1

Atmosfera wybuchowa obecna jest często

Strefa 2

Atmosfera wybuchowa może być obecna przypadkowo

Wymiary stref definiuje *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 listopada 2005 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać bazy i stacje paliw płynnych, rurociągi przesyłowe dalekosiężne służące do transportu ropy naftowej i produktów naftowych i ich usytuowanie* [tekst jednolity: Dz. U. 2014 poz. 1853].

Na terenie stacji paliw płynnych w zakresie przedmiotowej oceny należy wyróżnić trzy strefy zagrożenia wybuchowego:

- **strefa 0**, występuje nad lustrem paliwa wewnątrz zbiorników,
- **strefa 1**, występuje w objętości dystrybutorów paliw, nad lustrem cieczy palnej,
- **strefa 2**, występuje jako kula o promieniu **1,5 m** wokół nalewaka.

OCENA ZACHOWANIA SIĘ GAZU LUB OPARÓW CIECZY PALNEJ

Strefa rozchodzenia się gazu lub oparów cieczy palnej zależy od względnej gęstości oparów cieczy palnej lub gazu:

$$d_p = M: 29$$

W zależności od wartości d_p gaz rozchodzi się w następujący sposób:

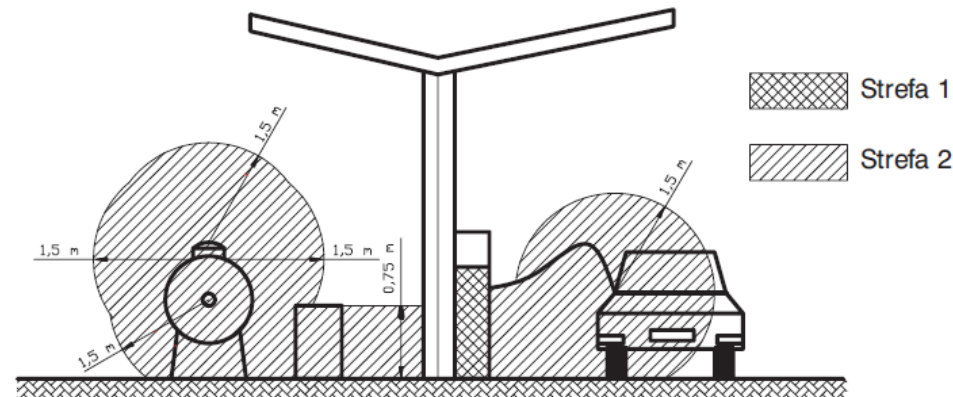
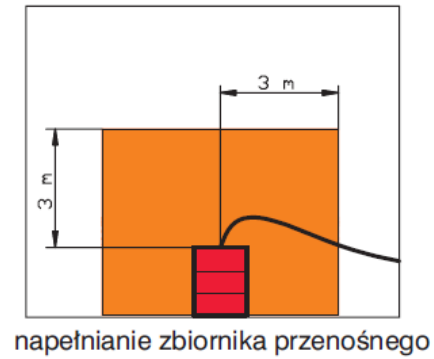
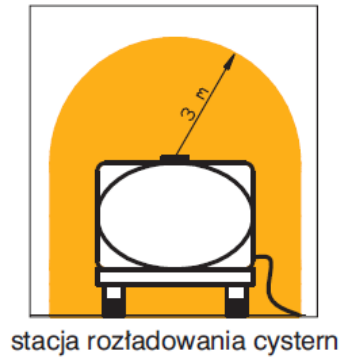
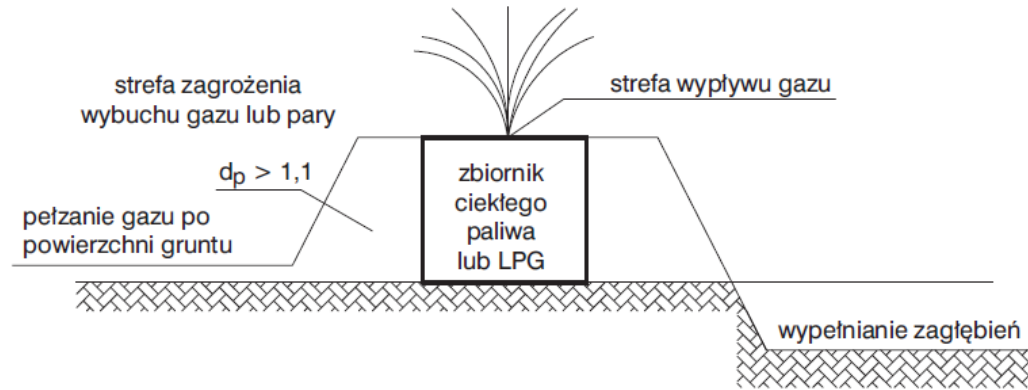
- $d_p < 1,1$ – gaz unosi się w górę
- $d_p \in (0,8 - 1,1)$ – gaz tworzy strefę kulistą wokół miejsca wypływu ze zbiornika
- $d_p > 1,1$ – gaz opada w kierunku ziemi tworząc stożek rozszerzający się w dół o kącie wierzchołkowym odwrotnie proporcjonalnym do prędkości wypływu

