

SPECYFIKA PRACY TRANSFORMATORA W SIECI FOTOWOLTAICZNEJ

mgr inż. Anna Krajewska

Tel. +48 607 033 834

e-mail: annamaria105@gmail.com

TRANSFORMATOR'24, Wisła 17 -18. 04. 2024 r.

Obecnie, transformatory pracujące w farmach wiatrowych i fotowoltaicznych sprawiają problemy eksploatacyjne. Wielu inwestorów zamawia typowe transformatory rozdzielcze (suche oraz napełnione cieczą elektroizolacyjną), przeznaczone do transformowania prądu sinusoidalnego przy obciążeniu ciągłym. Taki transformator nie jest przystosowany do współpracy z falownikiem (inwerterem), przy obciążeniu, wynikającym zarówno z cyklu dostarczania energii przez wiatraki lub ogniwa fotowoltaiczne, jak i zapotrzebowanie odbiorców.

W zbiorze polskich norm mamy normę na transformatory do stosowania w turbinach wiatrowych:

PN-EN 60076-12:2011 Transformatory Część 12: Transformatory do stosowania w turbinach wiatrowych

Natomiast nie ma norm: PN, EN ani IEC na transformatory do pracy w fotowoltaicznych systemach.

Istnieje w zbiorze norm IEEE przewodnik:

IEEE Std C 57.159TM-2016 IEEE Guide on Transformers for Application in Distributed Photovoltaic (DPV) Power Generation System

Publikacja ta podaje wskazówki dotyczące projektowania, prób i eksploatacji transformatorów w układach fotowoltaicznych.

Ww. przewodnik zaleca przed przystąpieniem do wyspecyfikowania wymagań dla tego typu transformatorów, rozważenie wymagań zawartych w normach na:

- Transformatory energetyczne napełnione cieczami elektroizolacyjnymi lub transformatory suche (IEC 60076-1 i IEC 60076-11);
- Przewodnikami ich obciążalności (IEC 60076-7, IEC60076-12);
- Transformatory przekształtnikowe (IEC 61378 norma wieloczęściowa);
- Transformatory do stosowania w turbinach wiatrowych (IEC60076-12);
- Transformatory VRDT (IEC60076-24).

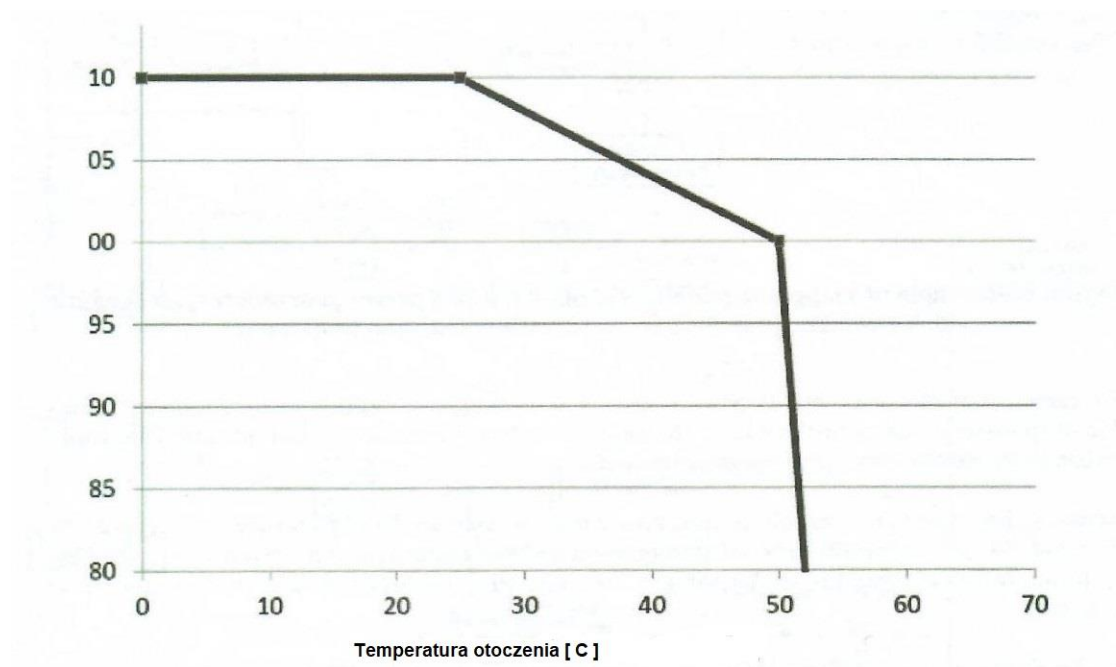
Zaleca także przeanalizowanie specyfiki pracy i przebiegów napięciowych na wyjściu z zastosowanego inwertera względem ziemi i przebiegów międzyfazowych.

