



Dr inż. Jerzy Trzeszczyński
PREZES ZARZĄDU PRO NOVUM SP. Z O.O.

Komentarz do Projektu Polityki Energetycznej Polski do 2050 r.

Streszczenie: Przedstawiono, opracowany przez Zespół Roboczy powołany przez Prezesa OZW SEP, komentarz do Polityki energetycznej Polski do 2050 r. przekazany do konsultacji społecznej w sierpniu 2015 roku przez byłe Ministerstwo Gospodarki. Uzupełniono go o uwagi, do których skłania sytuacja w energetyce polskiej i europejskiej w ostatnich miesiącach ubiegłego roku. Wskazano na problemy wymagające rozwiązania w perspektywie najbliższych lat oraz w horyzoncie do 2030 roku. Zwrócono uwagę na potrzebę powołania z inicjatywy OZW SEP think-tanku wspierającego Ministerstwo Energii w opracowaniu Polityki Energetycznej Polski, zwłaszcza w zakresie diagnozy aktualnej sytuacji w sektorze wytwarzania.

Comment on the Draft of Polish Energy Policy until 2050

Summary: The comment on the draft of Polish Energy Policy until 2050, submitted for public consultations in August 2015 by the former Ministry of Economy, developed by a Working Team appointed by the President of the Coal Region Department of Polish Electricians' Association (SEP) has been presented. It was supplemented by comments caused by the situation in Polish and European power sector in the last months of last year. The problems to be resolved in the next few years and in the horizon of 2030 have been pointed out. It also noted the need for appointment, of the Coal Region Department of Polish Electricians' Association (SEP) initiative, a think-tank supporting the Ministry of Energy in the development of Polish Energy Policy, especially in scope of the diagnosis of the current situation in the energy generation sector.

Po otrzymaniu materiałów z Ministerstwa Gospodarki (z dnia 7 sierpnia 2015 r.) dotyczących Projektu Polityki energetycznej Polski do 2050 r. został powołany przez Prezesa OZW SEP Zespół Roboczy ds. oceny PEP do 2050 r., który wypracował stanowisko przytoczone w pierwszej części niniejszego „Komentarza...”

Stanowisko to zostało uzupełnione uwagami, do których przedstawienia skłania przebieg wydarzeń w kraju i za granicą w ostatnich miesiącach 2015 roku. Z dużym prawdopodobieństwem można przewidywać, że dynamika ważnych, nie tylko dla energetyki polskiej, wydarzeń w 2016 roku nie ulegnie zmianie. Możliwe, że nowy rok będzie obfitował w jeszcze większą ich liczbę.

Prawie pół roku temu Zespół przy Oddziale Zagłębia Węglowego SEP przedstawił do „PEP 2050” następujący komentarz:

1. Fakt poddania materiałów dotyczących Polityki energetycznej Polski do 2050 roku („PEP 2050”) ocenie społecznej ocenić należy pozytywnie. Niemniej, już po wstępnym zapoznaniu się z plikiem materiałów odnieść można wrażenie, że Ministerstwo Gospodarki reprezentuje pogląd, że należy realizować w Polsce wszystkie kierunki zmian, jakie zachodzą obecnie w krajach wysoko rozwiniętych. Nie wiadomo przy tym, czy taki wysiłek inwestycyjny jest możliwy do udźwignięcia przez państwo.

Autorzy opracowania przewidują utrzymanie do 2050 roku dominującej roli energetyki wykorzystującej węgiel kamienny i brunatny z nowych złóż. Dominacja węgla ma w prawdzie maleć, jego udział długo ma być jednak dominujący. Autorzy dokumentu nie odnoszą się jednak do znanego powszechnie faktu, że w górnictwie węgla kamiennego szczyt wydobycia przekroczyliśmy już dawno i spodziewać się można przyspieszenia procesu zamykania kolejnych nierentownych kopalń, które najtańszy węgiel już dawno wykopały, a wydobywanie z coraz głębszych pokładów będzie coraz droższe. Powinno to być jednak silnym bodźcem do restrukturyzacji górnictwa w celu zapewnienia rentowności produkcji.

2. Istotnym elementem „PEP 2050” są te fragmenty, które nazwano oceną realizacji poprzedniej polityki. Mimo takiej nazwy mają one niewiele wspólnego z rzeczywistą oceną, a więc określeniem tego, co się udało wykonać, a co nie i dlaczego.
3. W opisach stanu istniejącego z pewnym lekceważeniem potraktowano dane statystyczne, cytując często dane nieaktualne. W różnych miejscach przytaczane są dane z różnych lat, najczęściej z 2011 i 2012 roku, ale zdarza się, że i z 2009. Najnowsza edycja PEP ukazała się w sierpniu 2015 roku, można się więc było spodziewać danych z roku 2014, a takich praktycznie nie przytoczono.

4. Jednym z deklarowanych celów głównych polityki energetycznej ma być zaspokojenie potrzeb energetycznych przedsiębiorstw i gospodarstw domowych. W udostępnionych natomiast dokumentach zwraca uwagę traktowanie podsektora energetycznego jedynie pod kątem samej elektroenergetyki zawodowej bez zwrócenia uwagi na zaburzenia procesów zasilania odbiorców, czasem zwanych klientami.
5. Z trzech scenariuszy „PEP 2050” słusznie preferowany jest scenariusz zrównoważony. Z pozostałych, scenariusz jądrowy jest zarówno bardzo kosztowny, jak i wymaga importu większości urządzeń i wyposażenia. Ponadto, przy takim rozwiązaniu całe paliwo byłoby pozyskiwane z zagranicy, co więcej, utylizacja odpadów też pewnie byłaby robiona zagranicą, gdzie zatem bezpieczeństwo energetyczne, które w PEP jest tak mocno akcentowane? Z kolei scenariusz „OZE+gaz” zakłada możliwość pozyskania dużych ilości gazu łupkowego, jako rezerwy dla OZE. O tym czy scenariusz ten jest realny będzie można się przekonać w przyszłości, bo perspektywy wydobycia gazu łupkowego są jeszcze bardzo wątpliwe. Do zalet scenariusza zrównoważonego zaliczyć można w polskich realiach gospodarczych możliwość rozwoju każdej z technologii, a także to, że jest chyba rozwiązaniem najmniej kosztownym. Warunkiem jednak jego powodzenia jest umiejętne skojarzenie interesów polskich z kolejnymi pakietami klimatycznymi Unii Europejskiej.
6. PEP powinna odnosić się do możliwości wpływania Polski na politykę UE oraz określać granice „autonomii” naszej polityki energetycznej. Powinna wyraźnie definiować w tym kontekście bezpieczeństwo energetyczne Polski. „Wnioski z analizy opracowań prognostycznych” (załącznik nr 2 PEP) zawierają ogólne, a nawet banalne stwierdzenia. Jeśli coś z nich konkretnego wynika, to, że MG nie chce się narazić żadnej grupie lobbującej poszczególne źródła energii (od zwolenników energii nuklearnej po prosumentów).
7. Dlaczego w MG nie myśli się o polonizacji *know-how* oraz o kompetencjach technicznych polskiej kadry inżynierskiej i naukowej? Aplikuje się olbrzymie pieniądze UE na tzw. innowacje a jednocześnie redukuje się obszar ich sensownego wdrożenia w tak ważnej dziedzinie gospodarki jak energetyka? Własne kompetencje techniczne to ważna część naszego bezpieczeństwa energetycznego. Widać to m.in. po sposobie działania fabrycznych i międzynarodowych serwisów.
8. Polityka energetyczna 2050 w zakresie elektroenergetyki i rynku energii wskazuje, iż do roku 2030 wymagane będzie uruchomienie ok. 12-20 GW konwencjonalnych mocy wytwórczych. Wielkości te powinny być poparte stosownymi wyliczeniami, uwzględniającymi budowę nowych jednostek z opisem stosownych zachęt Państwa dla inwestorów. Polityka energetyczna 2050 powinna zatem określać tempo przejścia między dzisiejszym stanem i rokiem 2030 i 2050, określić przede wszystkim jak będzie się zmieniało zapotrzebowanie na węgiel w dłuższym horyzoncie czasowym. Załączniki powinny zawierać stosowne dane i wyliczenia udziału węgla w miksie energetycznym, a także określać wielkość zapotrzebowania i wydobycia węgla zarówno kamiennego jak i brunatnego w poszczególnych okresach czasu, aż do roku 2050. Zamieszczenie informacji, iż celem głównym w obszarze węgla kamiennego jest utrzymanie jego poziomu w stopniu umożliwiającym zaspokojenie krajowego zapotrzebowania jest zbyt ogólnikowe.
9. Zwiększanie sprawności wytwarzania energii elektrycznej, w tym poprzez budowę nowych wysokosprawnych bloków energetycznych, które będą zastępowały istniejący majątek wytwórczy, wydaje się być kierunkiem słusznym z punktu widzenia odtworzenia mocy i zastąpienia starych jednostek nowymi, wysokosprawnymi. Zastanawia jednak w jaki sposób stworzyć warunki pracy w systemie mające na celu optymalizację czasu wykorzystania mocy zainstalowanej tych jednostek? W systemie nastawionym na wytwarzanie energii elektrycznej z OZE jednostki konwencjonalne pracują w reżimie mocno regulacyjnym wynikającym z potrzeb bilansowania systemu podczas braku produkcji w OZE. W jaki sposób zatem zoptymalizować czas wykorzystania mocy zainstalowanej? W jaki sposób można zapewnić pracę jednostek konwencjonalnych w optymalnej sprawności? Jak to będzie osiągnięte? Póki co, wspierane OZE zakłóca funkcjonowanie rynku energii, gdyż zabiera produkcję tańszymi jednostkom konwencjonalnym, które to z kolei są niezbędne ze względu na bilansowanie systemu i wymagają dodatkowego dofinansowania.
10. Analizując projekt „PEP 2050” można stwierdzić, że ma on jedynie charakter opisowy i powinien zostać uzupełniony o aktualne dane wynikające z prognozy zapotrzebowania na paliwa i energię do roku 2050. Nie ma to jednak wpływu na przedstawioną w „PEP 2050” wizję rozwoju sektora energetycznego, gdzie brakujące dane w postaci założeń i prognoz, w przypadku uzupełnienia, nie wpłyną znacząco na wyznaczone już kierunki działania, gdyż stanowią tylko niewielką część w przedstawionym projekcie.
11. Polityka energetyczna zakłada dalszy wzrost energetyki odnawialnej, jako główny sposób realizacji celu, jakim jest dywersyfikacja struktury wytwarzania energii. Brak jednak w załącznikach informacji o proponowanych orientacyjnych celach udziału energii odnawialnej w ogólnym zużyciu energii w poszczególnych horyzontach czasowych po roku 2020. Wskazano jedynie 27% udział produkcji z OZE

w całkowitej produkcji brutto, jako cel zawarty w polityce energetycznej 2030 r. Dodatkowo brak przewidywanych udziałów poszczególnych technologii OZE w realizacji założonych celów. Brak również informacji o przewidywanym wykorzystaniu energii odnawialnej w poszczególnych sektorach (ciepłownictwie i chłodnictwie, elektroenergetyce i transporcie) w dalszym horyzoncie czasowym. W załącznikach do polityki zamieszczono informacje, iż ze względu na dużą nadpodaż zielonych certyfikatów Ministerstwo Gospodarki opracuje i wprowadzi mechanizmy mające rozwiązać problem nadpodaży zielonych certyfikatów. Nie sprecyzowano jednak, jakie rozwiązania są przewidywane w tym zakresie. Nie uwzględniono również alternatywnej ścieżki po 2035 r., jeśli ze względu na wymagany rozwój OZE konieczne będzie dalsze utrzymanie wsparcia.

