

PW-SAT2

PRELIMINARY REQUIREMENTS REVIEW

Czujnik Słońca *Sun Sensor*

Faza A projektu PW-Sat2

1.1 PL

Kategoria: Tylko do użytku wewnętrznego

2014-04-07

Abstrakt

Niniejszy dokument jest częścią podsumowania fazy A projektu satelity studenckiego PW Sat2. Opisuje eksperyment Czujnika Słońca, podsumowuje dotychczasowe prace i określa zadania do wykonania przez zespół.

Dokument jest publikowany wraz z poniższym:


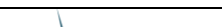
PW-Sat2 – Preliminary Requirements Review

HISTORIA ZMIAN

| Wersja | Data | Zmiany | Odpowiedzialny |
|----------|------------|--|--------------------|
| 0.1 | | Powstanie niniejszego dokumentu w wersji polskiej. | Inna Uwarowa |
| 1.0 PL | 2014-04-07 | Przepisanie dokumentu do spójnego szablonu | Dominik Roszkowski |
| 1.0.1 PL | 2014-07-02 | Drobne zmiany redakcyjne | Dominik Roszkowski |
| 1.1 PL | 2017-03-21 | Dodanie ostrzeżenia o nieaktualności | Dominik Roszkowski |

Attention Phase A documentation may be outdated in many points. Please do not depend on Phase B or Phase A documents only. Current documentation is available on the project website pw-sat.pl

This document is also available in English.

| | | | |
|--|-------------------------|---|--|
|  | PW-Sat2 | Czujnik Słońca |  |
| | 1.1 PL | Kategoria: Tylko do użytku wewnętrznego | |
| | Faza A projektu PW-Sat2 | | |

SPIS TREŚCI


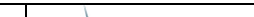
| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Opis czujnika słonecznego (Sun Sensor) | 3 |
| 1.1 | <i>Cel.....</i> | 3 |
| 1.2 | <i>Właściwości mechaniczne</i> | 3 |
| 1.3 | <i>Cena</i> | 4 |
| 2 | Poziomy sukcesu SunS | 5 |
| 3 | Zadania zespołu SunS | 8 |
| 3.1 | <i>Symulator Słońca</i> | 8 |
| 3.2 | <i>Stanowisko testowe.....</i> | 9 |
| 3.3 | <i>Obudowa czujnika SunS</i> | 10 |
| 3.4 | <i>Analizy termiczne.....</i> | 11 |
| 4 | Przyszłe prace | 12 |
| 5 | Załączniki..... | 13 |

INDEKS ILUSTRACJI

| | | |
|-------------|---|----|
| Rysunek 1-1 | Budowa czujnika słonecznego SunS..... | 3 |
| Rysunek 2-1 | Referencyjny czujnik słoneczny firmy ISIS..... | 5 |
| Rysunek 3-1 | Symulator Słońca Słonecznik | 8 |
| Rysunek 3-2 | Rama podtrzymująca symulator Słońca | 9 |
| Rysunek 3-3 | Stanowisko do testowania czujnika słonecznego SunS..... | 10 |
| Rysunek 3-4 | Obudowa czujnika słonecznego SunS..... | 11 |
| Rysunek 3-5 | Wyniki analiz termicznych dla SunS. | 11 |

INDEKS TABEL

| | | |
|------------|--|----|
| Tabela 2-1 | Poziomy sukcesu podsystemu SunS..... | 7 |
| Tabela 4-1 | Szacowany podział czasu pracy niezbędnego do wykonania zadań | 12 |

| | | | |
|--|-------------------------|---|--|
|  | PW-Sat2 | Czujnik Słońca |  |
| | 1.1 PL | Kategoria: Tylko do użytku wewnętrznego | |
| | Faza A projektu PW-Sat2 | | |