Niezbędna jest także analiza dobowego cyklu generacji mocy przez panele fotowoltaiczne zależnej od pogody (ilości światła słonecznego), długości dnia oraz temperatury otoczenia.

Należy podać także informację czy w układzie generacji przewidziano jeden inwerter na transformator dwuuzwojeniowy, czy prace dwóch inwerterów z transformatorem trójuzwojeniowym (dwa uzwojenia DN i uzwojenie GN).

Panel fotowoltaiczny

Słabym punktem tego urządzenia jest spadek sprawności wraz ze wzrostem temperatury. Poniżej przedstawiono przykładowy przebieg mocy wyjściowej z inwertera w funkcji temperatury otoczenia.

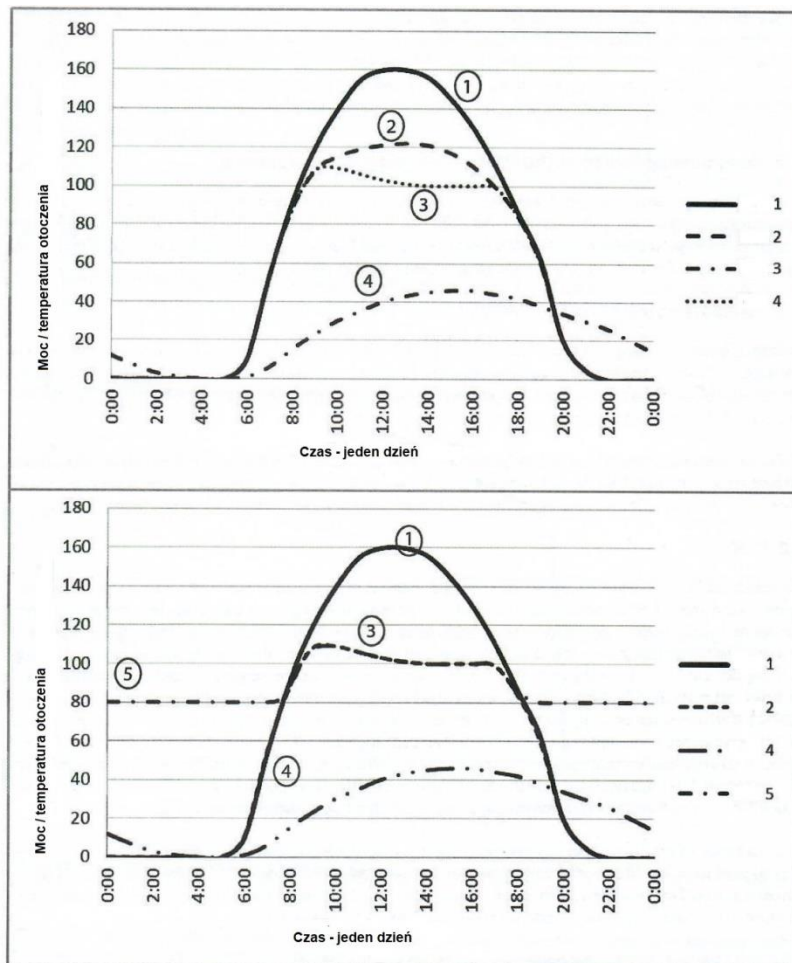


Na prace układu panel PV inwerter ma wpływ nie tylko temperatura otoczenia, ale i pogoda. Przemierzające się chmury chwilowo zaciniają panel wywołując chwilowy spadek mocy panelu lub odbicia światła słonecznego od „białych chmur” może wywołać krótkotrwałe wzrosty generowanej mocy.

