



Radiowa energetyka

System transmisji radiowej w monitoringu pracy chłodni kominowych

Zakłady energetyczne to jedne z najbardziej wymagających obiektów dla prowadzenia pomiarów. Gdy dodamy do tego konieczność bezprzewodowej rejestracji i wizualizacji wyników, zadanie staje się szczególnie skomplikowane.

NIEŁATWE ZADANIE

Jednym ze zrealizowanych przez nas projektów były pomiary kluczowych parametrów związanych z bezpieczeństwem i jakością pracy sześciu chłodni kominowych zlokalizowanych w Elektrowni Siersza. W każdej z chłodni Klient dysponuje zestawem kilkunastu sygnałów fizycznych o reprezentacji analogowej w postaci sygnału prądowego 4÷20 mA. Zadaniem systemu pomiarowego miała być transmisja tych sygnałów do punktu centralnego i ich rejestracja w zewnętrznym oprogramowaniu SCADA klienta. Na terenie chłodni nie było możliwości prowadzenia kabli (wymagane ciężkie prace ziemne, możliwość kradzieży) zdecydowano się, więc na montaż systemu radiowego. Ze względu na dużą ilość sygnałów pomiarowych zaproponowano rozwiązanie wykorzystujące standardowy protokół komunikacyjny do transmisji danych, pozwalający na adresowanie urządzeń pomiarowych. Dla potrzeb Klienta zainstalowano również lokalne wyświetlacze mierzonych wartości.



Chłodnie kominowe

WYMAGAJĄCY OBIEKT

Chłodnia kominowa to urządzenie służące do przemysłowego schładzania wody w zakładach przemysłowych oraz energetycznych, które nie mają możliwości użycia do chłodzenia wody z rzeki, morza czy jeziora. Jest specyficznym kontaktowym mokrym wymiennikiem ciepła. Wykonana jest w formie budowli żelbetowej (sporadycznie drewnianej) i wyposażona w znaczną wysokość komin, który wymusza przepływ powietrza umożliwiający chłodzenie wody.



Wnętrze chłodni kominowej



Podstawa chłodni kominowej



Chłodnie kominowe mają kształt obrotowej bryły hiperboloidy jednopowłokowej. Swemu kształtowi zawdzięczają one znaczną sztywność (odporność na zginanie), dzięki czemu umożliwiają uzyskanie znacznych rozpiętości i wysokości. Woda przeznaczona do ochłodzenia jest pompowana na szczyt zraszalnika i tam rozpraszana w jego wnętrzu po powierzchni. Opadając oddaje ciepło do powietrza przepływającego od dołu do góry (w przeciwną-

dzie). Ruch powietrza wymuszony jest przez ciąg kominowy powstający w kominie nadbudowanym nad zraszalnikiem. Znaczna część ciepła jest odbierana wodzie w wyniku parowania (odparowaniu ulega około 1,5% wody). Pozwala to na ochłodzenie wody do temperatury termometru wilgotnego, przeważnie niższej niż temperatura powietrza zewnętrznego.



Ochłodzona woda zbiera się w basenie zbiorczym na dnie chłodni, skąd zasysana jest przez pompy obiegowe. Woda krąży w systemie zamkniętym stanowiąc czynnik chłodzący skraplacze, a więc odbierając ujemne ciepło obiegu siłowni parowej i odprowadzając je do dolnego źródła ciepła obiegu jakim jest otoczenie.

Dzięki dużej wysokości chłodni kominowych i podgrzewaniu powietrza w ich wnętrzu powstaje efekt kominowy, wymuszający przepływ powietrza od dołu do góry chłodni bez zastosowania wentylatorów.



Jakie znaczenie ma specyficzna budowa chłodni dla systemów radiowych? Już samo stwierdzenie, że chłodnia wykonana jest w formie budowli żelbetowej stanowi nie lada problemy dla fal radiowych. Chłodnia to bardzo masywna konstrukcja o wysokości około 132 metrów i średnicy u podstawy 105 metrów, a wymaganiem Klienta był monitoring parametrów nie z 1 ale 6 chłodni zlokalizowanych w odległości około 100 metrów od siebie (największa odległość pomię-

dzy nadajnikami to około 600 m). Na wstępie należało zatem wykonać projekt zestawu nadajników i odbiorników realizujących zadanie transmisji danych w tak bardzo niesprzyjających warunkach.