12. Scenariusz jądrowy podnosi konkurencyjność gospodarki i bezpieczeństwo energetyczne, ale wymaga na początku dużych nakładów, ryzykiem jest też możliwość zmiany polityki UE wobec energetyki jądrowej. W zakresie energetyki jądrowej „PEP 2050” odwołuje się do zapisów Programu Polskiej Energetyki Odnawialnej, który przewiduje oddanie pierwszego bloku jądrowego w 2024 r., a następnie kolejnych bloków, aż do osiągnięcia mocy 6 000 MW w 2035 r. „PEP 2050” nie wskazuje dalszych planów rozwoju energetyki jądrowej po tym okresie.
13. W przypadku scenariusza „gaz+OZE” największa wątpliwość co do powodzenia uzależniona jest od pozytywnych wyników wierceń poszukiwawczych gazu ziemnego ze złóż niekonwencjonalnych i rozwoju nowoczesnych metod magazynowania energii. W przypadku niepowodzenia w zakresie poszukiwania gazu, scenariusz ten nie jest możliwy do zrealizowania, a uwzględniając obecny stan zaawansowania poszukiwań powinien zostać jeszcze raz poważnie rozważony i wycofany lub zamieniony na inny. Założone prognozy powinny zatem zawierać szacunkowe dane bilansowe wskazujące jak będą się przedstawiać poszczególne sektory energetyczne w zakresie ilości wymaganych paliw w chwili wykorzystania krajowych potencjałów zasobów gazu, ale także jak będą wyglądały prognozy w chwili ich braku.
14. Postulatowi zwiększania udziału OZE w Krajowym Systemie Energetycznym nie towarzyszy strategia zapewnienia stabilności KSE. Wydaje się więc, że nie wyciągnięto wniosków z sytuacji, jaka miała miejsce w sierpniu br., gdzie przy stosunkowo niewielkim udziale energii wiatrowej w KSE ogłoszono 20-ty stopień zasilania. Zwiększanie udziału OZE w KSE kosztem energii pochodzącej ze źródeł konwencjonalnych zmniejsza stabilność systemu, a co za tym idzie bezpieczeństwo energetyczne kraju. W „PEP 2050” nie

uwzględniono tego problemu, a co więcej opracowano i przedstawiono do konsultacji projekt dokumentu, którego rozwiązaniem stabilność KSE obniżają.

15. W „Polityce energetycznej Polski do 2030” założono podwojenie potencjału kogeneracji, ale na razie niewiele się w tym zakresie robi. Również w projekcie „Polityki energetycznej Polski do 2050” zapisano działania zmierzające do rozwoju i kontynuacji w zakresie wytwarzania energii elektrycznej i ciepła w kogeneracji. Oczywiście rozwój kogeneracji może następować w perspektywie kolejnych lat, ale potrzebuje wsparcia z wyraźnym sygnałem i zapisem w „PEP 2050”, że zostanie one udzielone dla jednostek wytwórczych wykorzystujących technologię kogeneracyjną, a tym samym spowoduje, że planowanie nowych inwestycji będzie opłacalne. Obecne wsparcie obowiązuje tylko do końca 2018 r., a to jest zbyt krótki okres, aby zachęcić przedsiębiorstwa do nowych inwestycji. W „PEP 2050” nie przedstawiono, jakie będą założone cele wzrostu efektywności energetycznej w dłuższym horyzoncie czasowym oraz jakie będą założone cele udziału produkcji energii elektrycznej i produkcji ciepła w wysokosprawnej kogeneracji w całkowitym krajowym zużyciu energii elektrycznej i ciepła. Dodatkowo w załącznikach brak wyliczeń co do skali zaoszczędzonych paliw kopalnych oraz wielkości zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w wyniku zwiększenia efektywności energetycznej i wzrostu jednostek kogeneracyjnych oraz wyliczeń nakładów, jakie będą musiały zostać poniesione na budowę nowych jednostek. Priorytetem powinno być dążenie do przyłączenia nowych odbiorców do systemów ciepłowniczych, co w konsekwencji przekłada się na wymiar środowiskowy redukcji tzw. niskiej emisji. Jednocześnie zasilanie ze źródeł kogeneracyjnych zmniejsza ogólne straty w energii pierwotnej i jednostkowe koszty stałe, co oddziałuje na zmniejszanie cen i generalnie zwiększenie uzyskania požądanej efektywności w zasilaniu odbiorców w ciepło. Zachęta do przyłączenia nie dotyczy tych odbiorców, którzy zastosują ogrzewanie bardziej efektywne niż uzyskiwane z systemu ciepłowniczego, stąd wsparcie kogeneracji przyczyni się do poprawy efektywności energetycznej i zachowania warunków ekonomicznych dostawy ciepła z systemu nie przekraczających rynkowych cen ciepła. Wynika z tego, że polityka w stosunku do kogeneracji powinna być skorelowana z polityką w zakresie dostaw ciepła i funkcjonowania systemów ciepłowniczych, tylko wtedy może być bardziej skuteczna i przyjazna w stosowaniu.
16. „PEP 2050” powinna odnosić się także do kryteriów i założeń, według których kształtowana byłaby polityka cenowa energii z poszczególnych źródeł na poziomie Krajowego Systemu Energetycznego. W przedstawionym

do konsultacji w dokumencie brak jest analizy obecnych cen energii z uwzględnieniem rodzajów źródeł wytwarzania, których eksploatacja w Polsce jest najbardziej opłacalna, a co za tym idzie brak założeń, co do sposobu kształtowania cen energii w okresie objętym „PEP 2050”. Nie prowadzi się także analiz konkurencyjności cen energii wytwarzanej w Polsce i u naszych sąsiadów, w szczególności składników i czynników cenotwórczych. Odpowiednie kształtowanie założeń polityki cenowej w odniesieniu do zakupu energii jest o tyle istotne, że dawałoby możliwość uwzględnienia faktycznego interesu krajowego, czyli wytwarzania opartego na węglu, który jest obecnie najtańszym i najbardziej dostępnym w Polsce paliwem. Przewidywany do wprowadzenia (niestety bez podanych konkretów) Rynek Mocy, czy jakkolwiek inny mechanizm odpowiedzialny za wypełnianie luki finansowej w wytwarzaniu energii elektrycznej powinien rozwiązać dwa obecne, realne problemy – „missing money”, „missing capacity”. Niestety w odniesieniu do systemu brytyjskiego, na którym bazowano przy tworzeniu polskiej propozycji Rynku Mocy, można mieć poniższe wątpliwości:

- a) **Missing Money** – polega na braku możliwości pokrycia pełnych kosztów pracy jednostek wytwórczych z przychodów ze sprzedaży energii elektrycznej. W ramach merit order jednak nie każda jednostka odczuwa ten sam deficyt pieniędzy w związku z tym funkcjonowanie rynku mocy na zasadzie aukcji z ceną przyznawaną zwycięskim ofertom na zasadzie kursu jednolitego wydaje się absolutnie nieuzasadnione;
- b) **Missing Capacity** – jak pokazała pierwsza brytyjska aukcja zakontraktowano jedynie 5% nowych mocy, natomiast reszta zwycięskich ofert to jednostki istniejące i/lub modernizowane, a zatem problemu „missing capacity” nie rozwiązano.

17. Zapisano w „PEP 2050” dekarbonizację sektora wytwarzania poprzez przyjęcie stałego zmniejszania udziału paliwa węglowego w wytwarzaniu i zastąpienie węgla energią pochodzącą z paliw odnawialnych, gazowych czy jądrowych. Brak szczegółowych wyliczeń jak będą prezentowały się ceny energii elektrycznej po uwzględnieniu systemu wsparcia dla jednostek OZE, kogeneracyjnych i jądrowych oraz postulowanych ewentualnych zachęt do budowy jednostek konwencjonalnych w celu sprostania celom odbudowy nowych mocy do 2030 r. W przypadku wdrożenia polityki dekarbonizacji, udział kosztów energii w budżetach domowych może wzrosnąć, nawet, jeżeli zakładamy znaczące zwiększenie efektywności wykorzystania ciepła. W efekcie wdrożenia polityki dekarbonizacji gospodarstwa domowe w Polsce i odbiorcy indywidualni zapłacą więcej

za energię i w znacznym stopniu przejmą ciężar wprowadzenia nowych uwarunkowań zapisanych w polityce „PEP 2050”. Polityka powinna być ukierunkowana na redukcję emisji CO₂ przy równoczesnym zmniejszeniu udziału kosztów energii dla gospodarstw domowych. Zmiany należy więc wprowadzać w tempie dostosowanym do możliwości naszego kraju oraz przy pomocy ewentualnie zmodyfikowanych instrumentów wdrażanych w całej UE.

18. Wydaje się, że konieczne jest wspomnieć i uwzględnić w analizie rozwój magazynów energii w postaci indywidualnych instalacji domowych już dostępnych komercyjnie, jak np. PowerWall Tesli. Należy się spodziewać, że koszt takiego magazynu w ciągu najbliższych lat zostanie obniżony, co poprzez lawinową instalację może istotnie wpłynąć na funkcjonowanie systemu elektroenergetycznego. Taki rozwój sytuacji powinien być brany pod uwagę w PEP jako bardzo realny i być częścią opisu SmartGridu. Ponadto, w PEP szerzej powinny być opisane elementy związane z samochodami elektrycznymi, które już dziś zaczynają się pojawiać wraz z odpowiednimi stacjami ładowania. To potencjalnie bardzo duże źródło przyszłego zapotrzebowania na energię.

Podsumowując sierpniowy komentarz SEP do polityki energetycznej Polski „PEP 2050” stwierdzono, że skupia się on raczej na ogólnym opisie obecnej sytuacji w sektorze energetycznym i nakreśla też ogólne kierunki działania w perspektywie 2050 roku. Załączniki nie zawierają konkretnych danych i wyliczeń bilansowych ukierunkowanych na przyszłość. Projekt Polityki Energetycznej 2050 r. ucieka przed trudnymi dylematami i decyzjami, nie jest dokumentem wizjonerskim zmierzającym do realizacji ustalonych celów za pomocą określonych i uzasadnionych środków.