Zjawisko to może powodować krótkotrwałe impulsy przeciążające transformator przez czas krótszy niż termiczna stała czasowa części aktywnej transformatora. Ten chwilowy wzrost obciążenia może spowodować lokalne wzrosty temperatur w transformatorze, których nie zauważymy mierząc temperaturę transformatora.

Wzrost temperatury uzwojeń, wyższy od spodziewanego, może zostać wywołany nierównomierną generacją prądu z inwertera. W przypadku nierównomiernego napięcia z inwertera, mogą wystąpić niepożądane zjawiska termiczne w rdzeniu lub uzwojeniach

Profil obciążenia transformatora w ciągu dnia (24 h)



Obciążenie mocą czynną transformatora w ciągu dnia

Legenda:

1 – wygenerowana moc dc (% mocy znamionowej inwertera)

2 – moc ac inwertera (% mocy znamionowej inwertera)

3 – obciążenie czynne transformatora (% mocy znamionowej transformatora)

4 – temperatura otoczenia [C]

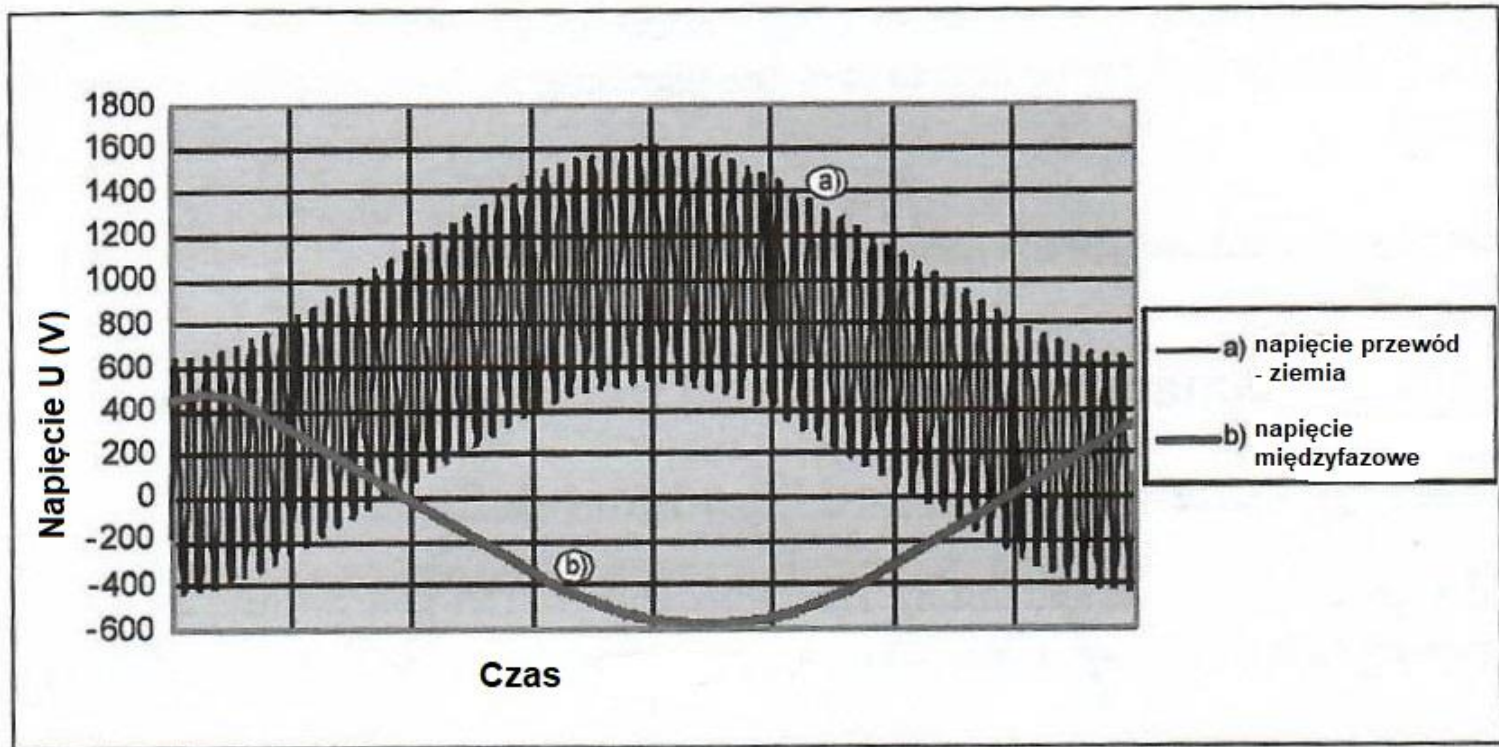
5 – obciążenie bierne transformatora (% mocy znamionowej transformatora)

