
**STANOWISKO
ECODESIGN SYSTEMÓW
FOTOWOLTAICZNYCH (PV)**

Fernando Nuño, Bruno De Wachter

Luty 2018 r.

ECODESIGN SYSTEMÓW PV

W październiku 2017 r. Departament Rozwoju Komisji Europejskiej rozpoczął badania przygotowawcze dotyczące narzędzi potencjalnego zrównoważonego rozwoju modułów, inwerterów i systemów fotowoltaicznych. Te potencjalne narzędzia to przepisy dotyczące konceptu Ecodesign, etykiet energetycznych i oznakowania Ecolabel, a także założenia ekologicznych zamówień publicznych (GPP). Podczas badań, których koniec zaplanowano na rok 2019, odbędzie się wiele konsultacji publicznych. Poniżej przedstawiono kilka najważniejszych punktów, które warto wziąć pod uwagę podczas badań przygotowawczych oraz następujących po nich prac legislacyjnych.

NAJWAŻNIEJSZE INFORMACJE

1. Zakres:

- a. System powinien objąć całość instalacji urządzeń fotowoltaicznych
- b. Wytyczne powinny dotyczyć wszystkich technologii fotowoltaicznych dostępnych na rynku

2. Trwałość i niezawodność instalacji:

- a. Należy zwrócić szczególną uwagę na trwałość połączeń elektrycznych
- b. Przy obliczaniu rozmiarów kabli należy zastosować poprawny współczynnik korekty temperatury

3. Efektywność energetyczna: wszystkie elementy w instalacji, w tym inwertery, transformatory i kable połączeniowe, powinny być zaprojektowane tak, by spełniały wymogi efektywności energetycznej. Przekroje kabli powinny być dobrane zgodnie z zasadą minimalizacji całkowitego kosztu posiadania (TCO), ponieważ dzięki temu osiąga się większy przekrój (i, skutkiem, większą efektywność) niż stosując standardy zapewnienia bezpieczeństwa.

4. Używane materiały:

- a. Materiały należy dobierać zgodnie z jak największymi możliwościami recyklingowymi (udział, wartość i jakość materiału po recyklingu)
- b. Preferować należy materiały niewymienione jako krytyczne

PODSTAWOWE ZASADY

Zmiana źródeł energii ukierunkowana jest na dekarbonizację rynku w celu powstrzymania zmian klimatycznych przy jednoczesnym zachowaniu ciągłości dostaw energii i konkurencyjności branży. Aby jednak utworzyć prawdziwie zrównoważony system energetyczny, należy wziąć pod uwagę surowce mineralne niezbędne do przeprowadzenia takiej zmiany. Zmiana źródeł energii odbędzie się w sposób zrównoważony, jeśli ich wykorzystanie będzie

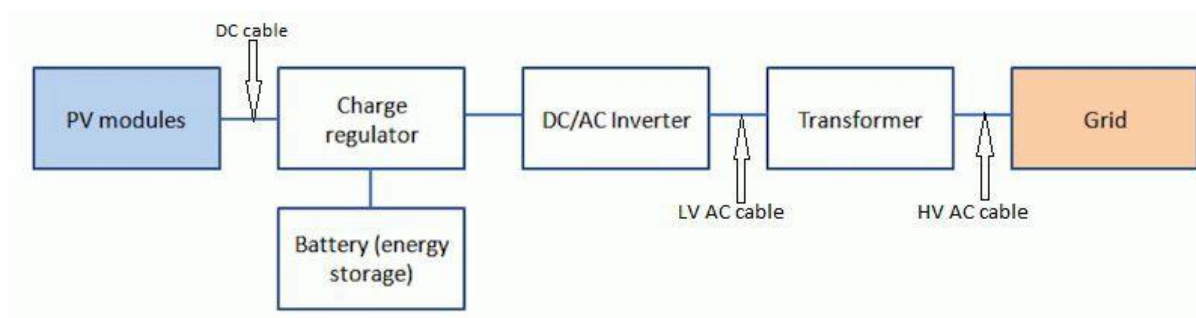
odpowiedzialne, zoptymalizowane i nastawione na maksymalizację potencjału recyklingowego. Dotyczy to również fotowoltaicznych systemów generowania energii.

Do optymalizacji ich wykorzystania konieczne jest wzięcie pod uwagę trwałości materiałów i efektywności energetycznej.

Aby produkcja i wycofanie z użycia systemów PV odbywały się w sposób odpowiedzialny, muszą one być projektowane z myślą o późniejszym recyklingu.

Dobre wytyczne w tym zakresie powinny określać podejście systemowe, analizę cyklu życia i zasady gospodarki obiegu.