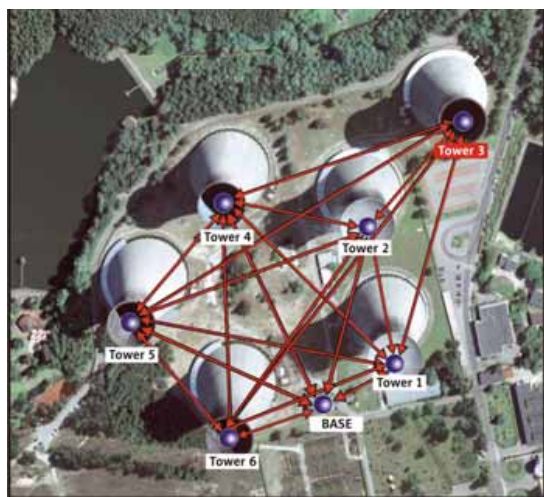
WYBÓR CZĘSTOTLIWOŚCI PRACY NADAJNIKÓW

Ze względu na silnie zabudowaną konstrukcję obiektu nie można użyć popularnych na rynku, tanich urządzeń radiowych, pracujących z częstotliwością 2,4 GHz / 5 GHz. Jako, że system radiowy wykorzystujący modemy radiowe, a nie nadajniki GPRS, może pracować bez dodatkowych opłat, do wyboru pozostały 2 darmowe częstotliwości: 433 Mhz lub 868 Mhz. Dodatkowym atutem takiego wyboru jest to, że wymienione częstotliwości nie wymagają bezpośredniej widoczności nadajników. Ponieważ częstotliwość 433 Mhz jest często wykorzystywana przez systemy alarmowe, bezpieczniej było skorzystać z częstotliwości 868 Mhz.

KLUCZOWE POMIARY RADIOWE

W planowanej budowie każdego systemu radiowego nigdy nie możemy być pewni jego prawidłowej pracy. Dlatego też nieodpłatnie wykonuje się pomiary radiowe. Pomiary dokonywane są z założeniem tzw. „worst case”, czyli najgorszego przypadku, co wyklucza nieprawidłową pracę po instalacji systemu.

Pomiary przeprowadzone w elektrowni potwierdziły możliwość wykorzystania nadajników radiowych z jedną ważną uwagą – nadajniki nie mogą pracować w sieci gwiazdy (sieć, w której znajduje się jeden odbiornik odpytujący zestaw nadajników znajdujących się w jego zasięgu), lecz muszą mieć możliwość retransmisji sygnału radiowego dla odległych punktów (możliwość tworzenia siatki komunikacyjnej). Stosowane przez nas nadajniki radiowe posiadają możliwość tworzenia siatki połączeń w sposób automatyczny – każdy z nadajników dokonuje pomiaru swojego otoczenia, dzięki czemu „wie” w jaki sposób może przekazywać swoje dane do punktu docelowego.



Jak widzimy na powyższym rysunku, cały system to 6 wież oznaczonych symbolami Tower1...Tower6 oraz punkt bazowy Base. Czerwone linie to połączenia wytworzone w sposób automatyczny. Dla przykładu, dane z wieży 3 mogą być podane do bazy za pośrednictwem wieży 6, ale również za pośrednictwem wieży 4 i 5. W przypadku uszkodzenia któregoś z nadajników, modem automatycznie wybiera

inną drogę za pośrednictwem odpowiedniego urządzenia z nim sąsiadującego.

KLUCZOWE PARAMETRY

Projekt systemu to tylko połowa sukcesu. W przypadku częstotliwości darmowych, najważniejsze jest przestrzeganie przepisów prawa, które jednoznacznie określa dopuszczalną moc nadajnika oraz tzw. stosunek nadawanie/odbior 10:1*. O ile stosunek nadawanie-odbior może być zrealizowany poprzez odpowiednią obsługę programową modemów, o tyle zastosowanie odpowiednich anten oraz przewodów łączących nadajniki i anteny wymaga kontroli parametru EIRP, czyli mocy promieniowanej izotropowo. Przyjrzyjmy się bliżej tym parametrom.