Masa cząsteczkowa dla benzyny wynosi $M = 130 \Rightarrow d_p = 4,48 > 1,1$.

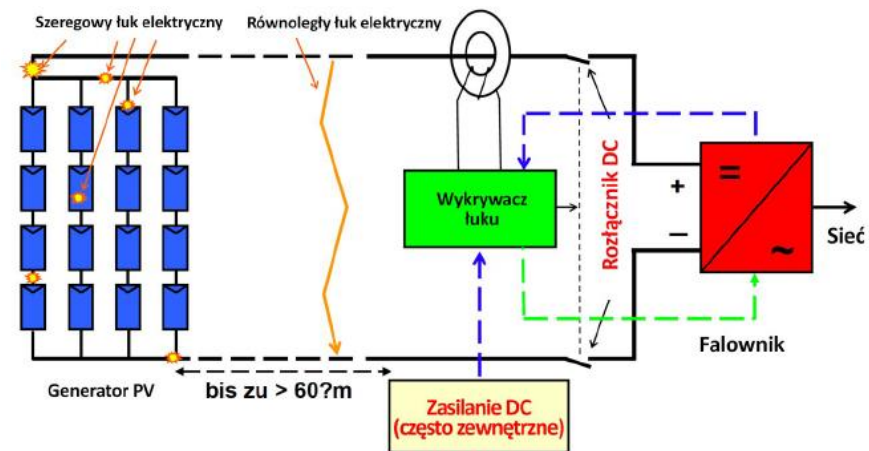
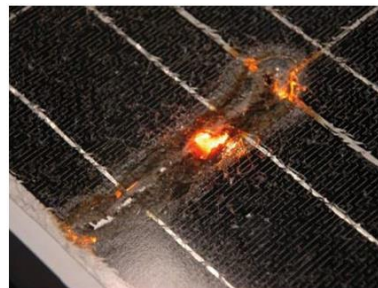
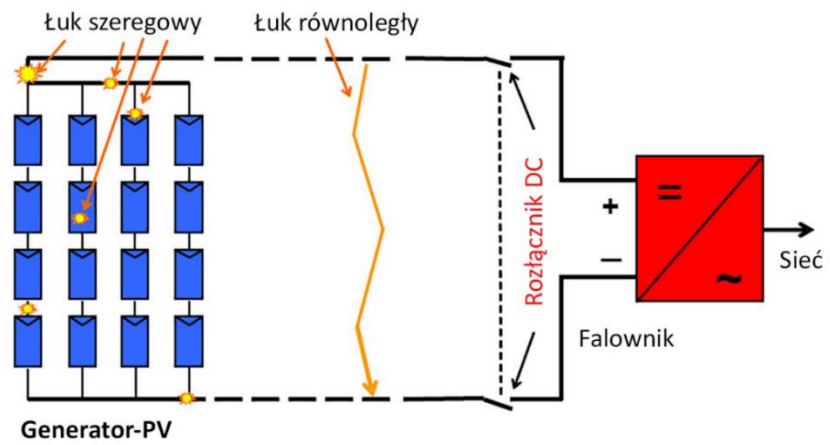
Natomiast masa cząsteczkowa LPG wynosi $M = 39 \Rightarrow d_p = 1,4 > 1,1$.