Powołany Zespół Roboczy, zgodnie z decyzją Zarządu OZW SEP, pracuje nadal i będzie analizował i komentował kolejne wersje dokumentu Projektu Polityki Energetycznej Polski do 2050 r.

W okresie, który minął od ogłoszenia projektu „PEP 2050” opracowanego przez byłe Ministerstwo Gospodarki miało miejsce sporo ważnych wydarzeń w kraju i za granicą, które skłaniają do kolejnych komentarzy oraz pytań, wymagających – jak się wydaje – do wzięcia pod uwagę przed opracowaniem kolejnej wersji projektu do Polityki energetycznej Polski:

A. W drugiej połowie 2015 r. szereg faktów pokazało, że obok ujawnionej ponad rok temu zapaści w górnictwie węgla kamiennego, pogarsza się także kondycja ekonomiczna grup elektrowni działających w Polsce o czym m.in. może świadczyć:

- niska i pogarszająca się rentowność w sektorze wytwarzania,

- przeszacowanie (obniżenie) wartości majątku elektrowni spalających węgiel brunatny,
- wysokie zadłużenie niektórych grup energetycznych i ujemne przepływy finansowe przy spadających cenach na energię elektryczną i stabilizacji zapotrzebowania na nią,
- spadek, nawet rzędu 50%, wartości notowanych na giełdzie grup energetycznych,
- informacje o przystąpieniu do sprzedaży aktywów węglowych niektórych, działających w Polsce, zagranicznych grup energetycznych.

Energetyka nie może tylko próbować przetrwać najbliższe trudne lata, powinna sprostać wielu poważnym, finansowym wyzwaniom:

- kolejne modernizacje (także względnie nowych bloków energetycznych) w celu spełnienia BAT Conclusions,
 - inwestycje w nowe źródła w celu zastąpienia wycofywanych z eksploatacji,
 - wsparcie dla górnictwa podczas jego restrukturyzacji (wariant „zakupu” kopalni przez grupy energetyczne).
- B. Dotąd nie powstał oficjalny raport wyjaśniający przyczyny ograniczeń dostaw energii w sierpniu 2015 roku (20-ty stopień zasilania). Profilaktycznie przesunięto jednak część remontów bloków energetycznych zaplanowanych do realizacji w I kwartale 2016 roku, licząc się z podobnymi problemami jak w sierpniu 2015 roku. Aktualnie przeważa opinia, że główną przyczyną ogłoszenia 20-tego stopnia zasilania była (jest) zbyt mała rezerwa mocy. System załamał się przy zapotrzebowaniu na energię w wys. ok. 22 000 MW, podczas gdy siłownie o statusie JWCD posiadają ok. 26 000 MW, a w KSE jest ok. 38 000 MW.
- C. Bieżące problemy a zwłaszcza ich skala pokazują, że dla takich państw jak Polska, które w istocie nie kreują dalekością polityki energetycznej, większe znaczenie powinny mieć polityki/plany o zdecydowanie mniej odległych horyzontach czasowych niż 2050 rok. Ile warta jest polityka energetyczna do 2050 roku, jeśli pokazuje swoją słabość już teraz oraz istotne sprzeczności i bezsilność w perspektywie najbliższych kilku lat?
- D. W Polsce dużo wyższą rangę powinna mieć walka ze smogiem. Przeciętny Polak wdycha na co dzień zanieczyszczenia emitowane z komina w domu, w którym sam mieszka oraz z kominów domów swoich sąsiadów. Rozwiązanie a nawet znacząca redukcja tego problemu (nie tylko w Krakowie) przyniosłaby większe korzyści środowisku niż kolejna redukcja emisji NO_x .
- E. Szczyt COP 21 w Paryżu oraz zainspirowane przez niego liczne dyskusje powinny dać wiele do myślenia i skłonić do dokonania licznych korekt nie tylko dot. polityki energetycznej.

- Powinniśmy być bardziej aktywni przy kreowaniu polityki energetycznej a nawet jej ideologicznych podstaw: jeśli w Paryżu zgodzono się z tym, że lasy będą traktowane jako ważny czynnik eliminowania dwutlenku węgla to może znalazłyby się inne jeszcze pomysły na ograniczanie emisji CO_2 niż modernizowanie co kilka lat elektrowni konwencjonalnych. Mogłoby to stanowić znaczący wkład zarówno w poszerzenie intelektualnych podstaw walki z niekorzystnymi zmianami klimatu jak również w bardziej skuteczną walkę z tymi zmianami.

W Unii Europejskiej coraz częściej jesteśmy pojmowani jako kraj zabiegający o dotacje oraz przesuwający na przyszłość zobowiązania dot. redukcji emisji CO_2 . Powinniśmy podjąć działania o zmianę tego wizerunku.

- Wszyscy największy emitenci, nie tylko CO_2 , potwierdzili werbalnie potrzebę walki z niekorzystnymi zmianami klimatu jednocześnie podkreślając, że spalanie węgla będzie ograniczane stopniowo, w Chinach, po 2030 roku.

Bank of America Merrill Lynch prognozuje, że do 2020 roku światowe zapotrzebowanie na węgiel będzie rosło o 0,8% rocznie, do 2040 roku będzie rosło o 0,4% rocznie. W 2020 roku zapotrzebowanie na ten surowiec wyniesie 5814 mln ton!

- W kontekście w/w danych brak zapisu w końcowym porozumieniu „o odejściu od węgla” niewiele oznacza i prawie nic nie zmienia, bo w Unii Europejskiej obowiązują nas wcześniej podpisane zobowiązania oraz aktualne i będące w przygotowaniu dyrektywy. Należałoby zweryfikować tezę, czy w najbliższym czasie stać jest nas na „stworzenie instalacji spalających węgiel w sposób czysty dla środowiska”.

W czasie, gdy trwały paryskie obrady, pojawiła się informacja, że nowe połączenie transgraniczne Polski z Litwą będzie (jest) szansą na tańszą energię dla polskich odbiorców. To niekoniecznie dobra informacja dla naszych elektrowni. Okazuje się bowiem, że wszystkie połączenia transgraniczne mogą dostarczać do nas tańszą energię niż nasza, a jedno nawet okresowo „darmową”. Wyjaśnienie cen energii to bardzo ważny problem. System certyfikatów i różnego rodzaju dopłat praktycznie wyeliminował normalną ekonomię. Można spotkać pogląd, że stworzenie uczciwego rynku emisji CO_2 wymagałoby zaprzestania subsydiowania paliw kopalnych. W skali globu wydaje się rocznie ponad pół biliona dolarów, aby obniżyć cenę węgla kamiennego, gazu ziemnego i ropy naftowej dla przedsiębiorstw i konsumentów indywidualnych – szacuje Międzynarodowy Fundusz Walutowy. Czy to oznacza, że polski węgiel może być „tańszy” od tego, który oferuje

konkurencja? Czy energia elektryczna z polskich elektrowni nie może być także „tańsza”? Odnośnie cen energii trzeba koniecznie zwrócić uwagę na jeszcze jeden ważny problem, w jakim horyzoncie czasowym je rozpatrujemy? Czy dzisiejsze niższe ceny naszych europejskich konkurentów pozostaną takie w przyszłości? Raczej nie, wszystko a zwłaszcza energia kosztuje tyle na ile pozwala rynek i sytuacja. Podczas 20-tego stopnia zasilania w sierpniu 2015 roku, za 1 MWh można było otrzymać cenę wielokrotnie wyższą niż miesiąc wcześniej czy miesiąc później.

Ceny energii mają bardzo ważne znaczenie nie tylko dla jej krajowych odbiorców, ale także w kontekście zapowiedzi utworzenia europejskiego rynku energii. Jaką rolę a zwłaszcza interes będą miały polskie grupy energetyczne uczestnicząc w tym projekcie (w obszarze generacji, przesyłu oraz zarządzania tym systemem). Ostatnie spory wokół wspólnego i solidarnego podejścia do imigrantów oraz projektu Nord Stream 2 skłaniają do zweryfikowania projektu „europejska solidarność energetyczna”.

Ostatnie tygodnie 2015 r. zdominowały informacje o problemach może nie mniej groźnych niż postępujące niekorzystne zmiany klimatu. Z pośród nich na szczególną uwagę zasługują informacje o systematycznym spadku cen surowców, w tym wszystkich paliw. Zdaniem specjalistów od makroekonomii może to oznaczać drugi etap globalnego kryzysu. Ten pierwszy z 2008 roku był (jest) kryzysem finansowym, ten drugi, który może już się rozpoczął, to globalna recesja. Co może ona oznaczać dla sektora energetycznego a zwłaszcza działań planowanych w najbliższym czasie?

Unia Europejska to miejsce jednoczesnej współpracy i rywalizacji. W energetyce (nie tylko) daleko nam do potencjału ekonomicznego i intelektualnego/technologicznego największych graczy. Nasz podstawowy problem polega na tym, że wizja optymalnego systemu elektroenergetycznego głównego kreatora strategii energetycznej (*Energiewende*) jest dla nas mało atrakcyjna. OZE wspierane przez elastyczne bloki węglowe i gazowe oraz połączenia transgraniczne zapewniające zabezpieczenie przed blackoutu oraz rodzaj dynamicznego „magazynu” energii to model, którego nie możemy z sukcesem ekonomicznym skopiować. Jaki model naszego KSE byłby najbardziej kompatybilny i biznesowo atrakcyjny? W Europie obecnie mamy do czynienia z nadmiarem energii. Nasi zachodni sąsiedzi będą wyłączali w najbliższym czasie siłownie jądrowe i kolejne najmniej efektywne bloki węglowe, podczas gdy my będziemy rozpoczynali kolejny program inwestycyjny mający na celu odbudowanie mocy zainstalowanej w siłowniach węglowych. Rozwiązanie tego problemu, a przynajmniej znaczące jego zredukowanie, to zadanie dla polityków.

Przedłużanie eksploatacji konwencjonalnych bloków długoeksploatowanych, jak i budowa nowych jest rozsądną strategią dla energetyki w Polsce. Budowa nowych bloków wydaje się spóźniona, refleksji wymaga ich przydatność (zwłaszcza dużych) do elastycznej pracy w KSE.

