

STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH



dr inż. Jacek Nowicki

Polski przemysł dla energetyki jądrowej

WYTYCZNE

Wspomagające działania przedsiębiorstw krajowych
w budowie elektrowni jądrowych

CZĘŚĆ ELEKTRYCZNA ELEKTROWNI JĄDROWEJ

W/ME/DEJ/SEP/01/2017



Ministerstwo
Energii

Warszawa, 2017

Warszawa, 2017



MINISTERSTWO ENERGII

Polski przemysł dla energetyki jądrowej

WYTYCZNE

**WSPOMAGAJĄCE DZIAŁANIA
PRZEDSIĘBIORSTW KRAJOWYCH
W BUDOWIE ELEKTROWNI JĄDROWYCH**

CZĘŚĆ ELEKTRYCZNA ELEKTROWNI JĄDROWEJ



STOWARZYSZENIE ELEKTRYKÓW POLSKICH

Autor opracowania:

dr inż. Jacek Nowicki – Sekretarz Generalny Stowarzyszenia Elektryków Polskich

**Recenzenci:**

prof. zw. dr hab. inż. Józef Paska – Politechnika Warszawska, Instytut Elektroenergetyki, Zakład Elektrowni i Gospodarki Elektroenergetycznej
dr inż. Andrzej Strupczewski – prof. nadzw. w Narodowym Centrum Badań Jądrowych

Redaktor:

mgr Jerzy Szczurowski – Centralny Ośrodek Szkolenia i Wydawnictw Stowarzyszenia Elektryków Polskich

**Zamawiający:**

Ministerstwo Energii
ul. Krucza 36/Wspólna 6
00-522 Warszawa

Zakres wytycznych:

Niniejsze wytyczne zawierają zestawienie wymagań o charakterze technicznym w zakresie wykonania systemów elektrycznych w obiektach energetyki jądrowej (wyspa jądrowa i wyspa turbinowa, wyprowadzenie mocy, pozostałe elementy infrastruktury elektrowni). Zestawienie bazuje o wymagania najczęściej stosowanych na świecie kodów, norm i przepisów technicznych oraz przepisów krajowych i międzynarodowych mogących mieć zastosowanie przy ich projektowaniu, budowie, uruchomieniu i eksploatacji. Dodatkowo przedstawiono zestawienie wytycznych i rekomendacji o charakterze organizacyjnym w zakresie systemów zapewnienia i kontroli jakości, które mogą być stawiane polskim przedsiębiorstwom ubiegającym się o realizację prac na rzecz krajowej i światowej energetyki jądrowej zgodnie z ich aktualnym stanem rozwoju.

Projekt współfinansowany ze środków Ministerstwa Energii w ramach wdrażania energetyki jądrowej w Polsce.

Wszelkie uwagi, sugestie i propozycje co do dalszych zadań w zakresie przygotowania polskiego przemysłu do kooperacji z energetyką jądrową prosimy przesyłać na adres pocztowy: Ministerstwo Energii, ul. Krucza 36/Wspólna 6, 00-522 Warszawa lub na adres e-mail: przemysl.jadrowy@me.gov.pl

Wytyczne nr: W/ME/DEJ/SEP/01/2017

ISBN 978-83-61163-71-8

Electrical Part of Nuclear Power Plant, Stowarzyszenie Elektryków Polskich – Association of Polish Electrical Engineers, 2017

© Copyright, Wszelkie prawa zastrzeżone

SPIS TREŚCI

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Słowo wstępne | 7 |
| 1. Udział polskich przedsiębiorstw przemysłowych w realizacji projektu nieukończonyj Elektrowni Jądrowej Żarnowiec w latach 1982–1991 | 9 |
| 2. Doświadczenia polskich firm przemysłowych z udziału w dotychczasowych projektach energetyki jądrowej za granicą | 9 |
| 2.1. Wprowadzenie | 17 |
| 2.2. Elektrownia Jądrowa Paks, Węgry | 17 |
| 2.3. Elektrownia Jądrowa Kozłoduj, Bułgaria | 18 |
| 2.4. Elektrownia Jądrowa Chmielnicka, Ukraina | 18 |
| 2.5. Elektrownia Jądrowa Olkiluoto 3, Finlandia | 19 |
| 2.6. Elektrownia Jądrowa Oskarshamm, Szwecja | 25 |
| 2.7. Elektrownia Jądrowa Flamanville, Francja | 25 |
| 2.8. Zakład wzbogacania uranu w Pierrelate, Francja | 26 |
| 2.9. Dostawy urządzeń elektrycznych polskiej produkcji dla elektrowni jądrowych budowanych w technologii rosyjskiej | 26 |
| 3. Przykłady technologii współczesnych energetycznych reaktorów jądrowych | 29 |
| 3.1. Wprowadzenie | 29 |
| 3.2. EPR (Francja) | 30 |
| 3.3. AP1000 (USA) | 32 |
| 3.4. ABWR/ESBWR (USA, Japonia) | 36 |
| 3.5. APR-1400 (Republika Korei) | 38 |
| 3.6. WWER-1200 (Rosja) | 40 |
| 3.7. EC6 (Kanada) | 42 |
| 3.8. Hualong one (HL 1000)/HPR1000 (Chiny) | 43 |
| 4. Układy i urządzenia elektryczne nowoczesnej elektrowni jądrowej | 47 |
| 4.1. Wprowadzenie | 47 |
| 4.2. Zapewnienie niezawodności zasilania elektrycznego potrzeb własnych | 47 |