1 OPIS CZUJNIKA SŁONECZNEGO (SUN SENSOR)

1.1 CEL

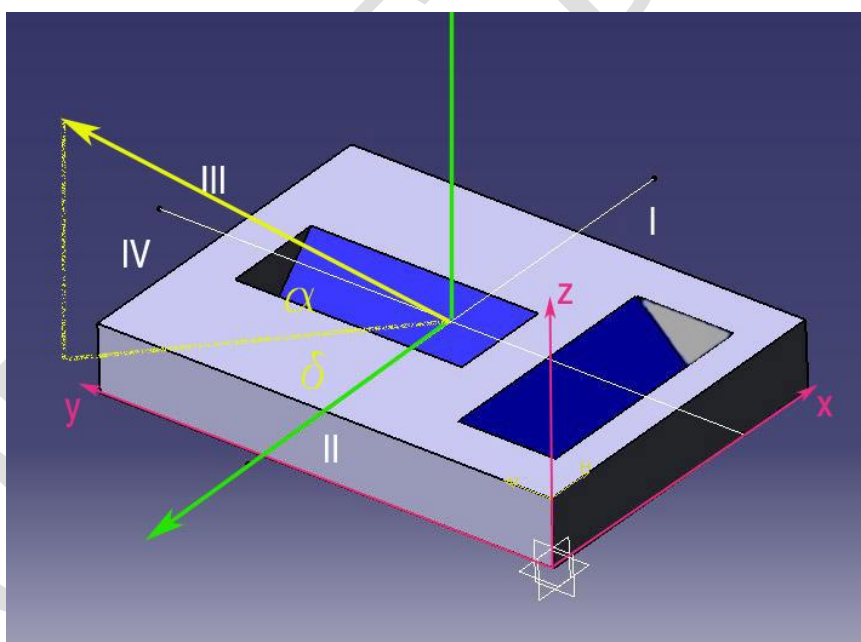
Projekt czujnika słonecznego (zwanego dalej Sun Sensorem lub SunS) powstał w 2011 roku jako praca inżynierska jednego z członków obecnego zespołu.

Dokładny opis tego podsystemu można znaleźć w [załączniku 1](#)¹. W danym dokumencie zostanie przedstawiony opis ogólny.

Analogowy czujnik słoneczny jest drugim w kolejności priorytetów ładunkiem użytecznym satelity PW-Sat2.



1.2 WŁAŚCIWOŚCI MECHANICZNE

Główną zaletą czujnika jest bardzo prosta konstrukcja jego obudowy. Może ona być zamontowana na ścianie satelity w rozmiarze 1U. Nie posiada żadnych ruchomych bądź skomplikowanych części [Rysunek 1-1]



Rysunek 1-1 Budowa czujnika słonecznego SunS.



¹ Uwarowa Inna, *Ocena dokładności wyznaczania pozycji satelity przy użyciu różnych czujników słonecznych*, praca dyplomowa inżynierska, Politechnika Warszawska, Warszawa 2011.

| | | | |
|--|-------------------------|---|--|
|  | PW-Sat2 | Czujnik Słońca |  |
| | 1.1 PL | Kategoria: Tylko do użytku wewnętrznego | |
| | Faza A projektu PW-Sat2 | | |

1.3 CENA

Czujnik słoneczny składa się z tanich i łatwo dostępnych materiałów. Materiałem światłoczułym jest powszechnie stosowane ogniwo fotowoltaiczne. Nie ma potrzeby używania drogich ogniw o wysokiej sprawności, gdyż nie mają one służyć jako źródła energii.

OUT OF DATE

| | | | |
|--|-------------------------|---|--|
|  | PW-Sat2 | Czujnik Słońca |  |
| | 1.1 PL | Kategoria: Tylko do użytku wewnętrznego | |
| | Faza A projektu PW-Sat2 | | |

2 POZIOMY SUKCESU SUNS


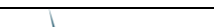
Głównym celem tego ładunku użytecznego jest sprawdzenie działania czujnika słonecznego nowego typu. Zakładana teoretyczna dokładność wynosi $0,1^\circ$, co jest bardzo trudne do uzyskania w rzeczywistości. Aby określić dokładność czujnika w warunkach przestrzeni kosmicznej należy porównać jego wskazania z czujnikami komercyjnymi. Jego maksymalna uzyskana dokładność będzie równa dokładności czujnika komercyjnego.

Jako czujnik referencyjny można użyć czujników dwóch typów:

1. Magnetometry – ich dokładność jest określana na około 3° . Czujniki te charakteryzują się w porównaniu z innymi dość niską dokładnością. Czujnik słoneczny SunS z pewnością będzie miał co najmniej trzy razy większą dokładność. Ze względu na sytuację finansową jest to opcja podstawowa sprawdzenia tego systemu.
2. Czujnik słoneczny – referencyjny czujnik słoneczny firmy ISIS [Rysunek 2-1], dokładność określana na $0,5^\circ$. Pozwoli na weryfikację i udowodnienie wyższej dokładności czujnika SunS.