Obciążenie mocą czynną i bierną transformatora w ciągu dnia i nocy

W transformatorze przeznaczony do pracy z układami PV, parametry strony DN narzuca przekształtnik natomiast o stronie GN decydują wymagania systemu energetycznego. Moc takiego transformatora powinna być dobrana do mocy inwertera.

Projektując taki transformator należy uwzględnić zawartość harmoniczných prądu generowanych w czasie współpracy transformatora z falownikiem, oraz możliwymi zjawiskami rezonansowymi w systemie .

Inwerter generuje przebiegi sinusoidalne napięcia w układzie międzyfazowym, natomiast przebieg napięcia faza –ziemia ma charakter pulsujący. Przykładowy przebieg przedstawiono poniżej.



Przykładowy przebieg napięcia AC na wyjściu z inwertera

Ze względu na złożoność pracy transformatora współpracującego z inwerterem sugeruje się przeprowadzenie, oprócz typowych prób wyrobu i typu następujące próby lub modyfikacje:

- rozważenie wprowadzenia korekty na straty wywołane przez wymienione w specyfikacji harmoniczne;
- przeanalizowanie wpływu harmonicznych na wyniki próby nagrzewania
- rozważyć podniesienie poziomu izolacji o 1 stopień , co skutkuje podniesieniem napięć probierczych;
- proponuje się podniesie granicznego poziomu wyładowań niezupełnych do 100 pC, dla transformatorów suchych żywicznych o napięciu powyżej 1,2 kV i uznać ten poziom za kryterium zaakceptowania próby zarówno dla transformatorów suchych jak i olejowych;
- wykonanie pomiaru napięć przenoszonych z uzwojenia GN do uzwojenia DN dla udaru pełnego, uciętego i łączeniowego.
- W eksploatacji okresowe wykonywanie prób fizykochemiczny cieczy elektroizolacyjnej z pracującego transformatora oraz DGA oraz inne próby diagnostyczne

Specyfikacja transformatora:

- Maksymalną ciągłą moc znamionowa kVA określoną w oparciu o maksymalną moc inwertera,
- Wymaganie pracy dwukierunkowej,
- Zawartość harmonicznyc i ich wyspecyfikowanie,
- Określenie impedancji zwarcia i jej tolerancji odpowiadającemu obciążeniu transformatora połową mocy znamionowej,
- Typowy profil obciążenia z uwzględnieniem warunków maksymalnego obciążenia,
- Liczbę i typową specyfikę załączeń i wyłączeń transformatora,
- Maksymalne dopuszczalne ciśnienie w kadzi,
- Warunki środowiskowe w miejscu planowanego zainstalowania
- Maksymalny zakres temperatur w ciągu dnia, miesiąca i roku,
- Wymaganie ekranów elektrostatycznych,
- Współczynnik mocy
- Możliwość wystąpienia składowej stałej prądu
- Dane dotyczące wymaganego wyposażenia i ochrony.