

## Ćw.1. Bezpieczeństwo energetyczne szpitala

### Wstęp

Bezpieczeństwo energetyczne szpitala zależy najbardziej od zapewnienia dostaw energii elektrycznej. Większość szpitali posiada oddzielną rozdzielnię elektryczną której głównym elementem jest transformator energetyczny. Monitorowanie temperatury pracującego transformatora ma istotny wpływ na zapewnienie ciągłości dostaw energii elektrycznej. Ćwiczenie przedstawia metodę monitorowania temperatury w obecności pola elektromagnetycznego przy użyciu czujników światłowodowych. Specjalna technologia kryształów półprzewodnikowych odgrywa ważną rolę w metrologii. Zaproponowano sposób pomiaru czujnikiem opartym na wykorzystaniu interferometru Fabry-Pérot.

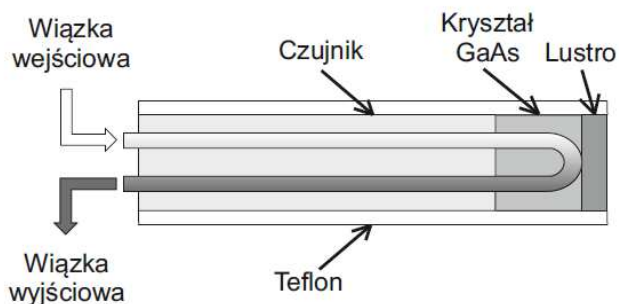
**zagadnienia do samodzielnego opracowania:** prawo stygnięcia Newtona; budowa i zasada działania światłowodowego czujnika temperatury; model pasmowy przewodnika, półprzewodnika i izolatora; interferometr Fabry-Perota;

#### 1. Technologia arsenku galu

Głównym elementem układu pomiarowego jest czujnik światłowodowy wykonany na technologii arsenku galu. Arsenek galu (GaAs) jest związkiem półprzewodnikowym złożonym z dwóch składników, galu (Ga) i arsenu (As). Zaletą użycia arsenku galu w urządzeniu jest to, iż generuje mniej zakłóceń niż większość innych materiałów półprzewodnikowych i w rezultacie, jest przydatny przy stosowaniu słabych sygnałów. Komórki arsenku galu są wrażliwe na ogrzewanie. GaAs jest bardzo odporny na zakłócenia spowodowane promieniowaniem elektromagnetycznym, to, wraz z wysoką wydajnością, czyni arsenek galu bardzo pożądanym do zastosowań metrologicznych oraz pozwala przynosić informację szybko i na duże odległości.

#### 2. Zasada działania czujnika światłowodowego

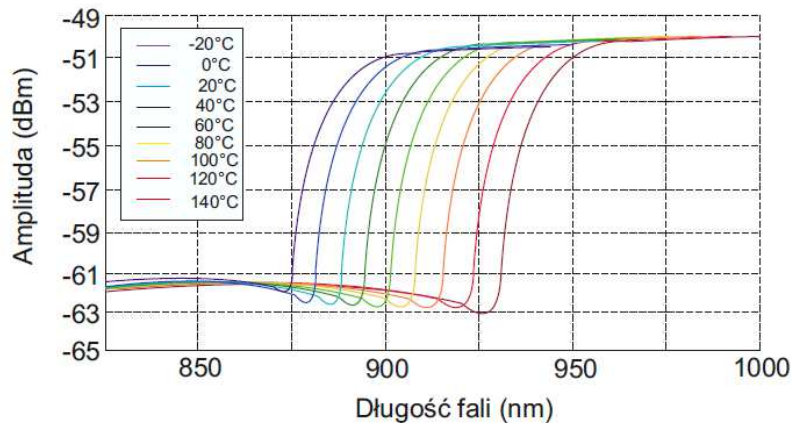
Zasada działania czujnika opiera się na interferencji fali świetlnej, które przetwarzane są na informację cyfrową. Zjawisko to jest przedstawione na rysunku 1:



Rysunek 1. Schemat działania czujnika opartego na technologii arsenku galu.