Stan ten powoduje opadanie LPG lub oparów benzyny w kierunku ziemi. Dach wiaty dystrybutorów znajduje się na wysokości kilku metrów nad powierzchnią ziemi, a budynek stacji paliw jest zlokalizowany poza strefą 2.

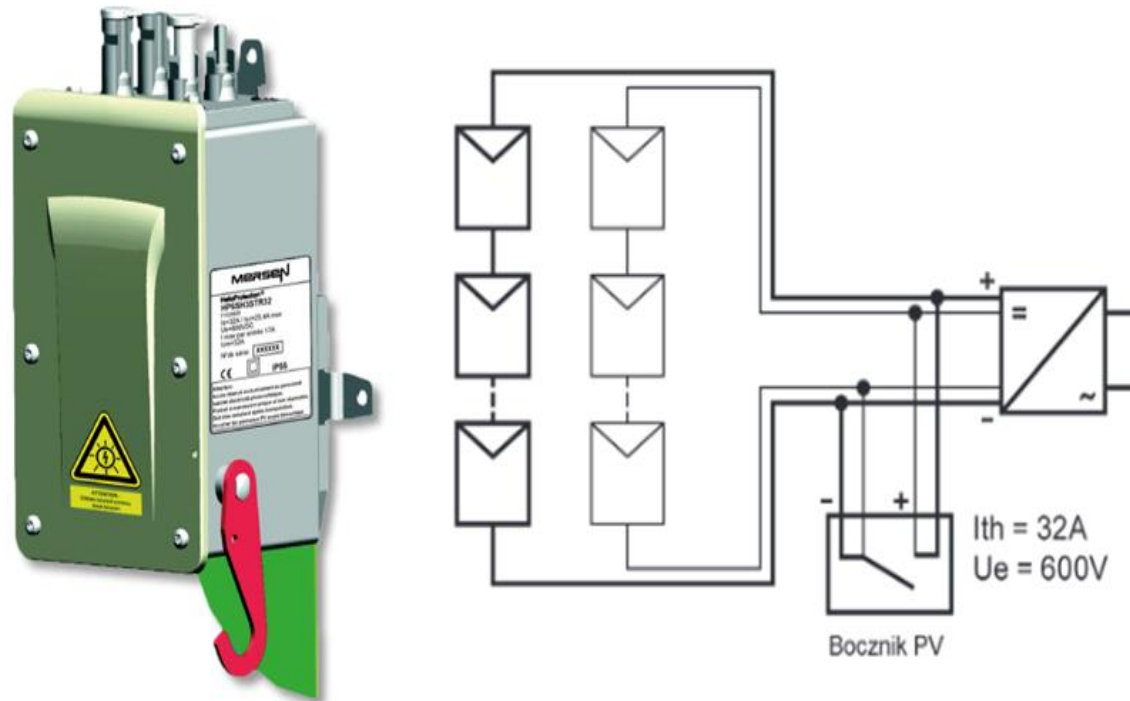
GRANICE STREF ZAGROŻENIA WYBUCHEM NA STACJI PALIW PŁYNNYCH I/LUB GAZOWYCH



ZAGROŻENIA, SKUTKI ORAZ WYKRYWANIE ZAGROŻEŃ STWARZANYCH PRZEZ ŁUK ELEKTRYCZNY