Rysunek 2-1 Referencyjny czujnik słoneczny firmy ISIS.

| | | | |
|--|-------------------------|---|--|
|  | PW-Sat2 | Czujnik Słońca |  |
| | 1.1 PL | Kategoria: Tylko do użytku wewnętrznego | |
| | Faza A projektu PW-Sat2 | | |

Poniżej przedstawiono dane techniczne referencyjnego czujnika słonecznego.

Performance

- Field of view: 114°
- Update Rate: >10 Hz (limited by ADC)
- Accuracy: <0.5°
- Interfaces:
 - Power Supply: 5V
 - I/F: 5 analogue channels, 9-way Nano-D connector


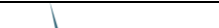
Product Properties

- Mass: < 5 g
- Power: < 10 mA
- Size: 33mm x 11mm x 6mm
- Environmental Characteristics
 - Operating temperature: -25°C to +50°C
 - 250 rms random, 1000g shock (Qualification levels)
 - 10krad total dose (component level)

Zdefiniowano cztery poziomy sukcesu tego podzespołu. W danym przypadku rozpatrujemy porównanie wskazań z magnetometrem.


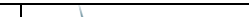
Tabela 2-1 przedstawia cztery poziomy sukcesu czujnika słonecznego SunS oraz wymagania innych podsystemów podstawowych satelity, które muszą być spełnione, aby osiągnąć dany poziom sukcesu.

1. Pierwszy i najwyższy poziom sukcesu oznacza, że wskazania czujnika słonecznego będą równe wskazaniom magnetometrów z odchyłką $\pm 3^\circ(\sigma)$. Ten poziom sukcesu zakłada również sprawdzenie działania czujnika w pełnym zakresie kątów. Oznacza to większe zaangażowanie systemu sterowania ADCS oraz systemu zasilania EPS.
2. Drugim poziomem sukcesu jest porównanie wskazań z magnetometrem z tą samą odchyłką, ale w innym, ograniczonym zakresie kątów. W tym przypadku nie możemy użyć systemu sterowania aby dokonać obrotu satelity w całym zakresie kątów czujnika SunS. Możemy natomiast porównać wskazania z magnetometrem i fotodiodami.
3. Trzeci przypadek odnosi się do sytuacji, kiedy nie można porównać wskazań czujnika ani z magnetometrem ani z fotodiodami. Znamy natomiast dokładność uzyskaną przy testach naziemny i możemy z nią porównać wskazania na orbicie.
4. Ostatnim i najniższym poziomem sukcesu jest przetestowanie czujnika na ziemi. Jeżeli uzyskana dokładność (0,5°) będzie stanowiła 20% dokładności teoretycznej(0,1°), będzie to uznane za sukces poziomu czwartego.

| | | | |
|---|-------------------------|---|--|
|  | PW-Sat2 | Czujnik Słońca |  |
| | 1.1 PL | Kategoria: Tylko do użytku wewnętrznego | |
| | Faza A projektu PW-Sat2 | | |

| Ładunek użyteczny | Poziom sukcesu | Opis | EPS | OBC | ADCS | Comm UHV/VHF | Antenna UHF/VHF | TCS | Struktura | SADS | Sail |
|----------------------|-------------------|--|--|------|---|-----------------|--------------------|-----|-----------|------|------|
| SunS | 1 | dokładność SunS = dokładność Mgtm | 3,2Wh = com 2W/min + SunS 1W/20min +OBC 1,5W/0,5h+ ADCS 2W | 10kB | on – pełna kontrola w każdym zakresie kątów | on 1min | on | - | - | - | - |
| | 2 | dokładność SunS = dokładność Mgtm | 2,2Wh = com 2W/min + SunS 1W/20min +OBC 1,5W/0,5h+ADCS 1W | 10kB | Tylko magnetometr i fotodiody | on 1min | on | - | - | - | - |
| | 3 | dokładność SunS = dokładność Mgtm | 1,2Wh = com 2W/min + SunS 1W/20min +OBC 1,5W/0,5h | 10kB | - | on 1min | on | - | - | - | - |
| | 4 | dokładność SunS = 80% dokładność teoretyczna | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Tabela 2-1 Poziomy sukcesu podsystemu SunS

| | | | |
|--|-------------------------|---|--|
|  | PW-Sat2 | Czujnik Słońca |  |
| | 1.1 PL | Kategoria: Tylko do użytku wewnętrznego | |
| | Faza A projektu PW-Sat2 | | |

3 ZADANIA ZESPOŁU SUNS

Do realizacji projektu czujnika słonecznego potrzebne było zbudowanie stoiska testowego. Organizacja tego stoiska została podzielona na kolejne zadania:

3.1 SYMULATOR SŁOŃCA

Jednym z poprzednich, nie związanych z PW-Sat2, projektów koła SKA był projekt symulatora Słońca – Słonecznik² [Zob. [Załącznik 2](#)]. Był to projekt dedykowany do misji satelity ESEO (*European Student Earth Orbiter*). Niestety Słonecznik był projektem nieukończonym. Sporo prac musieliśmy przeprowadzić dostosowując symulator do testów naszego czujnika.