EIRP (ang. Effective Isotropical Radiated Power) to równoważna (efektywna, ekwiwalentna) moc promieniowana izotropowo. EIRP oznacza moc, jaką musiałaby wypromieniować antena izotropowa (teoretyczna antena o zerowych wymiarach, która emituje fale elektromagnetyczne bez strat, jednakowo w każdym kierunku przestrzeni), aby otrzymać taki poziom sygnału w odbiorniku, jaki wystąpiłby przy użyciu do nadawania badanej anteny kierunkowej na kierunku jej maksymalnego promieniowania. Podstawową jednostką mocy EIRP jest Wat [W]. Często (dla wygody w obliczeniach) EIRP wyrażana jest w jednostkach logarytmicznych dBW lub dBm.

Dla nadajnika o mocy 1 mW podłączonego bez strat do anteny izotropowej, EIRP wynosiłaby 0 dBm. Dla rzeczywistych układów nadawczych, aby obliczyć EIRP należy uwzględnić także straty wnoszone przez kabel doprowadzający sygnał do anteny i zysk anteny.

Dla instalacji nadawczej złożonej z nadajnika, linii zasilającej i anteny, EIRP można obliczyć ze wzoru:

$$\text{EIRP} = P - T_k + G_i$$

Wartość EIRP jest istotna między innymi przy obliczeniach parametrów sieci komercyjnej WLAN. Według obowiązujących przepisów, dla pasma 2,4 GHz EIRP nie może przekroczyć 20 dBm. EIRP jest użyteczna także w dziedzinie BHP i ochrony środowiska, gdyż umożliwia porównanie poziomu pola elektromagnetycznego dla różnych anten na kierunkach maksymalnego promieniowania, a więc potencjalnej ich szkodliwości dla ludzi.

Należy jednak zauważyć, że anteny o dużym zysku antenowym mają wąskie charakterystyki promieniowania i zawieszone na stosunkowo dużej wysokości, nie wytwarzają u podstawy masztu szkodliwego poziomu pola elektromagnetycznego. **Uwaga – nie jest też prawdą, że z nadajnika o mocy 1 W wypromieniowana zostanie moc 1000 W po zastosowaniu anteny o zysku 30 dBi (1000 razy).** Przekładałoby się to na wprowadzenie do środowiska 1000 razy większej energii niż dostarczona z nadajnika i przeczyłoby zasadzie zachowania energii.

Pozostałe istotne parametry:

dBm to jednostka miary mocy odniesiona do 1 mW (dB odniesiony do mW – stąd nazwa dBm).

Moc wyrażona w dBm mówi o ile decybeli moc ta jest większa (lub mniejsza) od mocy 1 mW.

Poziomowi:

10 mW odpowiada 10 dBm,

1 mW ≥ 0 dBm,

0,1 mW ≥ -10 dBm

* dla częstotliwości
868 MHz

gdzie **EIRP** i **P** (moc nadajnika) podane są w dBm, **T_k** (tłumienie kabla) w dB, a **G_i** (zysk anteny w stosunku do anteny izotropowej) w dBi



Sieć radiowa
wytworzona
dla Elektrowni Siersza



Przykładowo 100 mW przeliczona na dBm wynosi:

$$10 * \log_{10}(100\text{mW}/1\text{mW}) = 10 * \log_{10}(100) = \\ = 10 * 2 = 20 \text{ dBm}$$

Przy czym: $P [\text{dBm}] - 30 = [\text{dBW}]$

dBİ – jednostka miary zysku anteny.

Zysk anteny wyrażony w dBİ mówi o ile decybeli poziom sygnału jest większy w stosunku do hipotetycznej anteny izotropowej (zysk energetyczny anteny). Przykładowo antena o zysku 8 dBİ nadaje sygnał 100,8 = 6,31 razy „silniej” od anteny izotropowej.