- W latach 2020-2030 konieczna będzie wymiana bloków typoszeregu 200 MW na nowe jednostki. Jak postąpić, aby nie powielić dotychczasowych błędów polegających na budowaniu indywidualnych konstrukcyjnie bloków zawierających często prototypowe rozwiązania?
- Techniczne aspekty modernizacji KSE mają zbyt małą rangę. Nie widać strategii w zakresie polonizacji *know-how* towarzyszącego budowie nowych bloków, a zwłaszcza w obszarze utrzymania ich stanu technicznego.
- Istotnym problemem, nie tylko z technicznego punktu widzenia, jest jakość przeprowadzo(a)nych modernizacji, wykonywanych wg indywidualnych scenariuszy bez wsparcia jednolitych standardów technicznych. Zaczyna brakować dobrze zorganizowanej wymiany specjalistycznych doświadczeń, bez których wiedza w energetyce nie może zapewnić wszystkich korzyści. Standardy techniczne powinny wspierać także utrzymanie stanu technicznego w okresie przedłużonej eksploatacji, zwłaszcza bloków pracujących w intensywnej regulacji.
- Pojęcie „bezpieczeństwo energetyczne” należałoby doprecyzować uwzględniając wcześniej przytoczone uwarunkowania i argumenty. W nowej Polityce energetycznej Polski powinno mieć najwyższą rangę, przed ceną energii oraz jej czystością.

Powołany Zespół Roboczy, zgodnie z decyzją Zarządu OZW SEP, pracuje nadal i będzie analizował i komentował kolejne wersje dokumentu Projektu Polityki energetycznej Polski do 2050 r. Należałoby rozważyć możliwość jego przekształcenia w think-tank wspierający działania Ministerstwa Energii. Członkowie Zespołu posiadają wysokie kompetencje techniczne. Są praktykami z wieloletnim doświadczeniem i znaczącymi dokonaniem technicznymi i biznesowymi w obszarze energetyki konwencjonalnej. Mają konieczne kompetencje aby opracować diagnozę aktualnego stanu sektora wytwarzania polskiej energetyki, która powinna poprzedzić opracowanie nowej/skorygowanej Polityki energetycznej Polski. Inaugurację połączoną z pierwszą prezentacją rezultatów pracy think-tanku wraz z dyskusją z przedstawicielami Ministerstwa Energii oraz specjalistami odpowiedzialnych za energetykę w innych ministerstwach można by połączyć ze Śląskimi Dniami Elektryki zaplanowanymi na czerwiec 2016 roku.



W dniach 8–9 października 2015 r. w Hotelu Qubus w Katowicach odbyło się zorganizowane przez Przedsiębiorstwo Usług Naukowo-Technicznych „Pro Novum” sp. z o. o. XVII Sympozjum Informatyko-Szkoleniowe

DIAGNOSTYKA I REMONTY URZĄDZEŃ CIEPLNO-MECHANICZNYCH ELEKTROWNI

Diagnostyka jako źródło wiedzy wspierające zarządzanie majątkiem

Sympozjum zostało zorganizowane przy współpracy z TAURON Wytwarzanie S.A., EDF Polska S.A., PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A. oraz Towarzystwem Gospodarczym Polskie Elektrownie. Urząd Dozoru Technicznego po raz kolejny objął Sympozjum Honorowym Patronatem.

Patronat medialny nad Sympozjum sprawowały branżowe czasopisma: Energetyka, Dozór Techniczny, Przegląd Energetyczny, Energetyka Ciepła i Zawodowa, Nowa Energia oraz portal Elektroenergetyka i przemysł on-line. Inżynieria w praktyce.

Partnerem jednej z sesji i organizatorem panelu dyskusyjnego poświęconego bezpieczeństwu systemów informatycznych było czasopismo Computerworld. Jednym z powodów nawiązania takiej współpracy był fakt otrzymania przez Pro Novum tytułu Lidera

Informatyki 2015 przyznawanego corocznie przez to renomowane w świecie informatycznym czasopismo.

W Sympozjum wzięło udział ponad 170 przedstawicieli elektrowni, firm remontowych i diagnostycznych, Urzędu Dozoru Technicznego oraz innych firm i instytucji związanych z energetyką.

W pięciu sesjach wygłoszono 22 referaty.

Sympozjum towarzyszyła wystawa, gdzie oprócz Przedsiębiorstwa Usług Naukowo-Technicznych „Pro Novum” sp. z o.o. stoiska wystawowe przygotowały: Conco East sp. z o.o., Ecol sp. z o.o., Energomontaż-Północ Technika Spawalnicza i Laboratorium sp. z o.o. Grupa Inspecta, EthosEnergy sp. z o.o., Pentair Valves & Controls Polska sp. z o.o., Romac Aparatura Elektroniczna i Śląskie Centrum Szkoleniowe sp. z o.o.



pro.novum[®]
RESEARCH & TECHNOLOGICAL SERVICES
Centrum Badawczo - Rozwojowe





Tematyka Sympozjum koncentrowała się wokół aktualnych dla krajowej energetyki spraw:

- Zarządzanie wiedzą o stanie technicznym urządzeń,
- Zarządzanie utrzymaniem stanu technicznego wg strategii CBM, RCM, RBM,
- Przedłużanie eksploatacji bloków 200 MW i 360 MW,
- Standaryzacja badań i oceny stanu technicznego majątku w grupach energetycznych,
- Wykonywanie diagnostyki w zdalnym trybie,
- Innowacyjne metody badań i oceny stanu technicznego urządzeń energetycznych,
- Technologie zwiększające trwałość urządzeń.

Dominującym tematem XVII Sympozjum było jednak zarządzanie majątkiem produkcyjnym elektrowni. To dziedzina powiązana ściśle z zagadnieniami bezpieczeństwa technicznego w skali elektrowni, biznesu w skali grup energetycznych oraz bezpieczeństwa energetycznego w skali państwa. Polityka energetyczna UE, zmiany organizacyjne w grupach energetycznych oraz osłabienie kompetencji technicznych, spowodowane m.in. naturalną wymianą pokoleniową, przysparzają ciągle wiele problemów:

- polityka i ekonomia zdominowały technikę,
- brakuje jednolitych standardów oceny stanu technicznego urządzeń,
- brakuje narzędzi do systemowego zarządzania wiedzą o stanie technicznym urządzeń,
- przedłużaniu eksploatacji długoeksploatowanych bloków nie towarzyszą powszechnie obowiązujące standardy,
- dostęp do informacji i wiedzy technicznej na nowych blokach jest bardzo utrudniony.

Kilka lat temu Pro Novum zaproponowało kompleksowe podejście do badań, oceny stanu technicznego, prognozowania trwałości oraz zarządzania wiedzą wśród użytkowników JWCD wyposażonych w bloki 200 MW i 360 MW. Te prace są kontynuowane. Należy je przyspieszyć.

Koszty i jakość zarządzania majątkiem zależą ściśle od jakości zarządzania wiedzą o stanie technicznym urządzeń. Nadal wielu nie dostrzega, że głowa i szuflada przestały być jedynym i najlepszym miejscem dla baz informacji i wiedzy. Uświadczenie sobie tego nie wystarczy, trzeba to jeszcze zrealizować.

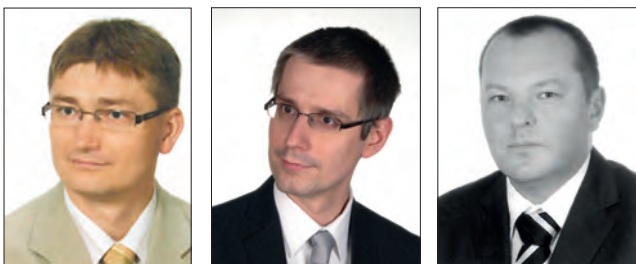
Pro Novum od 10. lat udostępnia platformę informatyczną **LM System PRO+** pozwalającą:

- tworzyć bazy danych procesowych, diagnostycznych, remontowych oraz produkcyjnych,
- generować automatycznie wiedzę o bieżącym stanie technicznym urządzeń oraz wskaźniki dotyczące awaryjności, niezawodności, dyspozycyjności i ryzyku uszkodzeń.

LM System PRO+ może być wykorzystywany w trybie SaaS (Software as a Service) oraz być odpowiednio integrowany z dowolnym programem ERP.

Uwzględniając opinie wielu uczestników tegorocznego Sympozjum mamy podstawy sądzić, że stworzyło ono warunki do wymiany poglądów i doświadczeń oraz mieć nadzieję, że zainspirowuje do podjęcia konkretnych działań potrzebnych energetyce, a z wielu powodów dotąd opóźnionych.





Mgr inż. Paweł Nitecki

PGE GÓRNICITWO I ENERGETYKA KONWENCJONALNA S.A.

Mgr inż. Sławomir Białek

NETINFO SP. Z O.O.

Mgr inż. Wojciech Murzynowski

PRO NOVUM SP. Z O.O.

Bezpieczeństwo systemów informatycznych korzystających z informacji procesowych elektrowni na przykładzie wybranych systemów informatycznych zainstalowanych w PGE GiEK S.A.

Streszczenie: Ważnym elementem, wchodzącym w skład infrastruktury krytycznej elektrowni i elektrociepłowni, są systemy OT (ang. Operational Technology) zapewniające nadzór nad realizacją podstawowych procesów technologicznych związanych bezpośrednio i pośrednio z wytwarzaniem energii elektrycznej i ciepła. Potrzeba wymiany informacji z zewnętrznymi systemami optymalizacji i wsparcia, a także w celach raportowania spowodowała, że systemy przemysłowe, niegdyś odizolowane – dziś połączone, stały się podatne na zagrożenia z sieci zewnętrznej. W artykule omówiono podstawowe zagrożenia dla niezawodnego funkcjonowania przemysłowego systemu sterowania powodowane nieuprawnionymi działaniami. Podano przykłady podatności elementów infrastruktury, wskazano źródła oraz kierunki potencjalnych ataków, a także ich możliwe konsekwencje. Spektakularne ataki hakerów na informatyczne sieci przemysłowe postawiły spore wyzwanie administratorom ze świata OT i IT. W artykule przedstawiono także dwa przykłady wdrożeń rozwiązań zapewniających bezpieczną wymianę danych pomiędzy systemami przemysłowymi a biznesowymi.

Security of IT systems benefiting from the process information of power plant on the example of selected IT systems installed in PGE GiEK S.A.

Summary: The important element included in a critical infrastructure of power plant or CHP are OT systems assuring the supervision of basic processes connected directly or indirectly with energy and heat production. They require a specific internal and external security as they are the subject of a big interest and intensive surveillance by competitors, agencies of other countries, hackers etc. Spectacular hackers' attacks on industrial IT networks are recently the biggest challenge, which faced for example the trades using OT and ICT systems. The power sector is one of such. LM System PRO+[®] implemented in branches of PGE GiEK S.A. is qualified to the group of diagnostic systems – which allow to perform assessment and analyses the condition of technological installations and the systems of data exchange – aimed at transferring data to other OT systems or business systems within the company or outside. In order to verify the security status of the system in the context of protection of the critical infrastructure of power plant the authors analyzed the list of basic vulnerabilities of LM System PRO+[®] to threats generated both inside the organization and by external network and environment. The list includes main areas, which shall be secured, which are the security of network infrastructure as well as the security of the equipment and physical protection.