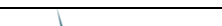
Pierwsze uruchomienie i sprawdzenie Słonecznika [Rysunek 3-1] nastąpiło w czerwcu 2013 podczas praktyk trzech członków projektu w CBK. Zostały zrobione pomiary temperatury.



Rysunek 3-1 Symulator Słońca Słonecznik.

Słonecznik był projektowany do zamontowania na komorze próżniowej. Nie było możliwe postawienie go tak, aby świecił promieniami równoległe do podłoża, czyli tak jak wymagał nasz projekt. W związku z tym należało zaprojektować nową ramę do trzymania symulatora [Rysunek 3-2].

² Furła P., Kwas M., Toruniewska J., *SŁONECZNIK Symulator Słońca do Komory Próżniowej*, Studenckie Koło Astronautyczne, Politechnika Warszawska, Warszawa 2012.

| | | | |
|--|-------------------------|---|--|
|  | PW-Sat2 | Czujnik Słońca |  |
| | 1.1 PL | Kategoria: Tylko do użytku wewnętrznego | |
| | Faza A projektu PW-Sat2 | | |



Rysunek 3-2 Rama podtrzymująca symulator Słońca.

Konstrukcja ramy zakłada użycia uniwersalnych profile ITEM. Umożliwia to regulację wysokości ramy, jej wielokrotne składanie i rozkładanie oraz regulację poziomą.

Projekt został wykonany i czeka na zamówienie materiałów.

3.2 STANOWISKO TESTOWE


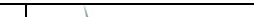
Projekt stanowiska testowego był pracą inżynierską jednego z członków zespołu. Prace nad stanowiskiem rozpoczęły się na praktykach w czerwcu 2013, a gotowe stanowisko było zmontowane w grudniu 2013. Praca inżynierska została obroniona w lutym 2014 r. Pełna wersja pracy znajduje się w załączniku³ [Zob. [Załącznik 3](#)].

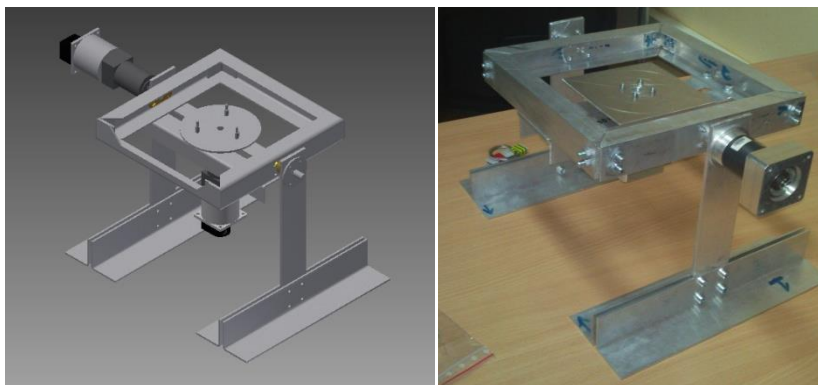
STANOWISKO TESTOWE MUSIAŁO SPEŁNIAĆ NASTĘPUJĄCE WARUNKI:

1. Zapewnienie ruchu w zakresie $\pm 90^\circ$ w dwóch osiach.

Aby spełnić to wymaganie powstała konstrukcja przedstawiona poniżej [Rysunek 3-3]. Pierwszy kąt jest zapewniony w osi łączenia nóg stanowiska. Drugi kąt, to obracająca się o 360° płytka widoczna na zdjęciu.

³ Łukasik Artur, *Konstrukcja stanowiska do testowania czujnika położenia satelity w przestrzeni kosmicznej*, praca dyplomowa inżynierska, Politechnika Warszawska, Warszawa 2014

| | | | |
|--|-------------------------|---|--|
|  | PW-Sat2 | Czujnik Słońca |  |
| | 1.1 PL | Kategoria: Tylko do użytku wewnętrznego | |
| | Faza A projektu PW-Sat2 | | |



Rysunek 3-3 Stanowisko do testowania czujnika słonecznego SunS.