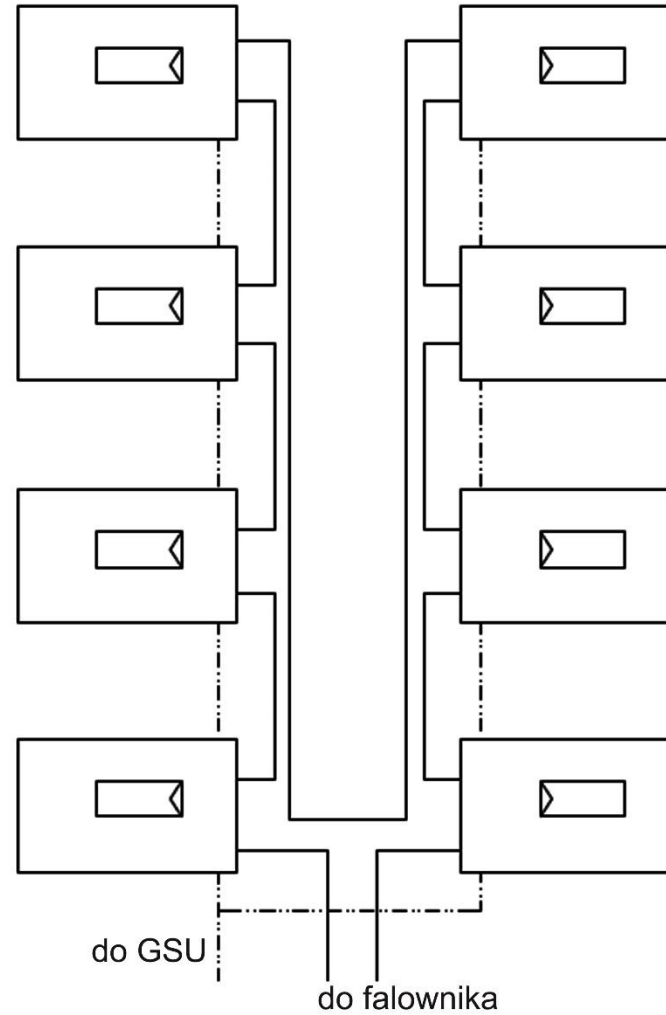


RĘCZNY WYŁĄCZNIK POŻAROWY PROSTEGO SYSTEMU PV



***PO PRZESUNIĘCIU DŹWIGNI W DÓŁ NASTĘPUJE ZWARCIE BIEGUNA DODATNIEGO I UJEMNEGO.
PŁYNIE PRĄD $I_k \approx 1,2 I_n$, NAPIĘCIE NA WYJŚCIU JEST PRAKTYCZNIE RÓWNE 0.***

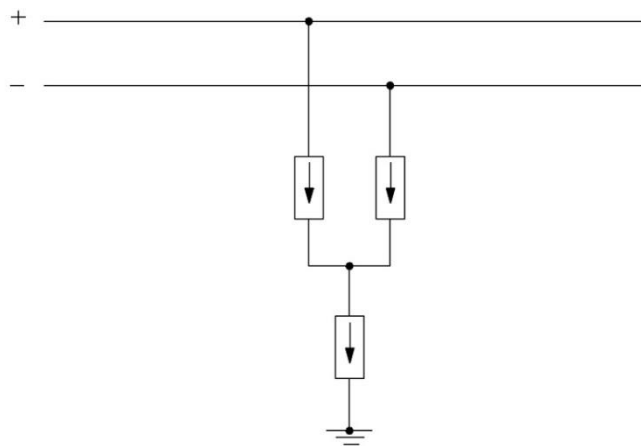
ZASADA POPRAWNEGO OPRZEWODOWANIA PANELI GENERATORA PV