Źródło: [www.fiso.com](http://www.fiso.com)

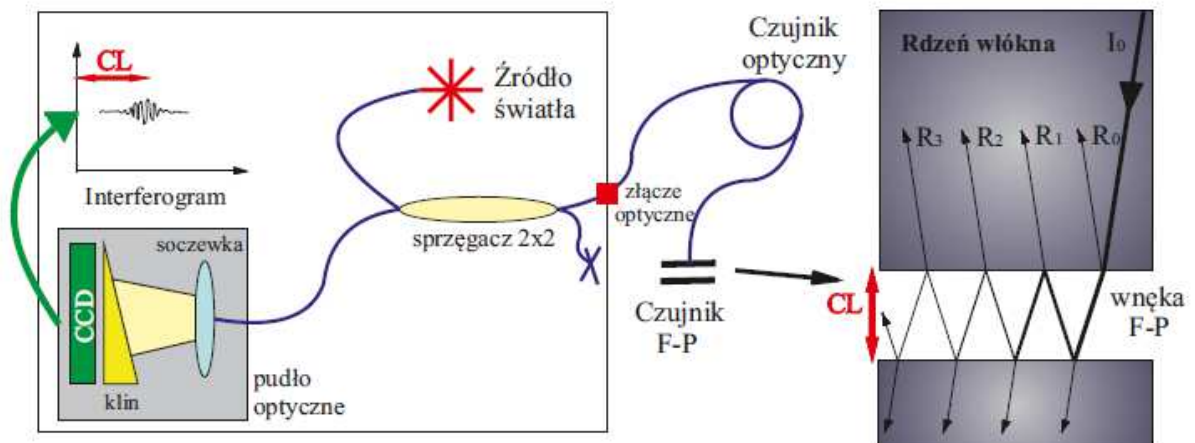
Ciągle szerokopasmowe źródło światła jest używane do oświetlenia układu półprzewodnikowego poprzez wielodomowy światłowód. W rezultacie światło powracające do układu badawczego posiada w długościach fal formę filtra górnoprzepustowego pokazaną na rysunku 2. Odcięcia długości fali są zależne od temperatury. Światło powracające do układu badawczego jest falą rozprzestrzeniającą się geometrycznie nad detektorem ze sprzężeniem ładunkowym (CCD) i położenia odcień długości fali są określane przez przetworzenie sygnału żeby określić temperaturę widzianą przez czujnik.



**Rysunek 2.** Widmo czujnika GaAs mierzone optycznym analizatorem widma dla temperatur od  $-20^{\circ}\text{C}$  do  $+140^{\circ}\text{C}$  z różnicą co  $20^{\circ}\text{C}$ .

Źródło: [www.fiso.com](http://www.fiso.com)

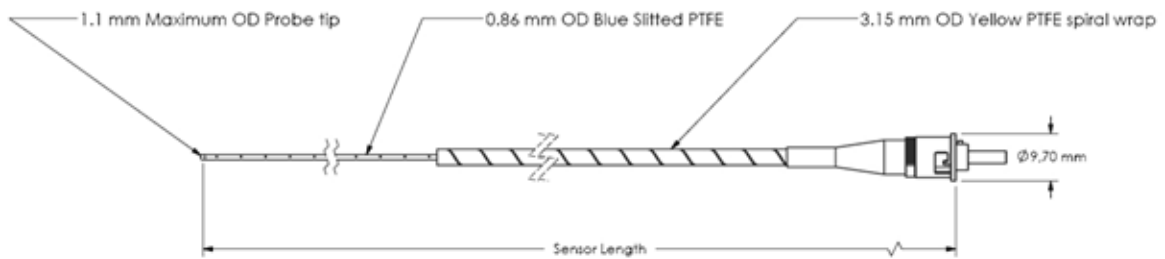
Pomiar czujnikiem światłowodowym opiera się na wykorzystaniu interferometru Fabry-Pérot (IFP). Zasada działania IFP przedstawiona jest na rysunku 3. Ciągle szerokopasmowe źródło światła jest wprowadzane do czujnika optycznego, na którego zakończeniu zlokalizowany jest sensor F-P. Ten czuły element składa się z dwóch równoległych półprzepuszczalnych lusterek oddzielonych wnęką. Światło przechodzące przez pierwsze lustro jest po części odbijane z powrotem a część przedostaje się naprzód. Powtarza się to wiele razy pomiędzy dwoma równoległymi płaszczyznami tworzącymi interferometr F-P.



**Rysunek 3.** Schematyczny opis bezwzględnego sygnału pomiarowego F-P opartego na interferencji światła białego (po lewej) i struktura interferometru pomiarowego F-P pokazująca bieg promieni uzyskanych przez rozchodzenie się wiązki światła w rdzeniu włókna optycznego (po prawej).