2. Krok obrotu w każdej z osi musi być mniejszy niż $0,1^\circ$

Zakładana teoretyczna dokładność czujnika wynosi $0,1^\circ$. W celu spełnienia tego warunku zastosowano dwa silniki krokowe z przekładniami i sterownikami.

3. Zakres kątów w obydwu osiach musi wynosić od -90° do $+90^\circ$.

Całą strukturę można łatwo rozmontować i zmontować, co ułatwia jej transport.



3.3 OBUDOWA CZUJNIKA SUNS

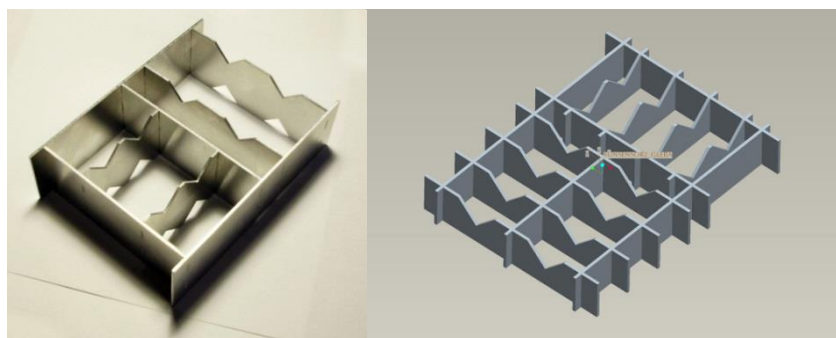
Obudowa jest potrzebna aby zamontować czujnik na stanowisku testowym. Wersja testowa może być większa niż wersja docelowa, montowana na satelicie, oraz może być wykonana z tańszych materiałów.

Głównym pytaniem było, czy obudowa w trakcie testów, pod wpływem dużych temperatur z symulatora Słońca, nie będzie się nierówno odkształcać powodując zmianę kąta położenie ogniwa.

Analizy termiczne, które zostały wykonane przez zespół TCS, nie wykazały znaczących zmian w strukturze płytki [Rysunek 3-5].

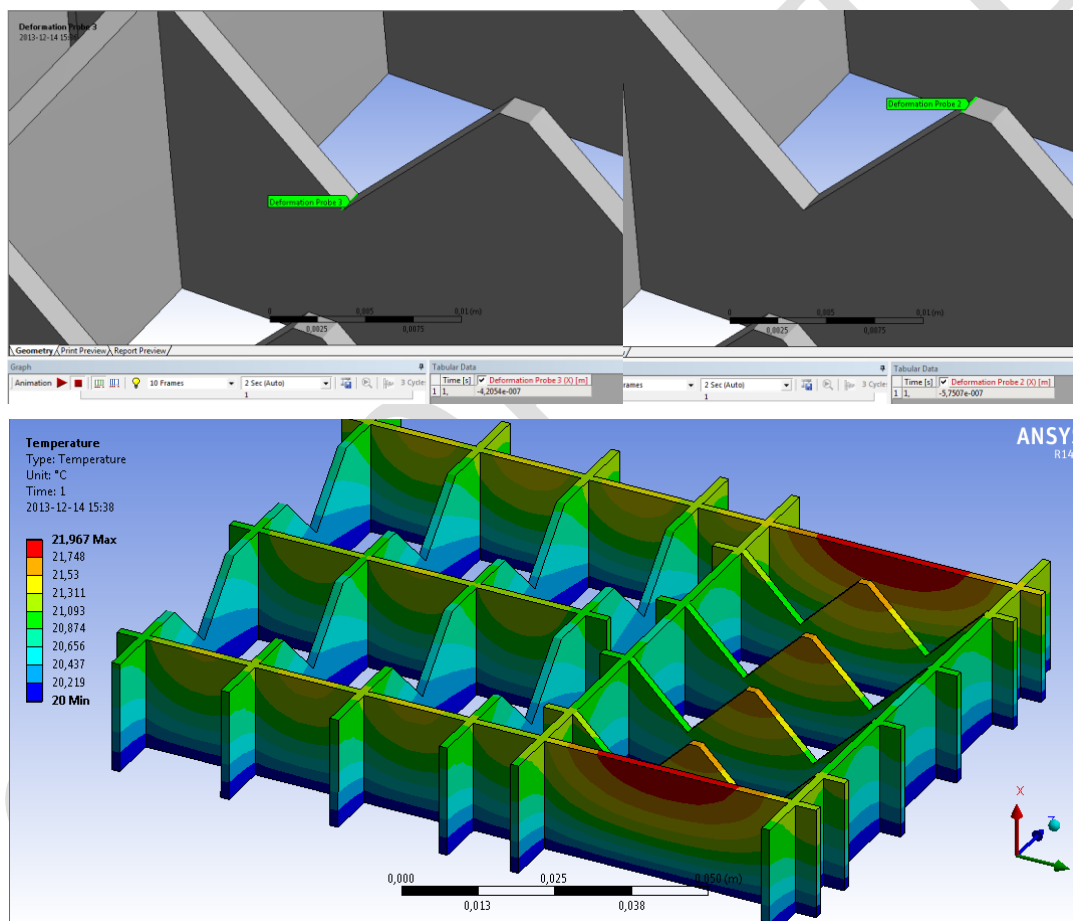
Obudowa została wyprodukowana w styczniu 2013 r. – projekt i zdjęcie poniżej [Rysunek 3-4].