Mając na uwagę powyższy opis, zysk energetyczny naszej anteny podłączonej przewodem 5 m do nadajnika o mocy max 315 mW można obliczyć w następujący sposób.

$$\text{EIRP} = 10 * \log_{10}(315\text{mW}/1\text{mW}) - 5 * 0,55 \text{ (spadek na przewodzie)} - 0,55 \text{ (spadek na odgromniku)} + x = \\ = 10 * 2,5 - 2,75 - 0,55 + x = 21,7 + x = 27 - 21,7 \\ \Rightarrow \text{Antena powinna posiadać wzmacnienie } < 5,3 \text{ dBİ}$$

Największy zysk antenowy nie jest jednak zawsze pożądany, a nawet prawnie niedozwolony. Mimo, że jesteśmy przyzwyczajeni do „żyłowania” parametrów urządzeń, w przypadku elektrowni do każdego nadajnika konieczne okazało się indywidualne dobranie anteny. Ta sama uwaga dotyczy charakterystyki promieniowania. Ze względu na niedopasowanie mocy, czasami możemy mieć wręcz do czynienia z zakłócaniem się nadajników, na co trzeba szczególnie uważać.

POMIAR ZESTAWU PARAMETRÓW I ZABEZPIECZENIE UKŁADU POMIAROWEGO

W przypadku wymogu transmisji kilkunastu do kilkudziesięciu parametrów najlepiej jest przetworzyć takie sygnały na ich odpowiednik cyfrowy, pracujący z określonym protokołem. W przypadku każdej z chłodziń zastosowano cyfrowe moduły pomiarowe o bardzo wysokiej – 16 bitowej rozdzielczości pomiaru. Układ pomiarowy oraz urządzenia pomiarowe zostały zabezpieczone przez specjalne separatory. Nad bezpieczeństwem nadajnika czuwa natomiast zestaw zabezpieczeń składający się z ochronnika toru transmisji cyfrowej oraz odgromnik gazowy, który w przypadku wyładowania atmosferycznego przekazuje większość energii do uziemienia.



Lokalny panel operatora chłodziń

Ze względu na bardzo wysoką wilgotność i znaczne wahania temperatury, wszystkie elementy zostały umieszczone w klimatyzowanej szafce o bardzo wysokim współczynniku IP66. Wszystkie parametry zostały również wyświetlone lokalnie za pomocą panelu operatorskiego. Mówiąc o bezpieczeństwie układu

nie można również pominąć zintegrowanych funkcji prawidłowej pracy modemów radiowych, takich jak: kontrola temperatury, kontrola portu szeregowego oraz kontroli transmisji radiowych, realizowane przez odrębne układy typu watch-dog.

PUNKT BAZOWY

Sercem układu pomiarowego jest sterownik umieszczony w punkcie bazowym. Każdy z 6 modemów jest sekwencyjnie odpytany, a dane pomiarowe konwertowane na protokół Modbus TCP-IP. Główne funkcje odczytu są parametryzowane, a Klient może dowolnie wpływać na pracę układu. Dzięki zastosowaniu tego popularnego protokołu, nie było żadnych problemów z wprowadzeniem go do systemu rejestracji SCADA Użytkownika. Istotne jest także to, że sterownik punktu bazowego realizuje również funkcje kontrolne i diagnostyczne.

PODSUMOWANIE I REFERENCJE



Zastosowanie systemu okazało się skuteczną i niedrogą metodą realizacji pomiaru ważnych dla Klienta parametrów pracy chłodziń. Wiele z aspektów systemu nie zostało poruszonych ze względu na ograniczenia objętościowe artykułu. Najważniejsze cechy naszych systemów radiowych zostały jednakże zaprezentowane: możliwość retransmisji sygnału radiowego dla odległych punktów (tworzenie siatki), częstotliwość pracy niewymagająca bezpośredniej widoczności nadajników, szczegółowy plan systemu z nałożoną siecią radiową i wszystkimi parametrami, możliwość monitoringu (także konfiguracji) zdalnego poprzez GSM/GPRS czy ochrona przeciwprzepięciowa. Istotna znaczenie ma również relatywnie niska cena systemu oraz brak dodatkowych miesięcznych opłat, a także wsparcie i kontrola standardowych protokołów w modułach radiowych (system nie pracuje jako przezroczysty).



Tomasz Kawka

Ukończył Wydział Automatyki, Elektroniki i Informatyki na Politechnice Śląskiej w Gliwicach. W Introlu pracuje od 2004 roku na stanowisku specjalisty ds. aparatury pomiarowej w dziale pomiaru temperatur, w którym zajmuje się między innymi systemami do rejestracji i regulacji procesów technologicznych.

tel. 32 789 00 15