Sonda TPT-62 jest solidnym, czujnikiem temperatury do użycia wewnątrz olejowych transformatorów mocy. Jest specjalnie zaprojektowana, aby wytrzymać warunki pracy

transformatora, w tym desorpcję nafty oraz wydzielanie ciepła, a także długotrwałe zanurzenie w oleju i wibracje podczas całego okresu eksploatacji transformatora. Parametry geometryczne czujnika przedstawia rysunek 4:



**Rysunek 4.** Konstrukcja sondy pomiarowej TPT-62.

Źródło: [www.fiso.com](http://www.fiso.com)

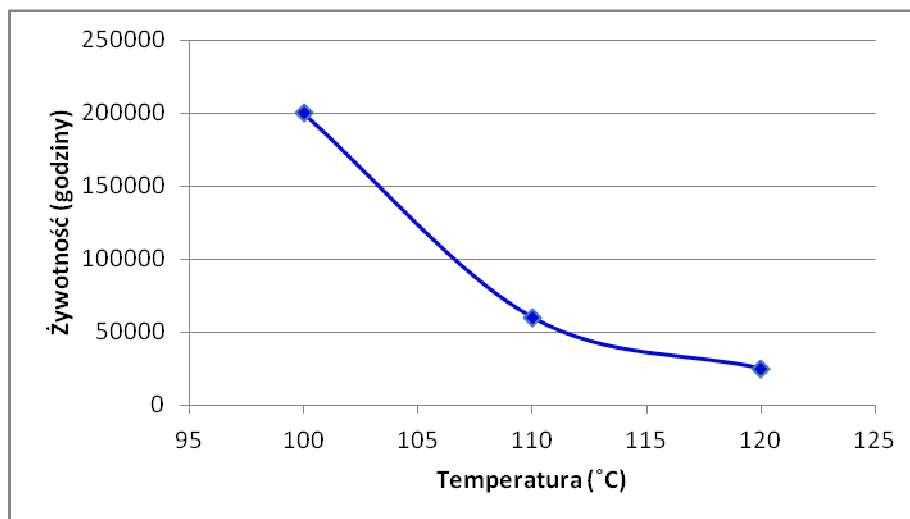
Zakres pomiarowy temperatury czujnika TPT-62 wynosi od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $225^{\circ}\text{C}$ , rozdzielczość  $0.1^{\circ}\text{C}$ , a dokładność pomiaru temperatury  $\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Czujnik światłowodowy wykonany jest z materiałów izolacyjnych i jest niewrażliwy na zakłócenia elektromagnetyczne.

### 3. Zastosowanie czujników światłowodowych

Czujniki światłowodowe wykonane na technologii arsenku galu mogą być stosowane w urządzeniach zasilanych wysokim napięciem i znajdujących się w polu silnych zakłóceń elektromagnetycznych.

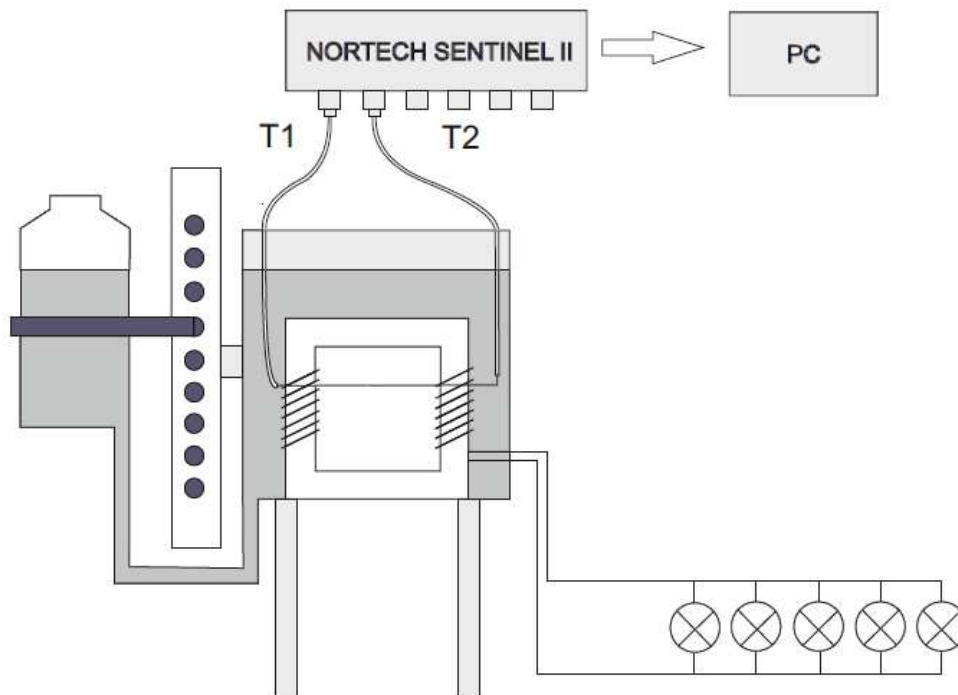
Transformatory wysokoenergetyczne należą do najcenniejszego wyposażenia zakładów elektroenergetycznych. Produkcja nowych transformatorów i dostarczanie ich na miejsce eksploatacji powoduje powstanie znaczących kosztów, jednak szkody spowodowane awarią transformatora i w konsekwencji utrata produkcji energii elektrycznej mogą w rezultacie być znacznie poważniejsze finansowo. W związku z tym zakłady starają się utrzymać sprawność transformatorów jak najdłużej. Żywotność transformatorów zależy w znacznym stopniu od temperatury pracy uzwojenia, dlatego ważną kwestią jest jej monitorowanie.