| | | | |
|--|-------------------------|---|--|
|  | PW-Sat2 | Czujnik Słońca |  |
| | 1.1 PL | Kategoria: Tylko do użytku wewnętrznego | |
| | Faza A projektu PW-Sat2 | | |


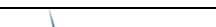


Rysunek 3-4 Obudowa czujnika słonecznego SunS

3.4 ANALIZY TERMICZNE



Rysunek 3-5 Wyniki analiz termicznych dla SunS.

| | | | |
|--|-------------------------|---|--|
|  | PW-Sat2 | Czujnik Słońca |  |
| | 1.1 PL | Kategoria: Tylko do użytku wewnętrznego | |
| | Faza A projektu PW-Sat2 | | |


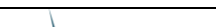
4 PRZYSZŁE PRACE

W fazie B zakładano przeprowadzenie kompletnych testów czujnika słonecznego SunS. Pierwsza wersja ogniów słonecznych będzie wykorzystana do testów. Docelowo zostaną zamówione ogniwa wyższej jakości, posiadające pełną dokumentację.

Kolejna wersja ogniów została wybrana i wyceniona. Czekają na zamówienie.

| Część | Zadanie | Godziny pracy |
|---------------------------------------|--|------------------|
| Simulator Słońca | Rozwiązanie problem stabilności źródła światła | 12h |
| Mechanizm stanowiska testowego | Założenie sprężyn | 1h |
| | Testy | 4h |
| Elektronika stanowiska testowego | Dopracowanie | 2h |
| Obudowa czujnika – wersja lotna | Projekt | 10h |
| | Dobór materiałów | 5h |
| | Produkcja | 2 tygodnie |
| Elektronika i oprogramowanie czujnika | Dopracowanie | 20h |
| | Prototyp | 5h |
| | Wytwarzanie | 2 tygodnie |
| Testy | Wstępne | 40h |
| | Finalne | 40h |
| Razem | | 140h + 4 tygodni |

Tabela 4-1 Szacowany podział czasu pracy niezbędnego do wykonania zadań

| | | | |
|--|-------------------------|---|--|
|  | PW-Sat2 | Czujnik Słońca |  |
| | 1.1 PL | Kategoria: Tylko do użytku wewnętrznego | |
| | Faza A projektu PW-Sat2 | | |

5 ZAŁĄCZNIKI

- [1] Uwarowa Inna, *Ocena dokładności wyznaczania pozycji satelity przy użyciu różnych czujników słonecznych*, praca dyplomowa inżynierska, Politechnika Warszawska, Warszawa 2011.

[\[PW-Sat2_09_PRR_SunS_IUwarowa_Praca_inz_SunS.pdf\]](#)

- [2] Furła P., Kwas M., Toruniewska J., *SŁONECZNIK Symulator Słońca do Komory Próżniowej*, Studenckie Koło Astronautyczne, Politechnika Warszawska, Warszawa 2012.

[\[PW-Sat2_09_PRR_SunS_Symulator_Slonca_Sprawozdanie_SKA.pdf\]](#)

- [3] Łukasik Artur, *Konstrukcja stanowiska do testowania czujnika położenia satelity w przestrzeni kosmicznej*, praca dyplomowa inżynierska, Politechnika Warszawska, Warszawa 2014.

[\[PW-Sat2_09_PRR_Suns_ALukasik_Praca_Inz_Słonecznik.pdf\]](#)