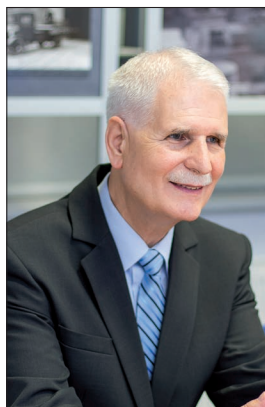
| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.3. Elementy funkcjonalne elektrowni jądrowej i ich część elektryczna. | 51 |
| 4.3.1. Wyspa jądrowa. | 51 |
| 4.3.2. Wyspa turbinowa. | 53 |
| 4.3.3. Wyprowadzenie mocy. | 56 |
| 4.3.4. Pozostałe części infrastruktury elektrowni. | 56 |
| 4.4. Wymagania specjalne dla komponentów i urządzeń elektrycznych przeznaczonych do pracy w elektrowniach jądrowych. | 56 |
| 4.4.1. Kable. | 57 |
| 4.4.2. Rozdzielnice średnich i niskich napięć. | 58 |
| 4.4.3. Transformatory. | 62 |
| 4.4.4. Agregaty prądotwórcze z silnikami wysokoprężnymi. | 63 |
| 5. Wymagania techniczne dla części elektrycznej elektrowni jądrowej według dokumentów prawnych, normalizacyjnych i doradczych. | 67 |
| 5.1. Wprowadzenie. | 67 |
| 5.2. Prawo atomowe oraz inne ustawy i rozporządzenia. | 68 |
| 5.3. Poziom drugi - wytyczne dozoru jądrowego. | 70 |
| 5.4. Poziom trzeci – zalecenia MAEA i WENRA dotyczące podstaw bezpieczeństwa w energetyce jądrowej. | 71 |
| 5.5. Poziom czwarty – standardy szczegółowe MAEA, ISO, EUR i EPRI. | 72 |
| 5.6. Poziom piąty – specjalne standardy, normy i kodeksy stosowane w energetyce jądrowej. | 75 |
| 5.6.1. Standardy jądrowe IEC. | 75 |
| 5.6.2. Francuski standard jądrowy AFCEN RCC-E. | 76 |
| 5.6.3. Amerykańskie standardy jądrowe IEEE. | 78 |
| 5.6.4. Niemieckie, kanadyjskie i rosyjskie standardy jądrowe. | 79 |
| 5.7. Poziom szósty – konwencjonalne standardy techniczne dla urządzeń i układów elektrycznych elektrowni jądrowej. | 79 |
| 5.8. Poziom siódmy – dobre praktyki przemysłowe. | 81 |
| 6. Wytyczne i rekomendacje o charakterze organizacyjnym dla polskich firm chcących uczestniczyć w projektach energetyki jądrowej ze szczególnym uwzględnieniem wymagań dotyczących systemów zapewnienia i kontroli jakości. | 83 |
| 6.1. Polityka organizacyjna. | 83 |
| 6.2. Polityka zarządzania projektowego, zapewnienia i kontroli jakości. | 84 |
| 6.3. Zarządzanie zasobami ludzkimi. | 89 |
| 6.4. Kondycja ekonomiczno-finansowa. | 91 |
| 6.5. Doświadczenie. | 92 |
| 6.6. Zapewnienie możliwości kwalifikowania produkowanych urządzeń dla potrzeb elektrowni jądrowej. | 92 |
| 7. Ścieżka podniesienia kompetencji polskich firm w zakresie wykonania systemów elektrycznych w obiektach energetyki jądrowej na świecie i w Polsce. | 95 |
| Podsumowanie. | 95 |
| Piśmiennictwo – Wykaz źródeł. | 97 |

Załączniki

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Załącznik A – Standardy Bezpieczeństwa Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej – IAEA dotyczące układów elektrycznych oraz AKPiA elektrowni jądrowych | 99 |
| Załącznik B – Standardy jądrowe ISO..... | 105 |
| Załącznik C – Wybrane normy EUR dotyczące układów elektrycznych elektrowni jądrowej | 107 |
| Załącznik D – Standardy EPRI – URD i dokumenty pokrewne. | 113 |
| Załącznik E – Normy jądrowe i konwencjonalne IEC..... | 115 |
| Załącznik F – Kod AFCEN RCC-E | 145 |
| Załącznik G – Normy IEEE odnoszące się do części elektrycznej, układów pomiarowych oraz AKPiA elektrowni jądrowej..... | 163 |
| Załącznik H – Normy jądrowe niemieckie KTA i DIN dotyczące zagadnień układów elektrycznych, pomiarowych, oprogramowania komputerowego oraz AKPiA elektrowni jądrowej | 175 |
| Załącznik I – Normy jądrowe kanadyjskie CSA N dotyczące zagadnień układów elektrycznych, pomiarowych, oprogramowania komputerowego oraz AKPiA elektrowni jądrowej | 181 |
| Załącznik J – Normy jądrowe rosyjskie GOST dotyczące zagadnień układów elektrycznych, pomiarowych, oprogramowania komputerowego oraz AKPiA elektrowni jądrowej | 185 |

SŁOWO WSTĘPNE

Szanowni Czytelnicy,



Energia elektryczna warunkuje możliwości rozwoju cywilizacji technicznej, zarówno w skali globalnej jak i lokalnej. Dostrzegając wagę tego problemu Stowarzyszenie Elektryków Polskich zorganizowało w dniach 1–2 grudnia 2014 roku II Kongres Elektryki Polskiej pod honorowym patronatem Prezydenta Rzeczypospolitej Polskiej i patronatem merytorycznym Wicepremiera i Ministra Gospodarki. Współorganizatorami Kongresu byli: Politechnika Warszawska, Wojskowa Akademia Techniczna, Naczelna Organizacja Techniczna i Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego.

Kongres podjął decyzję o przygotowaniu studium strategicznego w formie raportu „Energia elektryczna dla pokoleń”. Ten najważniejszy dokument pokongresowy został zaprezentowany podczas Debaty podsumowującej II KEP 11 kwietnia 2016 roku, a następnie na XXV Kongresie Techników Polskich i III Światowym Zjeździe Inżynierów Polskich, które odbyły się w dniach 16–18.06.2016 r. we Wrocławiu. W Raporcie wyraźnie wskazano na konieczność budowy w Polsce elektrowni jądrowej. Zainteresowanych Czytelników zachęcam do zapoznania się z pełną treścią Raportu, która dostępna jest na stronie internetowej SEP – www.sep.com.pl.

Budowa dużej systemowej elektrowni jądrowej wyposażonej w od dwóch do czterech bloków o mocy elektrycznej rzędu od 1 GW do 1,5 GW każdy, bazując na nowoczesnych technologiach reaktorów energetycznych trzeciej generacji, byłaby ze wszech miar pożądana, przyczyniając się do zmniejszenia ilości emitowanych do atmosfery substancji szkodliwych – dwutlenku węgla, a także tlenków siarki i azotu oraz pyłów.

Energetyka jądrowa wraz ze źródłami energii odnawialnej – takimi jak elektrownie wiatrowe i fotowoltaiczne, daje zatem szansę na stworzenie

nowego kształtu polskiego miks energetycznego na nadchodzące dziesięciolecie XXI wieku.