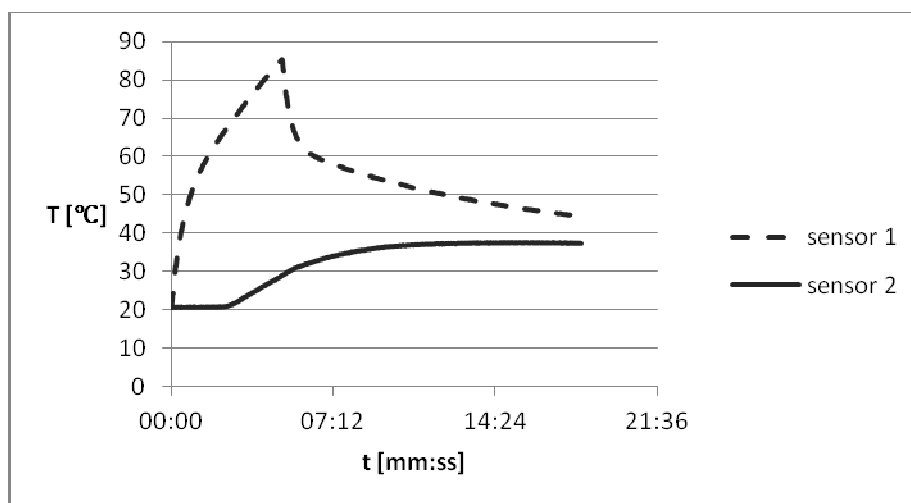
**Rysunek 5.** Wpływ temperatury uzwojenia transformatora na jego żywotność.

Źródło: [www.fiso.com](http://www.fiso.com)

Testowanie transformatorów o dużej mocy w warunkach laboratoryjnych jest trudne ze względu na koszty. W celu zapoznania się ze zjawiskiem od strony eksperymentalnej, użyto transformator o małej mocy (50W), zanurzony w oleju silikonowym. Schemat stanowiska pomiarowego przedstawia rysunek 6. Jeden z czujników pomiarowych mierzy temperaturę bezpośrednio na uzwojeniu, drugi mierzy temperaturę oleju. Układ pomiarowy współpracuje poprzez interfejs Nortech Sentinel II z programem komputerowym, który ma możliwość rejestracji zmian temperatury w czasie. Dynamikę zmian temperatury oleju oraz uzwojenia transformatora w nim zanurzonego przy przykładowym przeciążeniu 250W przedstawia rysunek 7.



Rysunek 6. Schemat stanowiska pomiarowego.



Rysunek 7. Dynamika zmian temperatury oleju oraz uzwojenia transformatora w nim zanurzonego; sensor 1 – pomiar temperatury uzwojenia, sensor 2 – pomiar temperatury oleju.

Jak widać występują znaczne różnice temperatury uzwojenia w porównaniu z temperaturą oleju przy gwałtownym wzroście obciążenia. Z tego wynika wniosek, że sam pomiar temperatury oleju nie ukazuje rzeczywistego stanu pracy transformatora i należy stosować pomiar temperatury bezpośrednio na uzwojeniu. Ponadto pomiar temperatury w kilku miejscach uzwojenia pozwala wykryć początkową fazę uszkodzenia, np. zwarte zwoje i daje możliwość wyłączenia transformatora przed jego całkowitym zniszczeniem.

### **Przebieg ćwiczenia**

1. Ustawić czujniki temperatury w odpowiedniej pozycji: jeden czujnik dotyka uzwojenia a drugi jest w oleju w odległości około 5mm od ścianki naczynia.
2. Otworzyć program FISO
  - włączyć PORT: COM3, opcja: Connect
  - włączyć Monitor view: graph
  - Set duration: 1day
  - układ mierzy temperaturę otoczenia w czasie rzeczywistym
  - włączyć: Stop,  
Reset,  
Start.
  - po kilku sekundach włączyć obciążenie transformatora (wybieramy tylko jeden rodzaj obciążenia transformatora)
  - 5-krotne przez 5 minut i wyłączyć
  - 4-krotne przez 5 minut i wyłączyć
  - 3-krotne przez 5 minut i wyłączyć
  - obserwować obniżanie się temperatury przez około 40 min.
3. Zapisać wyniki w formacie Excela i zrobić wykresy zmian temperatury (wykres zbiorczy). Wykres powinien być typu XY, należy włączyć siatkę (obie osi). Na osi poziomej powinny być minuty (mogą być znaczone połówki minut).