WSTĘP

Przemysłowe systemy sterowań stanowią jeden z kluczowych elementów zapewniających ciągłość w przebiegu procesu technologicznego. Niezawodność eksploatacyjna systemów sterowania jest ważnym czynnikiem wpływającym na pracę urządzeń, która bezpośrednio wpływa na wskaźniki dyspozycyjności i awaryjność jednostek wytwórczych. Ze względu na swoją specyfikę, systemy sterowania są ściśle powiązane z urządzeniem oraz procesem technologicznym przez nie realizowanym. Odbywa się to poprzez wzajemne oddziaływanie – parametryzowanie obiektu – wypracowanie sygnałów sterowania i regulacji – oddziaływanie na elementy wy-

konawcze. Jest to działanie ciągłe mające na celu optymalne prowadzenie procesów technologicznych. Jego zadaniem jest także kontrolowanie granicznych stanów urządzeń co ma zabezpieczyć je przed skutkami powstania awarii lub poważnych uszkodzeń skutkujących wyłączeniem jednostki z pracy na wiele miesięcy.

SYSTEMY TELEINFORMATYCZNE WYKORZYSTYWANE W PRZEMYSŁE

Systemy sterowań przeszły na przestrzeni lat długą drogę ewolucji: od pojedynczych urządzeń poprzez sterowniki lokalne wraz z modułami komunikacji, do urządzeń pracujących

w warstwie aplikacyjnej umożliwiającej przejrzystą prezentację i wymianę danych.

W rezultacie rozwiązania teleinformatyczne, tak powszechne w życiu codziennym, znalazły swoje zastosowanie w architekturze systemów sterowania.

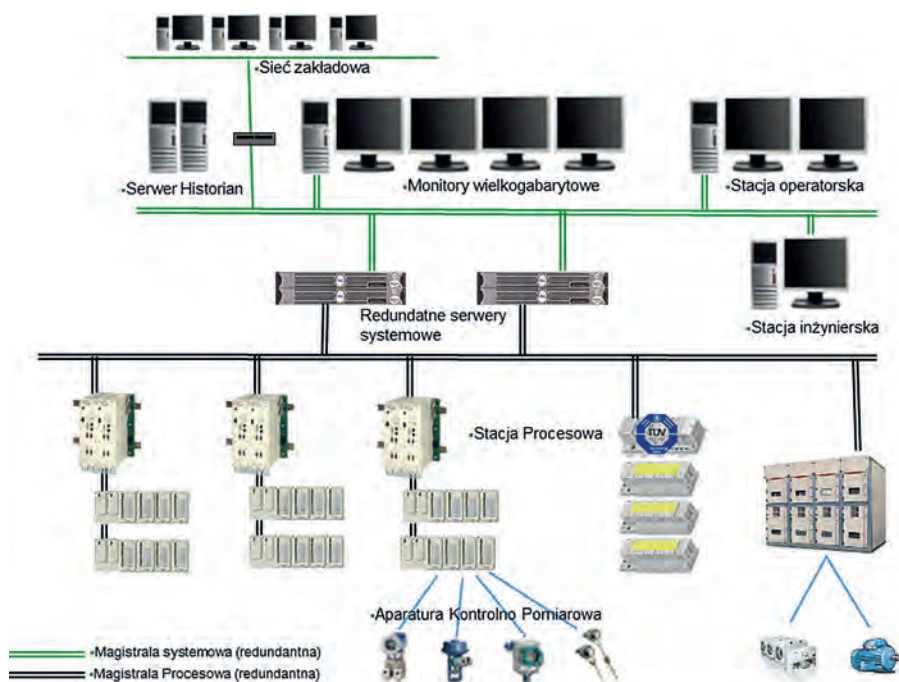
Systemy teleinformatyczne (ICT – ang. Information and Communication Technologies) można podzielić na dwie grupy rozwiązań: systemy informatyczne (IT – ang. Information Technology) oraz systemy sterowania przemysłowego (OT – ang. Operational Technology). Systemy IT zorientowane są na biznes i usługi obywateli (finanse, komunikacja, ERP – SAP, poczta elektroniczna itp.), czyli takie, gdzie teleinformatyka wspiera proces biznesowy lub wykorzystana jest do gromadzenia i przetwarzania danych, a także do udostępniania wiedzy. Natomiast systemy OT wspierają procesy technologiczne nadzorując i sterując urządzeniami produkcyjnymi w celu utrzymania ciągłości jego działania.

Na rysunku 1 przedstawiono przykładowy schemat przemysłowego systemu sterowania.

Środowisko przemysłowych systemów OT było przez długi czas środowiskiem zamkniętym, tzn. stosowane były wyłącznie dedykowane, specjalistyczne rozwiązania, charakterystyczne wyłącznie dla środowiska automatyki przemysłowej. Sieci przemysłowe były fizycznie odseparowane od sieci biurowych. Protokoły komunikacyjne były protokołami dedykowanymi dla przemysłu, sterowniki i kontrolery opar-

te były o dedykowane systemy operacyjne czasu rzeczywistego, a algorytmy sterowania kodowane w wyspecjalizowanych, dedykowanych językach programowania. Miniony wiek przyniósł wiele zmian w zamkniętym dotąd środowisku OT. Biznes zauważył dużą wartość danych z warstwy OT. Coraz częściej zaczął wykorzystywać dane pochodzące bezpośrednio z procesu technologicznego do prognozowania i planowania produkcji, kontrolowania wskaźników wydajności, jakości i dostępności.

Odseparowane dotąd systemy IT i OT zaczęły się łączyć. Pomiędzy warstwą systemów klasy ERP a systemów SCADA (ang. – Supervisory Control and Data Acquisition), nadzorujących proces sterowania, powstały systemy optymalizacji produkcji klasy MES (ang. – Manufacturing Execution System). Sieć systemów sterowania coraz częściej opiera się o standard Ethernet i protokół TCP/IP. Stacje operatorskie posiadające funkcję sterowania coraz powszechniej oparte są o system operacyjny Windows lub Linux. Technologie bazujące na infrastrukturze telefonii komórkowej coraz częściej znajdują zastosowanie w przemysłowych systemach wymiany danych. Z aplikacjami typu SCADA współpracować mogą moduły, których zadaniem jest powiadamianie o zaistniałych zdarzeniach za pomocą wiadomości tekstowych SMS lub poczty elektronicznej. Niektóre systemy umożliwiają stworzenie WebSerwerów – czyli wizualizacji procesu technologicznego oglądanej przez przeglądarkę internetową.



Rys. 1. Przykładowa architektura systemu sterowania

Środowisko automatyki również dostrzegło ekonomiczne i organizacyjne zalety zastosowania technologii IT, do których między innymi można zaliczyć: powszechną dostępność urządzeń, powszechną znajomość systemów operacyjnych (Windows/Linux) i protokołów komunikacji (protokoły przemysłowe zastępowane przez standard TCP/IP). Niestety wraz z technologią IT przeniesione zostały zagrożenia, które wcześniej były obce dla przemysłowych systemów sterowania.

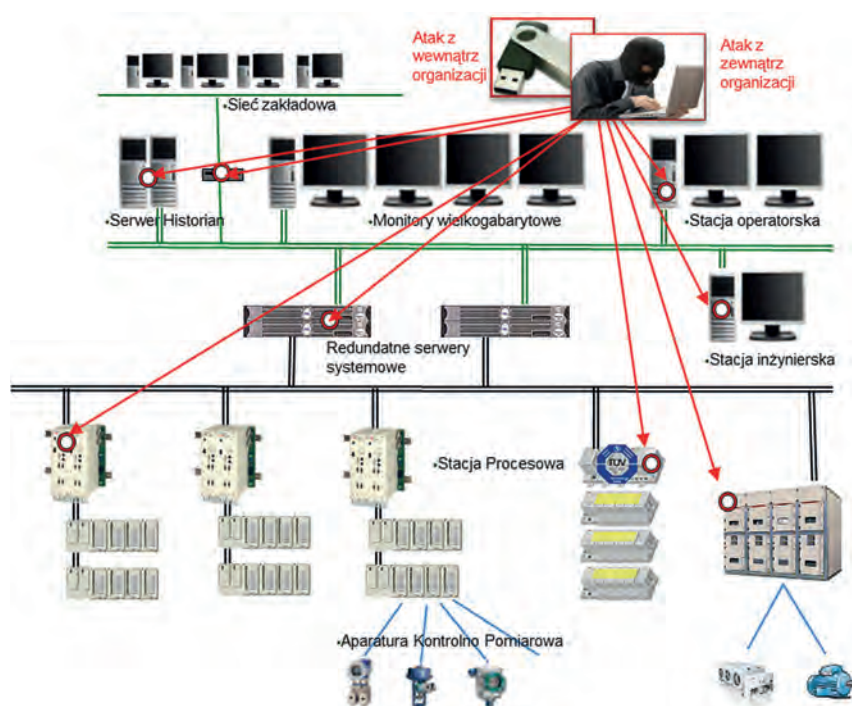
ZAGROŻENIA BEZPIECZEŃSTWA

Kiedyś systemy OT posiadały wyspecjalizowane i specyficzne dla tego środowiska rozwiązania. Zagrożenia dla ich funkcjonowania stanowiły przypadkowe błędy w produkcji czy związane z tym użytkowanie systemów teleinformatycznych. Celowy sabotaż sprowadzał się do fizycznej ingerencji na terenie zakładu. Ochrona obiektów przemysłowych ograniczała się więc wyłącznie do ochrony fizycznej. Potrzeby zabezpieczenia systemów sterowania w inny sposób nawet nie rozważano. Dzisiaj możliwe jest przejęcie kontroli nad procesem technologicznym bez fizycznej obecności przy środowisku systemu. Sabotażysta może być oddalony o tysiące kilometrów, będąc jedynie wyposażony w komputer i dostęp do Internetu. Brak namacalnego zagrożenia i konsekwencji działania towarzyszące cyberprzestępcom jest bardzo poważnym zagrożeniem dla infrastruktury przemysłowej. Zapewnienie bezpieczeństwa systemom sterowania i nadzoru

staje się podstawowym wymogiem. Zastosowanie technologii komunikacji IT wymaga uwzględnienia istniejących luk w zabezpieczeniach, które mogą być wykorzystywane przez potencjalnych napastników.

Cyberataki na przemysłowe systemy OT są coraz lepiej zorganizowane, przemyślane i ukierunkowane w celu dotarcia do sieci zakładowej oraz wpłynięcia na przebieg procesów. Pojawiły się zagrożenia, które stanowią dokładnie ukierunkowane i skomplikowane ataki. Zaplanowane są one przez organizacje, posiadające odpowiednie środki finansowe, pozwalające im na długotrwałe prowadzenie określonych operacji. Od wielu lat ryzyko ataków na przemysłowe systemy sterowania infrastruktury krytycznej utrzymywało się w sferze fantazji. Jednak incydenty jakie miały miejsce w ciągu kilku ostatnich lat pokazały, że obecnie stało się ono zagrożeniem rzeczywistym.