TWORZENIE PĘTLI INDUKCYJNEJ JEST KATEGORYCZNIE ZABRONIONE

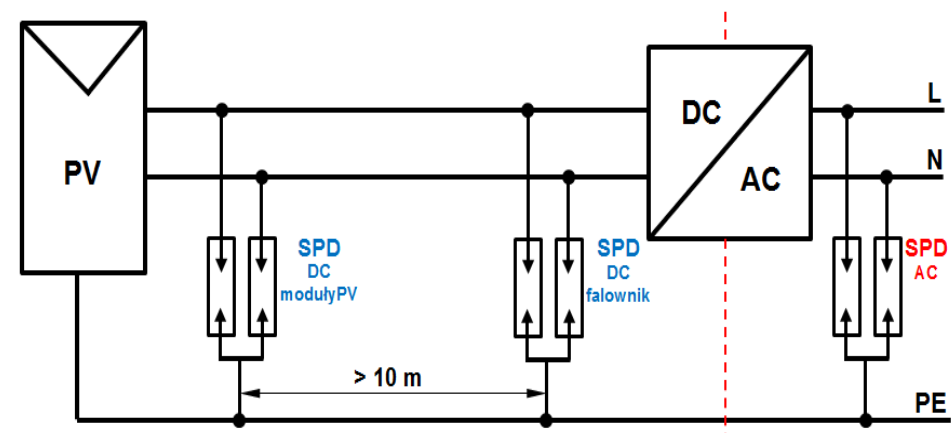
OCHRONA PRZEPIĘCIOWA

Ograniczniki przepięć w instalacjach PV należy tak dobierać, aby zapewniony poziom ochrony był niższy niż maksymalne napięcie wytrzymywane przez falowniki i moduły PV. Ograniczniki przepięć chronią instalację PV przed przepięciami łączeniowymi lub pochodzącymi od wyładowań atmosferycznych bezpośrednich i pośrednich. Do ochrony instalacji PV po stronie DC należy stosować ograniczniki przepięć DC w układzie „V”, których układ połączeń przedstawia **rysunek**:



Układ połączeń „V” ogranicznika przepięć DC

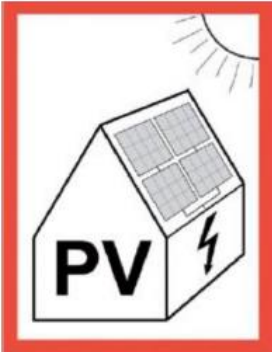