Sprawa możliwości i perspektyw zaangażowania krajowych przedsiębiorstw przemysłowych w projekty energetyki jądrowej w kraju i za granicą jest zadaniem strategicznym. Polski przemysł ma doświadczenie w budowie infrastruktury dla energetyki jądrowej. Chciałbym przypomnieć, że polskie firmy uczestniczyły w realizowanych za granicą kontraktach w obszarze energetyki jądrowej, m.in. w budowie Elektrowni Jądrowej Olkiluoto 3 w Finlandii. Nasze firmy oferują nie tylko swój potencjał wykonawczy do prac montażowych i instalacyjnych w procesie integracji systemów elektrowni jądrowych, ale również eksportują produkty elektrotechniczne i elektroniczne na najwyższym światowym poziomie pod względem jakości i niezawodności.

W imieniu Stowarzyszenia Elektryków Polskich, największej w kraju branżowej organizacji inżynierskiej o blisko 100-letniej historii, oddajemy niniejszą publikację w ręce Czytelników – przedstawicieli krajowego przemysłu elektrotechnicznego. Jej zadaniem jest syntetyczny opis zbioru wytycznych stanowiących pomoc dla przedsiębiorstw w przygotowaniach do udziału w projektach energetyki jądrowej w kraju i za granicą. Jednocześnie dziękujemy za pomoc w wydaniu niniejszej publikacji Ministerstwu Energii, które aktywnie wspiera inicjatywy służące aktywizacji przemysłu krajowego w pracach na rzecz rozwoju polskiej energetyki.



dr inż. Piotr Szymczak
Prezes Stowarzyszenia Elektryków Polskich

**UDZIAŁ POLSKICH PRZEDSIĘBIORSTW
PRZEMYSŁOWYCH W REALIZACJI
PROJEKTU NIEUKOŃCZONEJ
ELEKTROWNI JĄDROWEJ ŻARNOWIEC
W LATACH 1982–1991**

Entuzjazm towarzyszący pierwszemu okresowi rozwoju praktycznego wykorzystania energii jądrowej w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych XX stulecia obecny był również w Polsce. Znakomici naukowcy skupieni w Instytucie Badań Jądrowych w Świerku położyli wówczas podwaliny pod pierwsze poważne prace zmierzające w kierunku budowy energetyki jądrowej w naszym kraju. Jak najszerzy udział przedsiębiorstw polskiego przemysłu w projekcie pierwszych polskich elektrowni jądrowych był wówczas oczywisty. Podobnie jak w innych krajach bloku wschodniego: Czechosłowacji, Węgrzech, NRD i Bułgarii także w Polsce źródłem technologii reaktorowej miał być radziecki przemysł jądrowy.

Decyzja o lokalizacji pierwszej elektrowni jądrowej zapadła już w grudniu 1972 r. – na początku gierkowskiej „dekady sukcesu”, ale na faktyczne rozpoczęcie prac przyszło poczekać kolejnych 10 lat. Trudno jest wytłumaczyć, skąd wzięło się to opóźnienie gdyż inne kraje tzw. obozu socjalistycznego rozpoczęły budowę swych pierwszych elektrowni jądrowych już w pierwszej połowie lat siedemdziesiątych. Być może nie bez wpływu na odkładanie budowy EJ Żarnowiec było także uzależnienie polskiej energetyki od bogatych złóż węgla kamiennego i brunatnego oraz realizowanie w latach 1970–1980 forsownego programu budowy elektrowni węglowych. Nieco światła na kulisy decyzji o blokowaniu rozpoczęcia polskiego programu budowy elektrowni jądrowych w latach siedemdziesiątych rzuca wypowiedź Edwarda Gierka, pierwszego sekretarza KC PZPR w latach 1970–80. W opublikowanym w latach dziewięćdziesiątych książkowym wywiadzie Janusza Rolickiego pt. „Edward Gierek: przerwana dekada” stwierdził on, że decyzji o zakupie w ZSRR ówczesnej technologii reaktorów energetycznych zdecydowanie przeciwny był premier Piotr Jaroszewicz, przekonany o niedoskonałości urządzeń oferowanych przez ZSRR

krajom socjalistycznym. Jaroszewicz uważał podobno, że pierwsze generacje urządzeń powstających w przemyśle radzieckim są z reguły bardzo niedoskonałe i warto jest poczekać aż pojawi się ich druga a nawet trzecia generacja*.

Uchwała Rady Ministrów PRL kierowanej przez gen. Wojciecha Jaruzeńskiego w sprawie budowy **Elektrowni Jądrowej Żarnowiec** (Rys. 1) nad brzegiem Jeziora Żarnowieckiego (ok. 45 km na pn.-zach. od Gdyni, w miejscu zlikwidowanej wsi Kartoszyno) została podjęta w drugim miesiącu stanu wojennego: 18 stycznia 1982 r. W jej sąsiedztwie w latach 1973–1983 zbudowano elektrownię szczytowo-pompową, która w założeniu współpracować miała w ramach krajowego systemu elektroenergetycznego z powstającą tu elektrownią jądrową i systemową stacją elektroenergetyczną wysokich napięć tworząc razem **Zespół Energetyczny Żarnowiec**. Niecałe dwa lata później 31 grudnia 1983 r. rząd podjął Uchwałę nr 206 o planowanym terminie oddania do eksploatacji dwóch pierwszych bloków EJ Żarnowiec: odpowiednio w grudniu 1990 r. i grudniu 1991 r. Kolejną inwestycją w energetykę jądrową lat późnego PRL-u stać się miała EJ Warta zlokalizowana w miejscowości Klempicz, pomiędzy Poznaniem a Piłą.

Elektrownia jądrowa w Żarnowcu miała docelowo składać się z czterech bloków o jednostkowej mocy elektrycznej 440 MW, każdy z reaktorem wodnym-ciśnieniowym typu WWER-440 (WWER – ros. *Водо-водяной энергетический реактор*), projektu radzieckiego, jakkolwiek wyprodukowanych w czechosłowackich zakładach Škoda. Radzieckie przedsiębiorstwo ATOMTIEPLOENERGOPROJEKT z Leningradu pełniło rolę doradcą w realizacji projektu.