W 2010 r. złośliwe oprogramowanie Stuxnet doprowadziło do spowolnienia irańskiego programu wzbogacania uranu poprzez stopniowe niszczenie wirówek w obiekcie jądrowym. Był to pierwszy wykryty akt sabotażu wymierzony w systemy sterowania. Przeprowadzenie tego ataku wymagało wiedzy o procesie przemysłowym, słabych stronach systemu operacyjnego, przemysłowych systemach sterowania oraz wiedzy na temat złośliwego oprogramowania i możliwości jego niezauważalnej instalacji. Złośliwe oprogramowanie, wniesione na teren zakładu przy pomocy



Rys. 2. Potencjalne kierunki ataków na infrastrukturę systemu sterowania

przenośnego nośnika danych, przekłamywało dane przesyłane przez przemysłowe systemy sterowania. Niektóre pomiary zostały zafałszowane w celu spowodowania odchylenia w normalnej pracy, a oczekiwane wartości były przesyłane do stacji operatorskiej. W ten sposób złośliwe oprogramowanie Stuxnet podstępnie doprowadziło do osłabienia jakości procesu, na skutek czego praca wirówek stała się niewłaściwa (za szybkie obroty) i spowodowała ich fizyczne uszkodzenie.

Coraz większa liczba dokonywanych kontroli oraz notowanie incydentów cybernetycznych na całym świecie wskazuje na konieczność stosowania odpowiednich środków bezpieczeństwa. Na rysunku 2 przedstawiono potencjalne zagrożenia jakie mogą zaistnieć w systemach OT stosowanych powszechnie w zakładach produkcyjnych w tym również w elektrowniach.

Jednym z możliwych scenariuszy jest atak na sterowniki, stacje operatorskie i serwery.

Zagrożenia mogą pochodzić z dwóch różnych kategorii źródeł: z zewnątrz lub z wewnątrz organizacji. Źródła zewnętrzne to hakerzy, którzy uwzględniając możliwości komunikacji, potrafią uzyskać dostęp do komputerów (stacji operatorskich, serwerów) infrastruktury systemu OT. Po włamaniu się do systemu mogą spowodować poważne zagrożenia w utrzymaniu ciągłości procesu, jak również doprowadzić do zniszczenia urządzeń oraz narażenia ludzi na niebezpieczeństwo utraty zdrowia lub życia.

Druga kategoria zagrożeń to pracownicy służb wewnętrznych (niejednokrotnie „niezadowoleni pracownicy”) oraz firm z grona dostawców rozwiązań OT, którzy uzyskali legalny (serwisowy) dostęp do systemu i znaleźli się wewnątrz strefy bezpieczeństwa. Tacy pracownicy są bardzo niebezpieczni ponieważ najczęściej bardzo dobrze znają wrażliwe punkty atakowanego systemu OT.

PODATNOŚCI

Wykorzystywanie powszechnie w systemach OT rozwiązań realizowanych na bazie technologii IT stwarza potencjalne zagrożenia wynikające z następujących podatności.

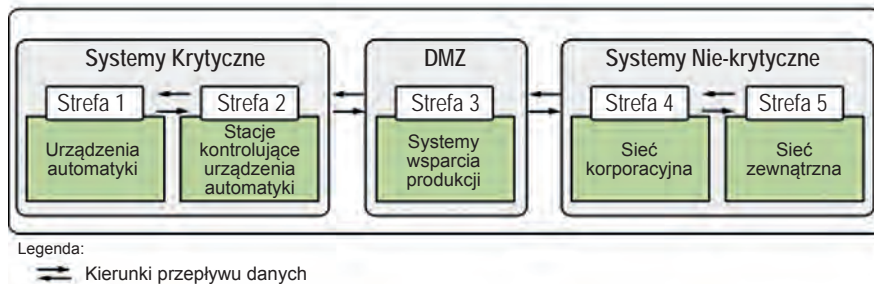
1. Niewystarczająca kontrola dostępu zarówno fizycznego jak i logicznego, tzn.:
 - a) możliwość nieautoryzowanego i nierejestrowanego dostępu fizycznego do pomieszczeń lub sprzętu (komputery, osprzęt sieciowy, itp.),
 - b) możliwość nieautoryzowanego i nierejestrowanego dostępu logicznego do sprzętu (komputery, osprzęt sieciowy, itp.),
 - c) niewystarczające zasoby (sprzętu, narzędzi i ludzi) do monitorowania dostępu, zwłaszcza logicznego.

2. Brak wsparcia dla oprogramowania i systemów operacyjnych, tzn.:
 - a) użytkowanie przestarzałych i niewspieranych systemów operacyjnych (Windows NT, Windows XP, Windows Server 2003 i innych),
 - b) użytkowanie przestarzałego i niewspieranego oprogramowania dostawców systemów sterowania.
3. Brak wsparcia dla sprzętu komputerowego i sieciowego, tzn.:
 - a) użytkowanie przestarzałych i niewspieranych rozwiązań sprzętowych,
 - b) problemy z dostępnością części zapasowych, napraw czy zastępników funkcjonalnych (kompatybilność).
4. Brak faktycznej izolacji od systemów zewnętrznych przy jednoczesnej niewielkiej segmentacji sieci, tzn.:
 - a) dostęp i wymiana danych z sieciami zakładowymi, sieciami biurowymi, sieciami zewnętrznymi (np. kanały zdalnego wsparcia technicznego), przenoszenie danych na pamięciach i dyskach przenośnych.
5. Niepełna informacja na temat faktycznych połączeń sieciowych i punktów dostępu wraz z rozpoznaniem sprzętu i oprogramowania na każdym z elementów.

Kluczowym elementem w doborze rozwiązań ochrony systemu OT jest ich ocena pod kątem potencjalnych ataków. Zatem pierwszym krokiem jest wykonanie przeglądu bezpieczeństwa obejmującego całość zarządzanych systemów oraz ich punkty styku z innymi systemami i urządzeniami. Dokładna inwentaryzacja elementów systemu pozwala określić obszar chroniony oraz wszelkie interakcje z otoczeniem. Kolejnym krokiem jest określenie potencjalnych źródeł zagrożeń zarówno zewnętrznych jak i wewnętrznych, które należy objąć ochroną.

ROZWIĄZANIA ZAPEWNIAJĄCE I ZWIĘKSZAJĄCE BEZPIECZEŃSTWO

W celu ochrony przed nieautoryzowanym dostępem do systemów OT podejmowane są inicjatywy zarówno w zakresie poprawy organizacji jak i wykorzystania rozwiązań informatycznych. Jedną z podstawowych zasad, znacząco poprawiających cyberbezpieczeństwo, jest wprowadzanie podziału infrastruktury na wiele stref o określonych funkcjonalnościach, tzw. segmentacja sieci. W zależności od krytyczności systemu OT środowisko teleinformatyczne może składać się z kilku warstw. Segmentacja sieci wykonana jest z wykorzystaniem firewalli, zapór sieciowych, routerów i przełączników. Zaprezentowany w niniejszym opracowaniu model warstwowy środowiska systemów i sieci teleinformatycznych składa się z pięciu logicznych stref bezpieczeństwa – rysunek 3.



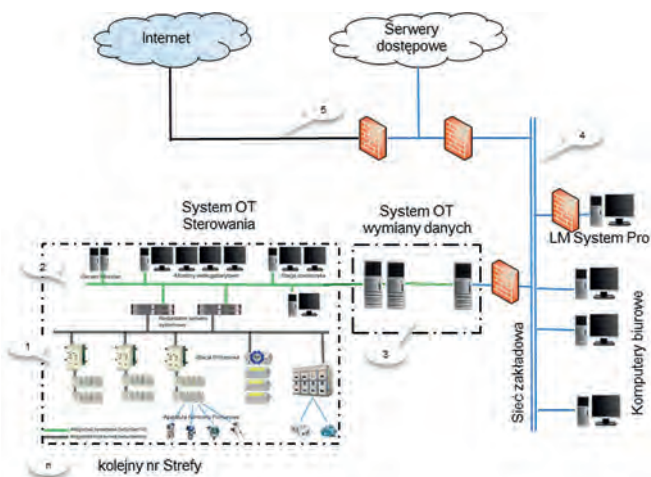
Strefa 1 – urządzenia automatyki (warstwa obiektowa),
Strefa 2 – systemy kontrolujące urządzenia automatyki (warstwa systemowa),
Strefa 3 – systemy wymiany danych / informacji zarządczej (warstwa pośrednicząca),
Strefa 4 – sieć zakładowa/korporacyjna,
Strefa 5 – sieć zewnętrzna.

Rys. 3. Model warstwowy infrastruktury teleinformatycznej (IT)

W celu zapewnienia odpowiedniej ochrony przed wspólnymi zagrożeniami teleinformatycznymi poszczególne komponenty systemu automatyki umieszcza się w odpowiednich strefach segmentacji sieci – rysunek 4.

Zastosowanie segmentacji sieci wpływa na:

- 1) ograniczenie obszaru działania ataków (wirusy, robaki, trojany, spam),
- 2) poprawę bezpieczeństwa poprzez zapewnienie, że węzły nie są widoczne dla nieautoryzowanych sieci,
- 3) ograniczenie możliwości wycieku informacji (jeśli nie ma naruszenia bezpieczeństwa w sieci),
- 4) propagację pakietów rozgłoszeniowych są ograniczone do odpowiednich sieci VLAN,
- 5) poprawę wydajności sieci i ograniczenie ruchu w sieci.



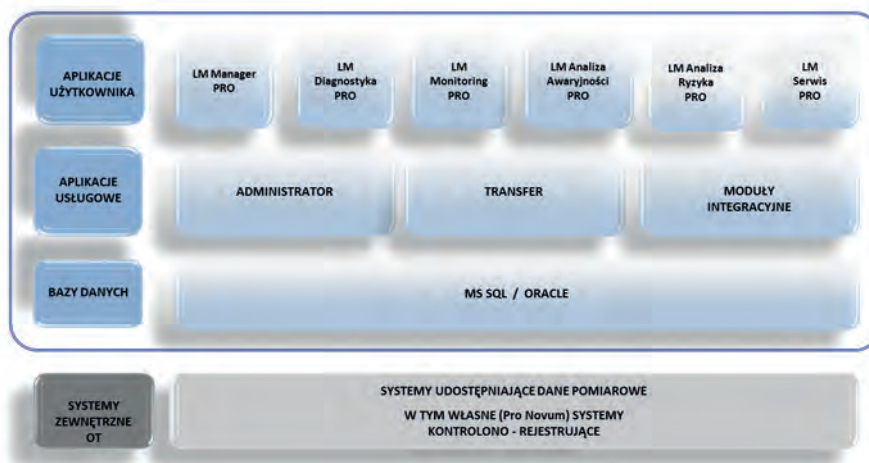
Rys. 4. Przykładowa infrastruktura teleinformatyczna (IT) z podziałem na warstwy

LM SYSTEM PRO+® – SYSTEM WSPIERAJĄCY UTRZYMANIE STANU TECHNICZNEGO

Pro Novum od ponad 10 lat rozwija i wdraża oprogramowanie, które kilka lat temu przybrało formę platformy informacyjnej LM System PRO+®. Towarzyszy jej zestaw programów, w których zaimplementowano funkcje zapewniające bezobsługowe wykonywanie czynności, m.in. takich jak rejestracja historii eksploatacji, analiza warunków pracy i wskaźników ekonomicznych, analiza awaryjności, etc. System integruje diagnostykę postojową i eksploatacyjną w sposób pozwalający na bieżącą aktualizację oceny stanu technicznego oraz weryfikację prognozy trwałości urządzeń i/lub ich elementów. W związku z powyższym LM System PRO+® – jako system z grupy IT – jest integrowany z systemami OT elektrowni (rys. 5). System składa się z pakietów funkcjonalnych, które z kolei zbudowane są z odpowiednich modułów i funkcji.