OGRANICZNIKI PRZEPIĘĆ PO STRONIE DC SYSTEMU PV



Należy pamiętać, że przypadku odległości generatora PV od falownika liczonej wzdłuż przewodu większej **od 10 m**, należy ograniczniki przepięć DC instalować przy generatorze PV oraz przy zaciskach falownika.

Czy jest LPS?	Czy zachowano odstępy izolacyjne „s” od LPS?	Odległość pomiędzy modułami PV i falownikiem	SPD DC moduły PV	SPD DC falownik	SPD AC
tak	tak	< 10 m	-	Typ 2	Typ 1
		> 10 m	Typ 2	Typ 2	
	nie	< 10 m	-	Typ 1	
		> 10 m	Typ 1	Typ 1	
nie	-	< 10 m	-	Typ 2	Typ 2
		> 10 m	Typ 2	Typ 2	

PLAN INSTALACJI PV ZAMIESZCZONY W MIESCU PRZYŁĄCZENIA ZGODNY Z PN HD 60364-7-712

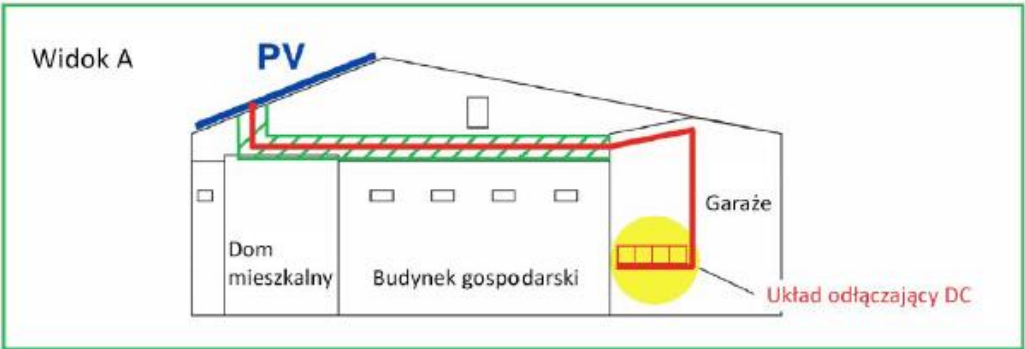
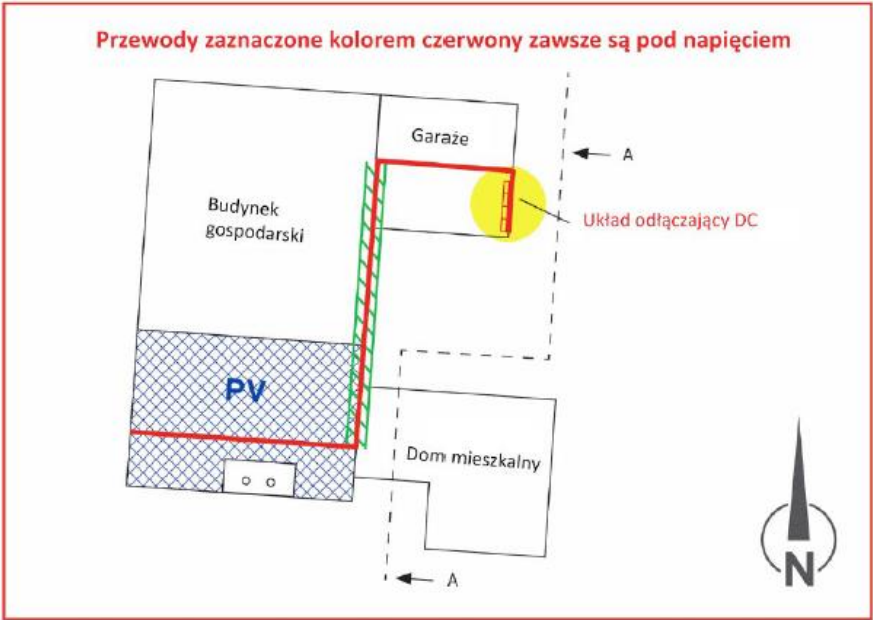