Podstawowy projekt elektrowni powstał w **Głównym Biurze Studiów i Projektów Energetycznych ENERGOPROJEKT** w Warszawie. Firma ta pełniła rolę generalnego projektanta i koordynowała całość prac projektowych. W jej pracowniach zaprojektowano maszynownię, układ wody chłodzącej,

* Przyczyną opóźnienia było również to, że polscy eksperci nie chcieli budować reaktorów WWER I pokolenia, które nie miały obudowy bezpieczeństwa i wymaganych układów chłodzenia awaryjnego. Polacy zdecydowali się na zakup elektrowni jądrowej w ZSRR dopiero wtedy, gdy Rosjanie podjęli dostawę ulepszonych reaktorów dla Finlandii. Natomiast inne kraje socjalistyczne kupowały od ZSRR reaktory I generacji, nie zważając na ich braki. Dlatego, gdy Polska zwróciła się do ZSRR o dostawę reaktora, Rosjanie wcale się nie spieszyli, aby „niepokornym” Polakom dostarczyć szybko technologię jądrową. Miało to i dobrą stronę: projekt EJ Żarnowiec był przygotowany później niż projekty elektrowni jądrowych w EJ Dukovany (Czechy), Paks (Węgry) i Mochovce (Słowacja). W rozwiązaniach Żarnowca były wprowadzone wszystkie dobre cechy tych poprzednich elektrowni i kilka dalszych ulepszeń. Dlatego możemy z całą pewnością stwierdzić, że skoro EJ Mochovce doprowadzono do stanu spełniającego wszystkie wymagania bezpieczeństwa (a kontrolowała je bardzo starannie Austria) to i budowę EJ Żarnowiec można było dokończyć.



Rysunek 1. Makieta Elektrowni Jądrowej Żarnowiec – etap pierwszy, po ukończeniu 2 bloków WWR-440 [Narodowe Centrum Badań Jądrowych]

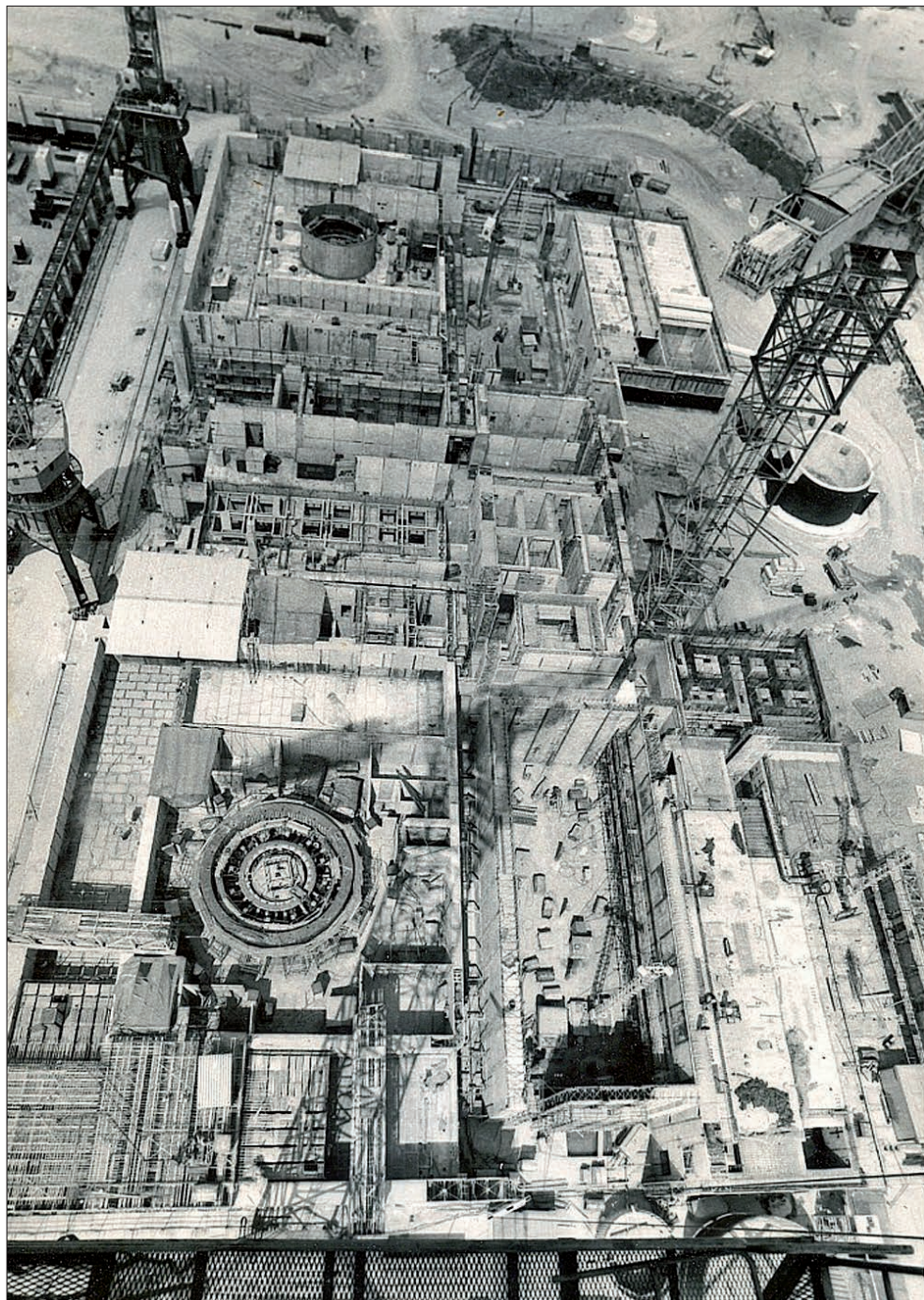
układy elektryczne bloku, układy aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki, obiektów pomocniczych i budowli hydrotechnicznych. Warszawski ENERGOPROJEKT opracował również raport bezpieczeństwa dotyczący całości obiektu jądrowego. W projektowaniu wzięły udział także inne krajowe biura projektowe: **ENERGOPROJEKT Gdańsk**, który wykonał adaptację radzieckiej dokumentacji do warunków polskich oraz **ENERGOPROJEKT Kraków**, gdzie powstał projekt wyprowadzenia mocy z EJ Żarnowiec. Projektem i wykonawstwem układów aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki zajęło się **Centrum Naukowo Produkcyjne Automatyki Energetycznej** oraz **Instytut Automatyki Systemów Energetycznych z Wrocławia**. Istotną rolę odegrały również współpracujące z polskimi projektantami radzieckie biura ORGENERGOSTROJ z Odessy i Kijowa, wspomagające w zakresie opracowania technologii i organizacji budowy elektrowni.