Jednym z założeń segmentacji sieci jest kontrolowanie przepływu danych pomiędzy poszczególnymi strefami. W celu zapewnienia jak najlepszej ochrony komponentów przemysłowych systemów sterowań, stosuje się zasadę bezpośredniego przepływu danych jedynie między sąsiadującymi strefami. Zgodnie z tą zasadą niedozwolone są bezpośrednie połączenia pomiędzy „odległymi strefami”, np. ze Strefy 1 jest możliwość nawiązania połączenia jedynie ze Strefą 2. W przypadku konieczności wymiany danych pomiędzy odległymi strefami należy przejść przez wszystkie zabezpieczenia zaimplementowane w strefach znajdujących się pomiędzy strefami źródłową i docelową. Na przykład w celu uzyskania dostępu ze Strefy 5 do Strefy 3, należy uzyskać dostęp do Strefy 4, a następnie ze Strefy 4 do Strefy 3.

Począwszy od 2009 roku LM System PRO+® został zaimplementowany w trzech oddziałach należących do PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A., który zorientowany jest na wspieranie specjalistów w zakresie: utrzymania stanu technicznego urządzeń ciepłno-mechanicznych i systemowo zorganizowanej (zestandardyzowanej) diagnostyki. System został wdrożony w różnym zakresie dla różnego typu urządzeń energetycznych, zarówno w wersji 2.0 jak i najnowszej wersji 3.0. W dalszej części artykułu dokonano analizy zagrożeń i bezpieczeństwa LM System PRO+® w kontekście jego



Rys. 5. LM System PRO+® jako system IT zintegrowany z systemami OT

integracji z systemami OT. Zaprezentowano przykłady dwóch istniejących wdrożeń.

LM SYSTEM PRO+® JAKO SYSTEM IT ZINTEGROWANY Z SYSTEMEM OT

Głównym celem integracji LM System PRO+® z systemem OT jest automatyczne, bezobsługowe zasilanie go danymi procesowymi w zakresie pomiarów ciepłno-mechanicznych oraz chemicznych. Transfer takich danych umożliwi systemowi m.in.:

- rejestrację historii eksploatacji urządzeń,
- analizę rzeczywistych warunków pracy,
- analizę: wielkości produkcji i kosztów jej utraty, niezawodności, dyspozycyjności,
- zintegrowane przetwarzanie ww. informacji wraz z pochodzącymi z innych niż systemy OT kanałów.

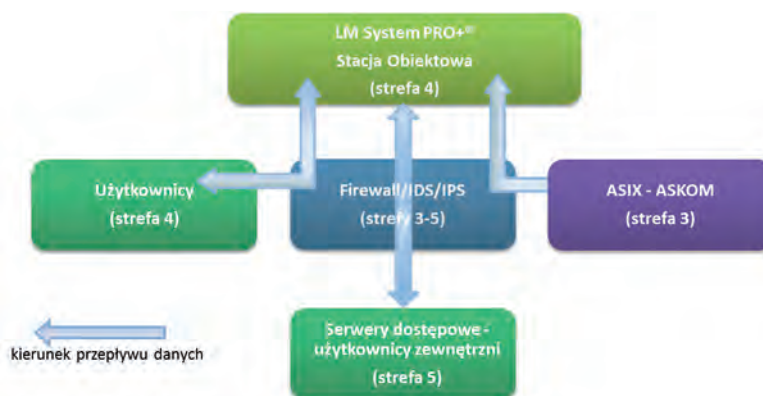
Dla potrzeb LM System PRO+® wystarczająca jest integracja umożliwiająca jednokierunkowy transfer danych. LM System PRO+® umożliwia wykonanie takiej integracji na wiele różnych sposobów, przykładowo:

- umieszczanie danych w bazie SQL systemu LM System PRO+® przez system OT,
- umieszczanie plików z danymi w uzgodnionym formacie (CSV, TXT, XML) w lokalizacji dostępnej dla systemu OT oraz LM System PRO+®,
- pobieranie danych przez LM System PRO+® z systemu OT za pośrednictwem odpowiedniego interfejsu (np. ODBC, OLEDB, Web Services, inne udokumentowane protokoły lub SDK).

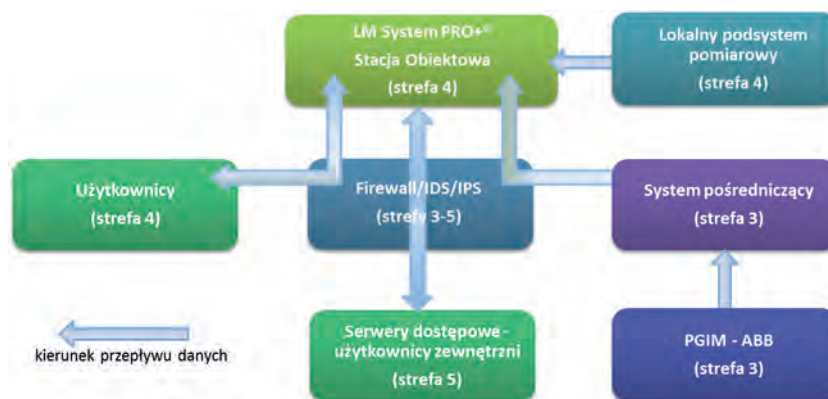
Ponadto, zamiast bezpośredniej integracji z systemem OT, można we wszystkich tych wariantach wprowadzić dodatkowy system pośredniczący, pomiędzy systemem OT a LM System PRO+®.

W przedstawianych tutaj przykładach wdrożeń zastosowano rozwiązania przedstawione na rysunkach 6 i 7:

- Wdrożenie I – bezpośrednio pobieranie danych z Lokalnego Repozytorium Danych opartego na systemie Asix od firmy Askom, przy pomocy interfejsu OLEDB w pakiecie AsixConnect działającego na Stacji Obiektowej (serwerze systemu) LM System PRO+®,



Rys. 6. Architektura wdrożenia I



Rys. 7. Architektura wdrożenia II

- Wdrożenie II – dodatkowy system pośredniczący, który pobiera dane Lokalnego Repozytorium Danych PGIM (ang. Power Generation Information Manager) od firmy ABB i zapisuje je do lokalnych plików, a następnie przesyła je na Stację Obiektową (serwer systemu) LM System PRO+.

W niektórych wdrożeniach, w zależności od zakresu projektu, istnieje potrzeba rozbudowy systemu OT o dodatkowe pomiary. LM System PRO+ we wdrożeniu II został rozbudowany o podsystem OT wykonujący ciągłe pomiary przemieszczeń rurociągów i zaworów turbiny. Podsystem ten został połączony bezpośrednio z LM System PRO+.

Użytkownicy LM System PRO+ uzyskują dostęp poprzez aplikację kliencką, która udostępnia interfejs użytkownika systemu. Nie pracują bezpośrednio na Stacji Obiektowej systemu. Aplikacja kliencka nie oferuje żadnych funkcjonalności związanych bezpośrednio z działaniem w systemach OT. Dedykowany, odrębny moduł Integracja (serwerowa część LM System PRO+) działający na Stacji Obiektowej w tle lub wykonywany w regularnych odstępach czasu łączy się z systemem OT, pobiera z niego wymagane dane oraz zapisuje je w bazie danych LM System PRO+. Dalsze przetwarzanie danych i korzystanie z nich przez użytkowników odbywa się wyłącznie na bazie danych LM System PRO+.

BEZPIECZNA ARCHITEKTURA SYSTEMU

LM SYSTEM PRO+

Przy wdrażaniu LM System PRO+ brane są pod uwagę pojawiające się zagrożenia oraz bezpieczeństwo wymiany informacji, uwzględniane są dobre praktyki w zakresie poprawy bezpieczeństwa, a przede wszystkim polityka bezpieczeństwa klienta. Rodzaj i sposób ochrony dobierany jest indywidualnie i zależy od istotności systemu OT. W opisanych wariantach wdrożeń, architektura systemu zachowuje właściwy poziom bezpieczeństwa i dostępności.

Można zwrócić uwagę na kilka pozytywnych aspektów przyjętej architektury:

- użytkownik korzystający z LM System PRO+ ani urządzenia znajdujące się w podsieciach biznesowych nie uzyskują nowego bezpośredniego połączenia do systemów OT – są oddzieleni w warstwie aplikacyjnej zabezpieczeniami aplikacji (o czym dalej), a w warstwie sieciowej znajdują się w odrębnych sieciach, pomiędzy którymi nie jest przekazywany żaden bezpośredni ruch sieciowy, co zapewnia konfiguracja Stacji Obiektowej, a dodatkowo także zapory ogniowe;
- ograniczony zakres integracji zarówno funkcjonalny (tylko pobieranie danych przez LM System PRO+ z systemów OT), jak i ilościowy (wybrane parametry i urządzenia) pozwala na precyzyjne ograniczenie do minimum możliwości działania po stronie OT zarówno przez sam LM System PRO+, jego użytkowników, czy potencjalnych intruzów;
- w przypadku trudności w zastosowaniu właściwej polityki bezpieczeństwa, np. z powodu ograniczeń systemu OT, istniejącej architektury sieci, możliwe jest wprowadzenie dodatkowego systemu pośredniczącego pomiędzy LM System PRO+ a systemem OT, działającego jako punkt wymiany danych, jednocześnie izolujący dodatkowo systemy, sieci, urządzenia;
- aplikacja użytkownika LM System PRO+ ani bezpośrednio, ani poprzez Stację Obiektową nie wykonuje operacji na systemie OT, więc użytkownik nie ma możliwości dostania się do innych danych lub innych funkcji systemu OT;
- wymagane dodatkowe pomiary, które nie mogły być dodane do głównego systemu OT, zostały przez Wykonawcę zbudowane jako odrębny podsystem połączony tylko z LM System PRO+ – uniknięto potrzeby ingerencji w główny system OT, ani nie wprowadzono kolejnych punktów styku systemów i urządzeń.