ETYKIETĘ INFORMUJACA O SYSTEMIE PV NALEŻY ZAMIESCIC NA BUDYUNKU.

Plan zamieszczony w miejscu przyłączenia musi zawierać informacje o przewodach pozostających pod napięciem, których wyłączenie jest niemożliwe, informacje o położeniu generatora PV oraz elementach umożliwiających wyłączenie generatora PV.

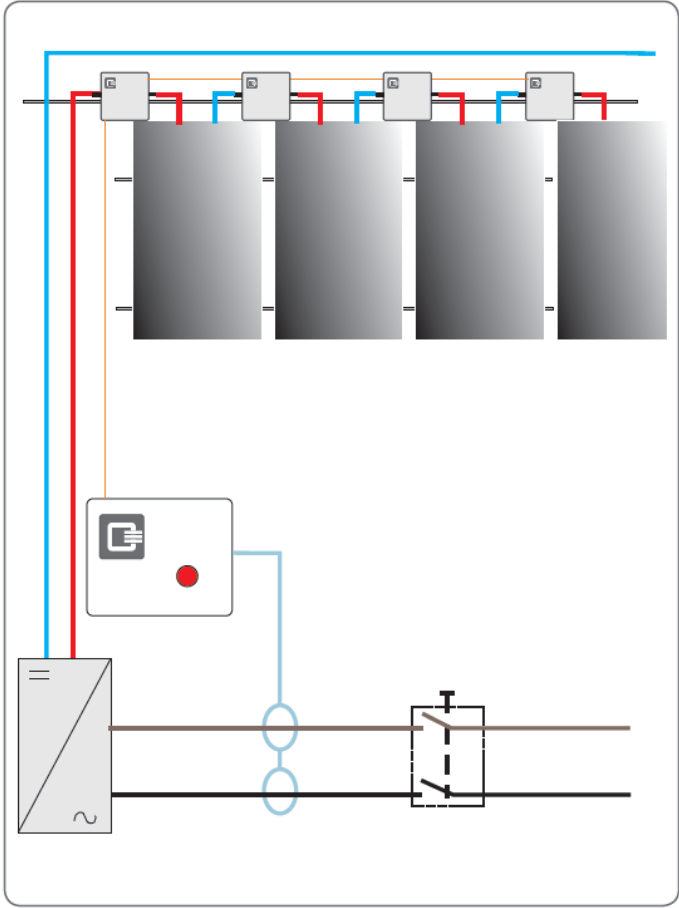
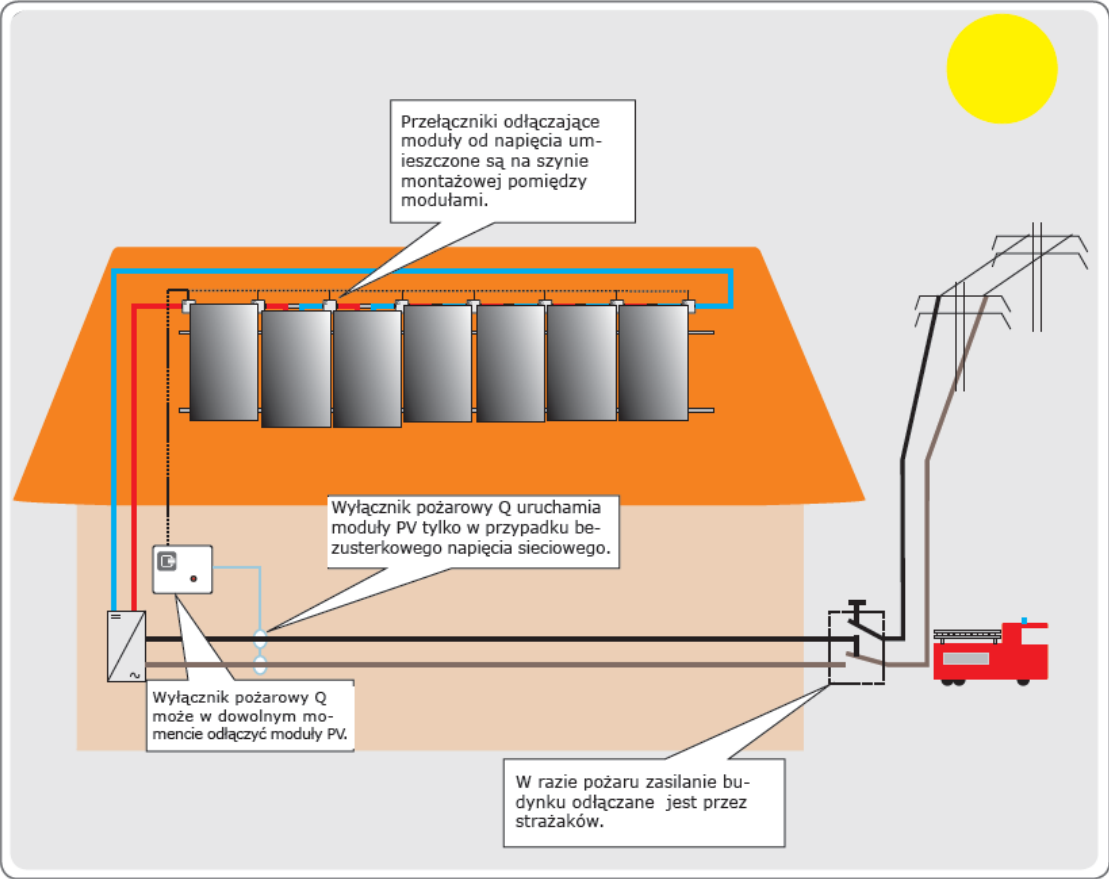
Uwaga

Przewody PV w budynku muszą posiadać wymagana klasę odporności ogniowej z cechą wodoodporności