Wiosną 1982 r. plac budowy został oficjalnie przekazany generalnemu wykonawcy EJ Żarnowiec – **Przedsiębiorstwu Realizacji Budownictwa Energetycznego i Eksportu ENERGOBUD** z Warszawy. Do realizacji robót budowlanych na obiekcie przystąpiło wkrótce **Przedsiębiorstwo Budowy Elektrowni i Przemysłu ENERGOBLOK-WYBRZEŻE** z siedzibą w Gdyni. Montaż mechaniczny obiektu powierzono **ENERGOMONTAŻOWI-PÓLNOC** z Gdyni zaś elektryczny **Przedsiębiorstwu Montażu Elektrycznego ELEKTROBUDOWA** z Katowic.

Generalnym dostawcą odpowiedzialnym za kompletację i koordynację dostaw oraz prowadzenie gospodarki magazynowej było **Przedsiębiorstwo Projektowania i Kompletacji Dostaw Obiektów Energetycznych MEGAD-DEX**. Z kolei za import urządzeń i wyposażenia z zagranicy odpowiedzialne było **Polskie Towarzystwo Handlu Zagranicznego ELEKTRIM**.

Większość kluczowych elementów części konwencjonalnej bloków EJ Żarnowiec miała być dostarczona przez ok. 70 producentów krajowych. Lista dostaw obejmowała między innymi:

- stabilizatory ciśnienia dla wszystkich czterech bloków i wytwornice pary dla bloków 3 i 4 z **Raciborskiej Fabryki Kotłów RAFAKO** w Raciborzu (wytwornice pary dla bloków 1 i 2 miały dostarczyć zakłady Škoda);
- turbiny parowe typu 4K-465 z **Zakładów Mechanicznych ZAMECH im. gen. Karola Świerczewskiego** w Elblągu;
- generatory typu GTHW-600 z **Dolnośląskich Zakładów Wytwórczych Maszyn Elektrycznych DOLMEL** we Wrocławiu;
- transformatory blokowe z **Fabryki Transformatorów i Aparatury Trakcyjnej ELTA** w Łodzi;
- skraplacze z **Zakładów Urządzeń Przemysłowych (ZUP)** w Nysie;
- siłownie zasilania awaryjnego napędzane silnikami Diesla (o mocy elektrycznej 3 x 2,8 MW na każdy blok) z **Zakładów Urządzeń Technicznych (ZUT) „Zgoda”** w Świętochłowicach;
- wymienniki ciepła z **Fabryki Kotłów Przemysłowych FAKOP im. Rewolucji 1905 roku** z Sosnowca;
- rurociągi i armatura do rurociągów, głównie do układów gospodarki wodno-chemicznej z **Zakładów Urządzeń Chemicznych i Armatury Przemysłowej CHEMAR** w Kielcach;
- urządzenia stacji demineralizacji wody z **Zakładów ELWO** z Pszczyny;
- różne rodzaje i typy pomp z **Warszawskiej Fabryki Pomp i Krakowskiej Fabryki Pomp**;
- wentylatory z **Malborskiej Fabryki Wentylatorów MAWENT**;
- zbiorniki awaryjnego chłodzenia reaktora, zbiorniki kwasu borowego z **Zakładów Aparatury Chemicznej METALCHEM** w Opolu;
- badania laboratoryjne materiałów, w tym m.in. betonu miały być wykonywane przez **Przedsiębiorstwo Usług Technicznych Budowy Elektrowni OBREL** z Warszawy;
- przepusty kablowe odporne na wysokie ciśnienia i temperatury do montażu w obudowie bezpieczeństwa i na granicy stref w elektrowni jądrowej z **Fabryki Kabli** w Ożarowie Mazowieckim.



Rysunek 2. – Plac budowy EJ Żarnowiec na krótko przed przerwaniem prac w czerwcu 1989 r. [NCBJ]

W maju 1985 r. na budowie elektrowni odbyła się uroczystość wmurowania aktu erekcyjnego z udziałem lokalnych władz i przedstawicieli Północnego Okręgu Energetycznego. W listopadzie tego samego roku Prezes Państwowej Agencji Atomistyki wydał zezwolenie na budowę I etapu EJ Żarnowiec. Wkrótce rozpoczęto betonowanie płyty fundamentowej budynku reaktorów bloków 1 i 2 o wymiarach 144 x 75 x 2,4 m. Na budowie pracowało w szczytowym okresie w latach 1987–1988 ok. 6 tysięcy osób.

Katastrofa w radzieckiej elektrowni jądrowej w Czarnobyli w 1986 r. spowodowała wzrost negatywnego nastawienia części polskiego społeczeństwa wobec rozwoju energetyki jądrowej, a także budowy EJ Żarnowiec. Dodatkowo pogorszenie sytuacji gospodarczej kraju w latach 1988–89 spowodowało spowolnienie budowy. W lecie 1990 r. prace polegające głównie na zabezpieczeniu placu budowy prowadziło ok. 1000 pracowników. Protesty społeczne i niekorzystne opinie ekspertów (niejednokrotnie o co najmniej dyskusyjnej treści) spowodowały, że budowa została praktycznie wstrzymana. Jesienią 1989 roku stan zaawansowania niektórych prac sięgał ponad 90%. Zaawansowane były też dostawy urządzeń – w tym reaktorów jądrowych (Rys. 2).

Pomimo korzystnych dla kontynuowania inwestycji opinii niezależnych ekspertów, w tym m in. misji Międzynarodowej Komisji Energii Atomowej, atmosfera wokół projektu była coraz gorsza. 4 września 1990 r. rząd Tadeusza Mazowieckiego na wiosek ministra przemysłu Tadeusza Syryjczyka podjął decyzję o zaniechaniu budowy EJ Żarnowiec. Przedsiębiorstwo Elektrownia Jądrowa Żarnowiec w budowie zostało zlikwidowane, plac budowy porzucony i zalany wodami Jeziora Żarnowieckiego po wyłączeniu pomp odwadniających. Plac budowy elektrowni i obiektów towarzyszących nie został zabezpieczony ani zakonserwowany – większość z ponad 600 zbudowanych obiektów uległa zniszczeniu i rozszabrowaniu. Los EJ Żarnowiec pozostaje w ostrym kontraście z realizowaną w tym samym czasie bardzo podobną budową EJ Mochovce na Słowacji (również z reaktorami WWER-440). Jej budowę przerwano w 1991 r. wznowiono w drugiej połowie lat dziewięćdziesiątych uruchamiając pierwszy blok w 1998 r. i drugi w 2000 r. Nie zmieniając typu reaktorów Słowacy zastosowali nowoczesne układy bezpieczeństwa i obecnie rozbudowują elektrownię o kolejne dwa bloki tego samego typu (planowane ukończenie: trzeci blok w listopadzie 2018 r. oraz czwarty w sierpniu 2019 r.)