SYSTEM PV



Cała instalacja fotowoltaiczna (PV) — składająca się z modułów (komórki PV, ramy oraz połączeń), regulatora ładowania i akumulatora (jeśli ma zastosowanie), inwertera, transformatora (jeśli ma zastosowanie), a także kabli zasilania łączących te jednostki — musi być zaprojektowana i funkcjonować jako jeden system. Przepisy powinny brać to pod uwagę i odpowiednio ustawić granice systemu.

Ponieważ trudno przewidzieć rozwój rynku fotowoltaiki, przepisy dotyczące systemów PV powinny obejmować wszystkie technologie dostępne na rynku, wszystkie wielkości instalacji, segmenty rynkowe (odbiorców indywidualnych, jednostki komercyjne czy dobra konsumpcyjne), sposoby organizacji przestrzennej (scentralizowany, rozproszony) oraz konfiguracje elektryczne (poza siecią lub w sieci). W efekcie definicja modułu fotowoltaicznego powinna obejmować technologie krystaliczne i cienkowarstwowe, a także ogniwa fotowoltaiczne zintegrowane z budynkami (BIPV).

Dodatkową zaletą tak szerokiego podejścia jest ułatwienie nadzoru nad rynkiem.

TRWAŁOŚĆ I NIEZAWODNOŚĆ SYSTEMU PV

Im dłużej system PV funkcjonuje bez znaczącego obniżenia efektywności energetycznej, niezawodności i bezpieczeństwa, tym większą wartość można wytworzyć z materiałów użytych do jego budowy.

Złotą zasadą budowania trwałych systemów jest **unikanie słabych ogniw w łańcuchu**. Takim słabym ogniwem może tak zwany gorący punkt (punkt o podwyższonej oporności elektrycznej) w linii zasilającej. Przyczyną powstawania gorących punktów może być:

- Deformacja styków kablowych. Można jej uniknąć, stosując materiał przewodzący o wystarczającej twardości i unikając połączeń między metalami o różnej rozszerzalności termicznej.
- Korozja powierzchni przewodnika wystawionego na działanie warunków pogodowych. Ten problem można wyeliminować, stosując miedź, ponieważ tlenek miedzi przewodzi prąd.
- Korozja galwaniczna spowodowana fizycznym kontaktem dwóch metali o różnych właściwościach w połączeniu z działaniem wilgoci. W związku z tym, jeśli łączone są różne materiały przewodzące w warunkach zewnętrznych, należy zachować szczególną ostrożność.

Ważną kwestią w odniesieniu do trwałości i niezawodności połączeń kablowych w systemach PV jest **współczynnik korekty temperatury**. Na czarnych dachach wystawionych na słońce kable łączące moduły PV oraz kable łączące z siecią energetyczną z inwerterami są często prowadzone pod panelami lub w korytkach pomalowanych na czarno, by mniej rzucały się w oczy. W efekcie temperatura kabli w gorące letnie dni często przekracza 100°C, nawet w umiarkowanym klimacie Europy Centralnej lub Północnej. Norma CENELEC EN 50618 bierze to pod uwagę i zaleca stosowanie współczynnika korekty temperatury. Ten współczynnik gwarantuje prawidłowe działanie kabli przez nieograniczony czas w temperaturze do 90°C i przez 20 000 godzin w temperaturze 120°C.

W przypadku modułów PV **należy ograniczyć degradację przekształcania energii**. W tym miejscu należy przejść do następnego punktu.

EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA SYSTEMU PV

Aby zoptymalizować użycie materiałów w systemach PV, maksymalna ilość energii słonecznej absorbowana przez system musi być przekształcona w energię elektryczną.

Najważniejszym środkiem do osiągnięcia tego celu jest **efektywność przekształcania energii w konkretnych modułach**. Po drugie, dużą rolę odgrywa **efektywność energetyczna inwertera, transformatorów i kabli połączeniowych**. Mimo że elementy te odznaczają się zazwyczaj wysoką efektywnością, w dalszym ciągu stanowią pole do osiągnięcia znaczących oszczędności. Ponieważ działają one bez przerwy, nawet niewielkie ulepszenie może stanowić istotną różnicę w odniesieniu do długiego okresu pracy instalacji.

W przypadku kabla prądu stałego łączącego z inwerterem, zastosowanie współczynnika korekty temperatury automatycznie przyczynia się do zmniejszenia strat energii. W przypadku kabli **prądu przemiennego** łączących transformator z siecią energetyczną stosowanie przekrojów większych niż

najczęściej stosowany przekrój standardowy umożliwia znaczącą oszczędność energii, a także obniża całkowity koszt posiadania w pełnym okresie życia instalacji.