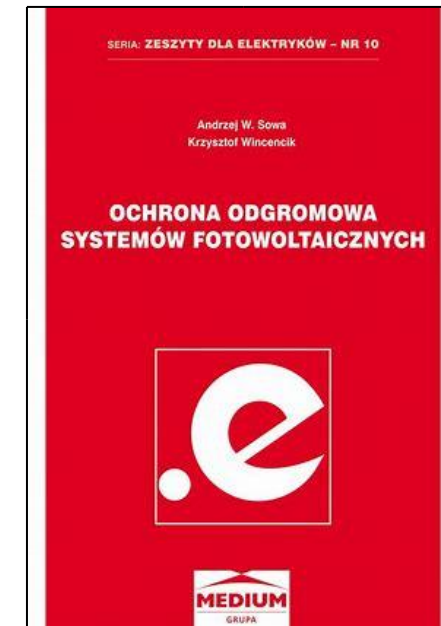
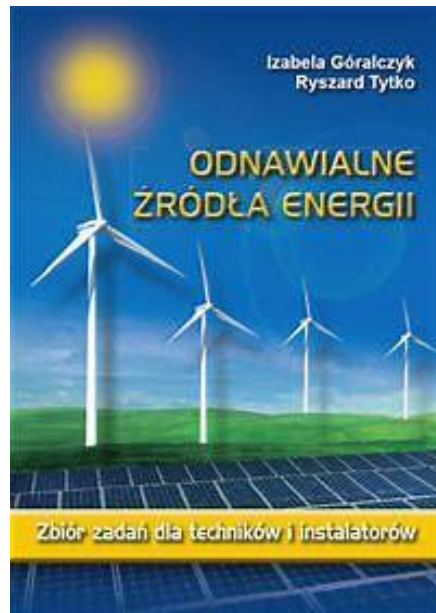
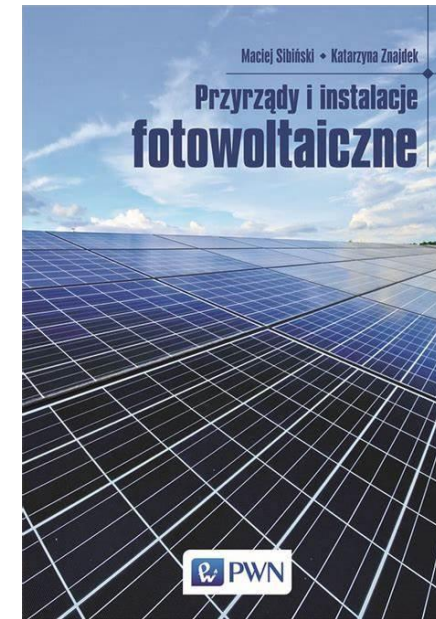
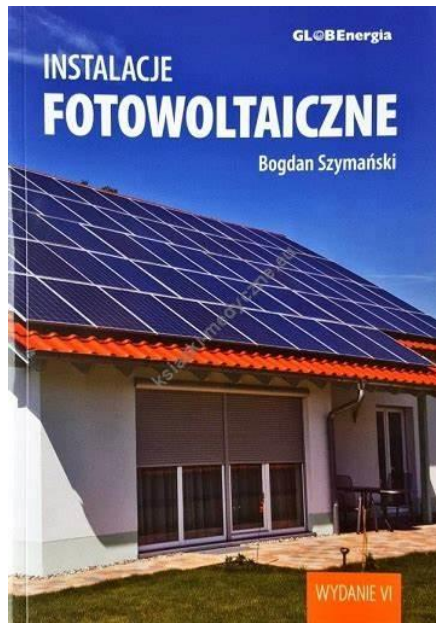


Data: Data utworzenia	Zestawienie: Zdjęcie lotnicze budynku	Projekt: Numer projektu	Miejsce ustawienia instalacji PV: Adres
Legenda: — Przewód pod napięciem — Przewód pod napięciem ułożony w sposób zabezpieczony przed ogniem — Generator PV — Pozycja układu zwalniającego DC		Klient: Nazwa i numer telefonu komórkowego	Sporządzono przez: Kompletny adres i numer telefonu producenta instalacji
		Zawartość: Plan instalacji dla służb ratowniczych	
		Numer awaryjny: Nazwa i numer telefonu komórkowego	

POŻAROWE WYŁĄCZENIE GENERATORA PV PRZEZ UZIEMIENIE BIEGUNÓW KAŻDEGO PANELU Z WYKORZYSTANIEM WYŁĄCZNIKA Q FIRMY Q3 ENERGIEELEKTRONIC GmbH & Co KG



POLECAM LITERATURĘ DLA ROZSZERZENIA WIEDZY W ZAKRESIE SYSTEMÓW PV



DZIEKUJĘ ZA UWAGĘ

julianwiatr@wp.pl

W IMIENIU DYREKTORA DZIAŁU KSZTAŁCENIA USTAWICZNEGO
I E-LEARNINGU POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ

DR INŻ. KAZIMIERZA HERLEDERA,
PROFESORA POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ

oraz

KIEROWNIKA STUDIÓW

DR INŻ. MARKA JAWORSKIEGO



Politechnika
Wrocławska

ZAPRASZAM NA STUDIA PODYPLOMOWE

W ZAKRESIE OCHRONY PRZECIWPORAŻENIOWEJ
I PRZECIWPOŻAROWEJ W INSTALACJACH ELEKTRYCZNYCH