Losy polskich dostawców urządzeń, wyposażenia i robót wykonawczych dla EJ Żarnowiec z lat osiemdziesiątych ułożyły się w różny sposób w okresie transformacji ustrojowej i kolejnych dekadach, jakie po niej nastąpiły. Producenci turbin (ZAMECH), generatorów (DOLMEL)

i transformatorów (ELTA) w latach dziewięćdziesiątych zostali wykupieni przez międzynarodowy koncern ABB (ASEA Brown Boveri). Wyjście ABB z branży turbinowej w końcu lat dziewięćdziesiątych stało się początkiem stopniowego demontażu potężnego niegdyś zakładu w Elblągu, po którym obecnie pozostały jedynie warsztaty, bez kompetencji produkcji dużych turbozespołów na potrzeby energetyki zawodowej. We Wrocławiu produkcję maszyn elektrycznych, m.in. przeznaczonych dla elektrowni jądrowych w halach dawnego DOLMEL-u kontynuuje osobno Alstom Polska oraz firma DFME Sp. z o.o. Więcej szczęścia miała łódzka ELTA – producent transformatorów energetycznych i komponentów dla nich, która zajmuje obecnie liczącą się pozycję w strukturach przemysłowych korporacji ABB.

Część z wymienionych wyżej zakładów przejęli inni inwestorzy zagraniczni – FAKOP został wykupiony przez firmę Foster Wheeler, MAWENT przez Nyborg z Norwegii, ELWO przez Bilfinger.

Niektóre firmy znakomicie odnalazły się w otoczeniu gospodarki wolnorynkowej odnosząc znaczące sukcesy jak np. RAFAKO SA z Raciborza. Do dziś dobrze prosperują czołowe polskie firmy projektowe sektora energetycznego: ENERGOPROJEKT-WARSZAWA SA i ENERGOPROJEKT-KRAKÓW SA, a także wykonawcze: ENERGOBUD i ENERGOBLOK-WYBRZEŻE (ta ostatnia zlikwidowana w 2004 r.). Przedsiębiorstwo Usług Technicznych Budowy Elektrowni OBREL w Warszawie zamknięto jeszcze w 1992 r., Zakłady Urządzeń Przemysłowych Nysa zlikwidowano w 2002 r., a Zakłady Urządzeń Technicznych „Zgoda” w Świętochłowicach postawiono w stan upadłości w 2008 r. Kilka lat temu ich budynki rozebrano. Zakłady Aparatury Chemicznej METAL-CHEM w Opolu upadły po zniszczeniach odniesionych w powodzi w 1997 r.

Podsumowując – krajowy przemysł zachował w dalszym ciągu bardzo dużą część posiadanych w latach osiemdziesiątych kompetencji do realizacji projektu jądrowego, według obowiązujących wówczas wymagań i standardów, pomimo prowadzenia rabunkowej prywatyzacji po transformacji ustrojowej, chęci likwidacji, jak to wówczas określano, „państwowych molochów” przemysłowych czy po prostu ignorancji, krótkowzroczności i zwykłej głupoty decydentów. Z drugiej strony ówczesne firmy nie wytrzymują porównania z dzisiejszymi standardami jakości, nowoczesności i organizacji obowiązującymi we współczesnym przemyśle w Polsce.

Dużą stratą spowodowaną wstrzymaniem budowy EJ Żarnowiec i całego programu energetyki jądrowej, była utrata kadr wyszkolonych przez

krajowe uczelnie techniczne (m.in. w Politechnice Gdańskiej, Warszawskiej i Śląskiej) w latach sześćdziesiątych, siedemdziesiątych i osiemdziesiątych. Wielu znakomitych fachowców specjalizujących się w energetyce jądrowej przeszło do innych dziedzin techniki, wielu wyemigrowało. Obecnie ówczesni absolwenci zbliżają się do wieku emerytalnego.

Budowa EJ Żarnowiec odbywała się w innych niż obecnie realiach politycznych, technicznych i rynkowych. Energetyka jądrowa była w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych o tyle „łatwiejsza”, że realizowano ją jeszcze bez gorsetu ograniczeń, przepisów a także obaw społeczeństwa jakie pojawiły się po wypadkach w Czarnobylu i Fukushima. „Rozmięczone” państwo totalitarne jakim był schyłkowy PRL paradoksalnie zupełnie dobrze radziło sobie z wieloma problemami związanymi z realizacją dużego przedsięwzięcia infrastrukturalnego energetyki jądrowej. Inwestycja nie wytrzymała jednak nacisku spowodowanego zmianą ustroju w 1989 r. i rozhuśtanymi nastrojami społecznymi skierowanymi przeciw energetyce jądrowej po katastrofie w Czarnobylu.

DOŚWIADCZENIA POLSKICH FIRM PRZEMYSŁOWYCH Z UDZIAŁU W DOTYCHCZASOWYCH PROJEKTACH ENERGETYKI JĄDROWEJ ZA GRANICĄ

2.1. WPROWADZENIE

W latach osiemdziesiątych, równoległe do realizowanego w kraju programu budowy EJ Żarnowiec, polscy specjaliści pracowali na budowach elektrowni jądrowych w innych krajach bloku wschodniego: na Węgrzech, w Bułgarii i w Związku Radzieckim. Udział ekip polskich pracowników na budowach zagranicznych obiektów energetyki jądrowej byłych krajów socjalistycznych organizowany był głównie poprzez kontrakty **Przedsiębiorstwa Elektrowni i Urządzeń Przemysłowych (Biuro Eksportu) ENERGOEXPORT** z Warszawy. Zakres wykonywanych robót obejmował przede wszystkim prace budowlane oraz montaż mechaniczny i elektryczny. Poprzez **Polskie Towarzystwo Handlu Zagranicznego ELEKTRIM** dostarczane były również urządzenia produkowane przez przemysł krajowy.