Aplikacje wchodzące w skład LM System PRO+® charakteryzują następujące cechy wpływające na bezpieczeństwo systemu:

- uwierzytelnianie użytkowników – do systemu uzyskują dostęp tylko wybrani, nazwani użytkownicy,
- system uprawnień i kontroli dostępu – w przypadku bardziej rozbudowanych wdrożeń, możliwość ograniczenia działalności użytkowników do wybranych funkcji oraz obiektów objętych systemem,
- dzienniki operacji – zapis w bazie danych systemu informacji na temat logowań do systemu i wykonywania krytycznych operacji,
- stosowanie kryptografii i bezpiecznych protokołów, np. SSL.

Powyższe cechy architektury, sposobu integracji oraz aplikacji wchodzących w skład systemu minimalizują szanse skutecznego ataku na system OT za pośrednictwem LM System PRO+®, a w razie udanego ataku na jeden ze składników systemu minimalizują potencjalne zagrożenia.

ANALIZA ZAGROŻENIA NA BEZPIECZEŃSTWO

LM SYSTEM PRO+®

Zagrożeń jednak nie da się wyeliminować całkowicie. Ponadto na możliwość ich wykorzystania ma wpływ wiele innych elementów systemów i infrastruktury. Należy więc rozpatrzyć potencjalne możliwości wykorzystania dodatkowego styku jaki tworzy LM System PRO+® z systemem OT, zidentyfikować zagrożenia i sposoby ich ograniczania. Główne zagrożenia to przedostanie się do systemu OT i prowadzenie przy jego użyciu dalszej działalności (nieautoryzowany dostęp do danych, przejęcie kontroli i sterowania), destabilizacja systemu OT (ataki typu Denial of Service) czy wprowadzenie złośliwego oprogramowania (docelowo w analogicznych celach).

Możemy rozpatrzyć następujące sposoby wprowadzenia ww. zagrożeń:

- wykorzystanie aplikacji użytkownika LM System PRO+®,
- wprowadzenie złośliwego oprogramowania do baz systemu lub na Stację Obiektową,
- wykorzystanie Stacji Obiektowej LM System PRO+®.

Wykorzystanie aplikacji użytkownika LM System PRO+® jako wektora ataku jest bardzo ograniczone. Dostęp do aplikacji i jej poszczególnych funkcji kontrolowany jest przez mechanizmy uwierzytelniania i autoryzacji, dostęp otrzymują wybrane osoby. Samo przejęcie danych autoryzacyjnych lub próba ich nadużycia nic nie da intruzowi, ponieważ aplikacja nie wykonuje samodzielnie czynności w sieci OT, ani w syste-

mach OT. Moduł Integracji pobierający dane procesowe jest oddzielony od aplikacji użytkownika, a ta nie ma wpływu na działalność modułu. Nawet użytkownik z największymi uprawnieniami jest w stanie co najwyżej zmodyfikować listę pobieranych sygnałów. Ograniczenie listy sygnałów mogłoby spowodować niepełne działanie LM System PRO+® ze względu na brak wymaganych danych, ale nie będzie miało wpływu na system OT, a jej powiększenie mogłoby spowodować nieautoryzowane udostępnienie danych lub w skrajnym przypadku przeciążenie systemu udostępniającego dane. Większym zagrożeniem jest wstrzyknięcie własnego kodu do części serwerowej systemu, co mogłoby spowodować jego nieautoryzowane wykonanie na Stacji Obiektowej. Ograniczenie możliwości wykorzystania tych zagrożeń można osiągnąć poprzez:

- ograniczenie możliwości działania Stacji Obiektowej LM System PRO+® w sieci OT poprzez umożliwienie komunikacji (zapory ogniowe, przełączniki, sieci wirtualne) wyłącznie z wybranym systemem udostępniającym dane, wyłącznie na niezbędnych portach TCP/IP,
- ograniczenie, po stronie systemu udostępniającego dane, funkcji, które Stacja Obiektowa może wykonać do pobierania danych oraz zakresu informacji do wybranych sygnałów z wybranych urządzeń,
- monitorowanie wydajności systemu udostępniającego dane z możliwością odciążenia Stacji Obiektowej w przypadku zbyt dużego wykorzystania zasobów,
- dodatkowo można zastosować monitorowanie aktywności sieciowej do oraz ze Stacji Obiektowej z wykorzystaniem systemów typu IPS/IDS (ang. – Intrusion Detection/Prevention System).

LM System PRO+® posiada funkcje/moduły związane z budowaniem bazy wiedzy, które m.in. pozwalają na przechowywanie dokumentów i plików w bazie danych systemu. Ponieważ złośliwe oprogramowanie może się rozpowszechniać również przez niektóre rodzaje dokumentów, mogłoby to zostać wykorzystane w tym celu. Jeden z użytkowników może wprowadzić zainfekowany plik lub dokument do bazy danych systemu, a inny może zostać zainfekowany. Biorąc pod uwagę, że inny użytkownik może posiadać dostęp także do innych systemów lub sieci mogłoby to zostać wykorzystane jako początek ataku na inne systemy. Nie różni się to jednak od zagrożeń występujących przy każdym współużytkowaniu wspólnych baz dokumentów, plików czy folderów sieciowych, które występują w każdej organizacji. Zabezpieczenia przed tego rodzaju zagrożeniami są dość standardowe i powszechnie spotykane:

- stosowanie oprogramowania antywirusowego na stacjach roboczych użytkowników oraz Stacji Obiektowej LM System PRO+[®],
- monitorowanie działań w sieciach lokalnych użytkowników z wykorzystaniem systemów typu IPS/IDS.

Kolejnym rozpatrywanym wektorem ataku jest wykorzystanie Stacji Obiektowej LM System PRO+[®], która funkcjonuje głównie w oparciu o system operacyjny Microsoft Windows Server oraz silnik bazy danych Microsoft SQL. Podatności w tego typu oprogramowaniu nie są rzadkością i mogłyby posłużyć do uzyskania ograniczonego lub pełnego dostępu do Stacji Obiektowej i prowadzenia dalszej działalności, w tym także po stronie sieci OT. Zabezpieczenie przed możliwością nadużycia tej drogi można osiągnąć poprzez:

- ograniczenie dostępu do Stacji Obiektowej (wybrani użytkownicy, wybrane porty TCP/IP na zaporach sieciowych, itp.),
- regularne aktualizacje oprogramowania systemowego i narzędziowego (przede wszystkim Windows Server, MS SQL),
- monitorowanie działalności Stacji Obiektowej,
- inne, wymienione dla ataków przez aplikację użytkownika LM System PRO+[®].

Ponieważ system wdrażany jest przez firmę zewnętrzną, która później zapewnia wsparcie eksperckie oraz nadzór i utrzymanie systemu, wykonawca w tym celu otrzymuje zdalny dostęp do Stacji Obiektowej LM System PRO+[®] z wykorzystaniem rozwiązań typu VPN (ang. Virtual Private Network). Wprowadza to dodatkowy kanał dostępu do systemu oraz kolejnych użytkowników, co trzeba mieć na uwadze. Sprawdza to te same, rozpatrywane wyżej zagrożenia, więc sposoby zabezpieczeń są analogiczne. Ponadto należy zadbać o odpowiednie zabezpieczenie dostępu przez VPN. Dostęp realizowany jest przez dodatkowe „serwery dostępowe” (w oparciu o VPN, gdzie połączenie jest autoryzowane przy pomocy nazwy użytkownika i hasła), które ułatwiają monitorowanie oraz wprowadzenie wyżej omawianych zabezpieczeń na tym dodatkowym kanale dostępu.

PODSUMOWANIE

W wyniku integracji systemów OT i IT zagrożenie w postaci nieautoryzowanego dostępu do przemysłowych systemów sterowania znacząco wzrosło. Jednak powrót do stosowania fizycznej izolacji nie jest dzisiaj możliwy ze względów biznesowych. Systemy, takie jak LM System PRO+[®], wspierają dzisiaj procesy decyzyjne, umożliwiając

na bieżąco podejmowanie właściwych decyzji pozwalających na: efektywne i optymalne zarządzanie utrzymaniem majątku produkcyjnego oraz reagowanie na ewentualne nieprawidłowości pojawiające się w czasie procesu produkcyjnego. Zapewnienie bezpieczeństwa Systemom OT należy traktować jako niekończący się proces, ponieważ dostępność technologii IT generuje nieustannie nowe zagrożenia, które skrupulatnie wykorzystywane są przez cybergrupy przestępcze. Zakres wdrożeń systemu bezpieczeństwa powinien być indywidualnie dobierany i ściśle powiązany z konkretną instalacją systemu sterowania, jego wersją, środowiskiem i powiązaniem.

Wdrożenie LM System PRO+[®] i wprowadzenie dodatkowego styku pomiędzy oprogramowaniem IT, a systemami OT wprowadza pewne zagrożenia. Korzyści z integracji systemów IT z systemami OT są pożądane i wystarczające, żeby to umożliwić i podjąć odpowiednie działania prewencyjne. W rozpatrywanym przypadku, ze względu na architekturę i budowę systemów oraz sposób i zakres integracji, zagrożenia te nie są duże i można niewielkimi nakładami zabezpieczyć się przed nimi oraz zminimalizować skutki potencjalnych nadużyć.

LITERATURA

- [1] Trzeszczyński J., Murzynowski W., Stanek R.: „Zarządzanie majątkiem produkcyjnym grup elektrowni wspierane przez firmę ekspercką. Modele współpracy oraz przykłady ich realizacji”. XIII Sympozjum Informatyko-Szkoleniowe, Katowice 2011.
- [2] Trzeszczyński J., Białek S.: „Utrzymanie stanu technicznego urządzeń energetycznych – wspierane przez system informatyczny”. *Nowa Energia*, nr 3(9)/2009.
- [3] Trzeszczyński J., Białek S., Murzynowski W.: „Monitorowanie stanu technicznego urządzeń ciepłno-mechanicznych bloków energetycznych przy wykorzystaniu platformy informatycznej LM System PRO+[®]”. *Dozór Techniczny*, nr 5/2011.
- [4] Ogólnopolskie Sympozja Informatyko-Szkoleniowe organizowane przez *Pro Novum*.
- [5] Bezpieczeństwo infrastruktury krytycznej wymiar teleinformatyczny – opracowany przez Instytut Kościuszki – 2014 r.
- [6] Narodowy Program Ochrony Infrastruktury Krytycznej – opracowany przez Rządowe Centrum Bezpieczeństwa – 2013 r.
- [7] Opis luk w zabezpieczeniach systemu SCADA – opracowany przez Symantec.