ZRÓWNOWAŻONE WYKORZYSTANIE MATERIAŁÓW

Kiedy system fotowoltaiczny stanie się już trwały i efektywny energetycznie, należy zwrócić uwagę na materiały używane do budowy instalacji PV.

POTENCJAŁ GOSPODARKI OBIEGOWEJ

Bardzo ważnym kryterium jest kwestia, czy materiały **mogą być częścią obiegu**. Na koniec cyklu życia systemu PV materiały muszą być odzyskane i przetworzone na produkty, których ¹ jakość i wartość są takie same lub wyższe niż materiałów oryginalnych.

Recykling paneli PV jest obecnie wykonywany głównie w liniach recyklingu szkła laminowanego. Na początku usuwana jest rama aluminiowa. Następnym krokiem jest usunięcie skrzynek kontaktowych i kabli. Pozostała część jest następnie poddawana kilku etapom łamania i mielenia, z usuwaniem fragmentów metali, fragmentów folii z tylnej powierzchni oraz miedzi i aluminium ze złączy. Te ostatnie, wraz z usuniętymi kablami i skrynkami, są przekazywane zakładom recyklingu odpadów elektronicznych do dalszego przetworzenia. To, co pozostanie, jest przetwarzane w przemyśle szklarskim.

Odpady elektroniczne pochodzące z tego procesu **mają większą wartość, jeśli zawierają dużo miedzi**. Związane jest to nie tylko z wyższą ceną rynkową miedzi, ale także z większą efektywnością recyklingu. Czysta miedź używana do połączeń elektrycznych staje się na końcu cyklu życia odpadem wysokiej jakości, co oznacza, że proces recyklingu nie obniża jej wartości. Czystość miedzi umożliwia użycie odpadów jako materiału źródłowego na ostatnim etapie produkcji miedzi, co oszczędza 85% energii wymaganej do produkcji miedzi z rudy. W 2015 r. 61% europejskiej miedzi, która zakończyła cykl życia, zostało zrecyklingowane. W tym samym roku miedź po recyklingu stanowiła do 47% materiału źródłowego używanego do produkcji miedzi.

Z tego powodu **połączenia i kable wykonane z miedzi podwyższają potencjał wykorzystania instalacji w gospodarce obiegowej**.

DOSTĘPNOŚĆ MATERIAŁU

¹ Raport IEA-PVPS T12-10:2018 programu systemów energii fotowoltaicznej (PVPS) Międzynarodowej Agencji Energii (IEA) – „End-of-Life Management of Photovoltaic Panels: Trends in PV Module Recycling Technologies”, str. 11

² Raport IEA-PVPS T12-12:2017 programu systemów energii fotowoltaicznej (PVPS) Międzynarodowej Agencji Energii (IEA) – „Life Cycle Inventory of Current Photovoltaic Module Recycling Processes in Europe”.

Popyt na materiały wzrasta z powodu przekształcania źródeł energii i ogólnego wzrostu ekonomicznego na świecie. Ponadto systemy PV charakteryzują się długim cyklem życia. Z tego powodu podaż używanych metali do zastosowania w nowych produktach jest ograniczona. Lukę między dostępnością materiałów wtórnych i popytem może wypełnić pierwotna produkcja

metali. Stanie się tak dopiero wtedy, gdy

metale te będą łatwo dostępne. Należy unikać pierwiastków uznawanych za krytyczne, ponieważ ich podaż w przyszłości może być ograniczona z powodu szybkiego wyczerpywania się zasobów, problemów geopolitycznych lub niewystarczającego rozwoju technologii.

Dzięki względnie bogatym rezerwom i zasobom oraz brakowi zagrożeń geopolitycznych miedzi nie grozi znalezienie się na liście surowców krytycznych. Rezerwy miedzi sięgają 720 milionów ton (wg US Geological Survey (USGS), 2014), a zasoby miedzi są szacowane na ponad 5 miliardów ton (USGS, 2014 i 2017). Ta liczba nie zawiera złoża miedzi występujących w głębokich rowach podmorskich i złożach siarczków w oceanach. Obecne i przyszłe prace badawcze spowodują dalsze zwiększenie rezerw i znanych zasobów. Według USGS, od roku 1950 rezerwy miedzi utrzymywane są na poziomie wystarczającym na 40 lat, a zasoby rudy – na ponad 200 lat.

³ John Atherton, „Life Cycle Management / Declaration by the Metals Industry on Recycling Principles”, ICMM, Int J LCA 2006