2.2. ELEKTROWNIA JĄDROWA PAKS, WĘGRY

Jednym z obiektów budowanych w dużej części przez Polaków była Elektrownia Jądrowa Paks na Węgrzech – pierwszy i jak dotąd jedyny obiekt tego rodzaju w tym kraju. Jest ona wyposażona w 4 reaktory ciśnieniowo-wodne typu WWER-440, identyczne z przewidzianymi dla EJ Żarnowiec. Budowa EJ Paks rozpoczęła się w 1974 r. Polskie ekipy były wykonawcą dużego zakresu robót budowlanych, instalacji ciepłych oraz aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki. W latach 1982–1987 na budowie tej pracowało 250 pracowników katowickiej ELEKTROBUDOWY wykonując roboty montażowe instalacji elektrycznych reaktora i maszynowni bloków

nr 2, 3 i 4 wraz z pomiarami i udziałem w pracach rozruchowych. Mniej znaną ciekawostką związaną z EJ Paks jest to, że Węgrzy odkupili od Polski jeden z reaktorów wyprodukowanych dla Żarnowca i wykorzystują go dotąd do celów szkoleniowych.

2.3. ELEKTROWNIA JĄDROWA KOZŁODUJ, BUŁGARIA

Kolejnym obiektem jądrowym w byłych krajach socjalistycznych, na którym pracowali Polacy, była bułgarska Elektrownia Jądrowa Kozłoduj położona nad Dunajem. Budowa tej elektrowni rozpoczęła się już w 1970 r. Łącznie zbudowano w niej 6 bloków: 1–4 z reaktorami WWER-440 (ich eksploatacja już została zakończona, gdyż dalsza wzbudzała obawy w dziedzinie bezpieczeństwa i UE zażądała ich zamknięcia jako warunku członkostwa Bułgarii w tej organizacji) i 5–6 z reaktorami WWER-1000 (w dalszym ciągu pracują). EJ Kozłoduj zaspokoila większość potrzeb energetycznych stosunkowo słabo uprzemysłowionej Bułgarii. Na kontraktach na roboty budowlano-montażowe zawierane z przedsiębiorstwami ENERGOEXPORT i ELEKTRIM pracowały w Kozłoduju ekipy z 32 polskich przedsiębiorstw. ELEKTROBUDOWA z Katowic w latach 1985–1988 z grupą ponad 100 pracowników prowadziła roboty montażowe instalacji elektrycznych. Oprócz robót budowlano-montażowych do EJ Kozłoduj dostarczane były również elementy wyposażenia wyprodukowane w Polsce: agregaty prądotwórcze zasilania awaryjnego o mocy jednostkowej 6,3 MW produkcji Zakładu Urządzeń Technicznych „Zgoda” ze Świętochłowic (obecnie już nie istniejącego) oraz wymienniki ciepła z raciborskich zakładów RAFAKO. W 1997 r. trzy agregaty prądotwórcze ze Świętochłowic dostarczyła do Bułgarii firma ELEKTRIM z przeznaczeniem dla Elektrowni Jądrowej Belene, której budowę ostatecznie przerwano.

2.4. ELEKTROWNIA JĄDROWA CHMIELNICKA, UKRAINA, BYŁY ZSRR

Trzecim eksportowym placem budowy obiektu jądrowego w latach osiemdziesiątych była Elektrownia Jądrowa Chmielnicka na Ukrainie w byłym ZSRR. Budowa tej elektrowni rozpoczęła się w 1981 r. Według pierwotnych planów miała ona być wyposażona w 4 reaktory WWER-1000 (ostatecznie

udało się ukończyć tylko dwa pierwsze bloki). EJ Chmielnicka miała docelowo być połączona z systemem elektroenergetycznym Polski linią przesyłową 750 kV prowadzącą do stacji Widełka k. Rzeszowa. W budowie EJ Chmielnicka uczestniczyły ekipy z Polski, w tym z ELEKTROBUDOWY realizując między innymi węzeł zasilania potrzeb własnych na bloku nr 2 oraz montaż instalacji słaboprądowych i teletechnicznych siłami ok. 100 pracowników.

2.5. ELEKTROWNIA JĄDROWA OLKILUOTO 3, FINLANDIA

Wśród zagranicznych doświadczeń polskich firm w dziedzinie budowy obiektów energetyki jądrowej, już po transformacji ustrojowej przełomu lat osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych, niewątpliwie najbardziej poczesne miejsce zajmuje budowa Elektrowni Jądrowej Olkiluoto 3 nad Zatoką Botnicką w Finlandii. Nie posiadając własnych znaczących złóż surowców energetycznych, Finlandia stanęła w u progu obecnego stulecia przed wyborem – czy uzależniać się od importu energii elektrycznej i gazu ziemnego (dostarczanego przede wszystkim przez Rosję), czy też zbudować nowoczesną elektrownię jądrową, znacząco wzmacniającą bezpieczeństwo krajowego bilansu energetycznego. Decyzję o budowie poprzedził prawie sześcioletni okres przygotowawczy. Pełny cykl inwestycyjny nowej elektrowni jądrowej, wliczając w to okres przygotowawczy, oceniany był początkowo (zbyt optymistycznie) na 11 lat. Zdając sobie sprawę z oporu części społeczeństwa przed rozwojem tej gałęzi energetyki, postanowiono dobrze przygotować tę inwestycję pod względem wyboru lokalizacji i jej ewentualnego wpływu na środowisko naturalne. W parlamencie Finlandii dyskusje dotyczące tej inwestycji toczyły się w ośmiu komisjach. 24 maja 2002 roku decyzja strategiczna została ratyfikowana przez parlament. Następnie zapytano o zdanie społeczeństwo – w powszechnym referendum za budową nowej elektrowni jądrowej wypowiedziało się 55% obywateli Finlandii. Inwestorem nowego przedsięwzięcia jest firma TVO (fin. *Teollisuuden Voima Oy*) będąca prywatnym wytwórcą ok. 20% energii elektrycznej zużywanej w Finlandii. Jej właścicielami są fińskie przedsiębiorstwa przemysłowe – cztery z sektora publicznego i dwa z prywatnego. TVO posiada już dwa istniejące bloki jądrowe – Olkiluoto 1 i 2 zlokalizowane na wyspie o tej samej nazwie u zachodnich wybrzeży Finlandii



Rysunek 3. Kompleks elektrowni na wyspie Olkiluoto w Finlandii. Najbliżej z lewej – najnowszy, trzeci blok jądrowy z reaktorem Areva EPR, z prawej dwa starsze bloki 1 i 2 ze szwedzkimi reaktorami ASEA Atom BWR 880. W głębi elektrownia gazowa [TVO]

(nieco ponad 200 km na północny zachód od Helsinek), zbudowane w latach siedemdziesiątych z wykorzystaniem szwedzkich reaktorów BWR 880 MW każdy dostarczonych przez ówczesną firmę ASEA Atom (później w składzie koncernu ABB) (Rys. 3). TVO ma również 45% udziałów w elektrowni ciepłej (węglowej) Meri-Pori. 18 grudnia 2003 roku przedsiębiorstwo TVO podpisało z francusko-niemieckim konsorcjum firm Areva i Siemens liczącą ponad 3 tysiące stron umowę, na realizację w systemie „pod klucz” bloku elektrowni Olkiluoto 3 o mocy elektrycznej 1600 MW, z najnowszym reaktorem ciśnieniowo-wodnym typu EPR. Rocznie Olkiluoto 3 produkować ma 13 TWh (terawatogodzin), pracując średnio przez 8100 godzin/rok. Planowany okres eksploatacji elektrowni oceniany jest na 60 lat.

W budowę EJ Olkiluoto 3 w latach 2003–2016 zaangażowanych było około 700 podwykonawców z 60 krajów świata. Polacy stanowili na niej najliczniejszą grupę narodowościową – od 1000 do nawet 2000 pracowników, w zależności od natężenia robót. Przez 2 lata: od kwietnia 2008 r. do marca 2010 r. kierownikiem budowy (ang. *Responsible Site Supervisor / CW Site Manager on OL-3 Nuclear Project*) z ramienia firmy Areva NP GmbH był

Polak – inżynier **Zbigniew Wiegner**, absolwent Politechniki Warszawskiej (obecnie dyrektor konsorcjum budującego nowe bloki Elektrowni Opolo 2×900 MW).

Największą polską firmą pracującą na budowie EJ Olkiluoto 3 jest przedsiębiorstwo **ELEKTROBUDOWA SA** z Katowic, firma założona w 1953 r., która w minionych 63 latach zbudowała i uruchomiła część elektryczną w większości polskich elektrowni i elektrociepłowni. ELEKTROBUDOWA została zaangażowana w projekt EJ Olkiluoto 3 w 2008 r. jako podwykonawca niemieckiej firmy Areva NP GmbH, uzyskując w ramach kilku następujących po sobie umów na roboty budowlano-montażowe łączne zamówienia w wysokości ponad 100 milionów euro. Zakres prac ELEKTROBUDOWY związany był przede wszystkim z budową wyspy jądrowej a w tym: spawaniem konstrukcji wsporczych tras kablowych i układaniem kabli, instalowaniem urządzeń sterowniczych i pomiarowych, montażem rozdzielnic, podłączaniem kabli do rozdzielnic, silników itp. Prace montażowe wykonywane były zgodnie z wymaganiami zbiorów standardów jądrowych AFCEN RCC-M i RCC-E, a także właściwych norm jądrowych niemieckich i fińskich. W szczytowym punkcie prac ELEKTROBUDOWA miała na budowie Olkiluoto 3 ekipę złożoną z 550 pracowników. Wiosną 2015 r. ELEKTROBUDOWA podpisała umowę na wykonanie montażu instalacji elektrycznych, w tym kabli i urządzeń rozdzielczych, aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki oraz udziału w rozruchu dla części reaktorowej. Podpisany aneks zwiększył wówczas wartość netto robót o kwotę 23,59 mln euro, czyli ok. 98,46 mln zł. Łączna wartość netto prac ELEKTROBUDOWY na budowie Olkiluoto 3 wyniosła wówczas 103,79 mln euro, czyli ok. 433,21 mln zł. W kwietniu 2017 r. ELEKTROBUDOWA podpisała kolejne aneksy, które łączną wartość tego projektu zbliżyły do 146 mln euro.

Kolejnym polskim przedsiębiorstwem bardzo zasłużonym w budowie EJ Olkiluoto 3 jest **ENERGOMONTAŻ-PÓLNOC** z Gdyni, który jak już wspomniano w poprzednim rozdziale, pierwsze doświadczenia w projektach jądrowych zdobywał na budowie nieukończonej EJ Żarnowiec. Na potrzeby inwestycji w Finlandii ENERGMONTAŻ-PÓLNOC wykonał konstrukcję stalową osłony reaktora typu EPR. Konstrukcja ta służy zabezpieczeniu przed ewentualnym promieniowaniem lub wyciekiem substancji radioaktywnych, gdyby doszło do ich wydostania się z reaktora (przed czym chroni z kolei zbiornik reaktora o masie 526 ton wyprodukowany przez japońskie zakłady Japan Steel Works i Mitsubishi Heavy Industries).



Rysunek 4. Kopuła stanowiąca zwieńczenie obudowy reaktora dla EJ Olkiluoto 3 wyprodukowana przez ENERGMONTAŻ-PÓŁNOC rozpoczyna morską podróż z Polski do Finlandii [fot. ELEKTROMONTAŻ-PÓŁNOC]

Wyprodukowana w Polsce obudowa stanowi również szalunek od strony wewnętrznej budynku dla dwumetrowej warstwy żelbetonu, który daje wytrzymałość dla ścian i kopuły wieńczącej budynek reaktora. Konstrukcja stalowa ma średnicę 65 m, wysokość 46 m z łączną masę 880 ton z grubością ścianek 6 mm. Prace ENERGMONTAŻU-PÓŁNOC wykonywane były na zlecenie niemieckiej firmy Babcock Noell Nuclear GmbH.

Konstrukcja wykonywana była w Polsce w kilkusettonowych elementach prefabrykowanych i wysyłana drogą morską do Finlandii. Przy zleceniu pracowało ok. 50 pracowników ENERGMONTAŻU. Do wykonania elementów konstrukcji zużyto około 1000 ton stali. Osprzęt i oprzyrządowanie wymagało zużycia dodatkowych 500 ton. Część z tych elementów konstrukcji wykorzystano później na budowie w Finlandii. Największym elementem zamówienia było zwieńczenie osłony, czyli kopuła o średnicy 46 i wysokości 13 metrów, którą transportowano w całości do Finlandii na specjalnej barce morskiej (Rys. 4.). Do ustawienia tej ważącej 160 ton konstrukcji na zwieńczeniu budynku reaktora użyto na budowie dźwigu o nośności tysiąca ton (Rys. 5.). Według specjalistów ENERGMONTAŻU-PÓŁNOC wymagania techniczne oraz jakościowe były bardzo wysokie. Badaniom diagnostycznym poddano zarówno materiały stalowe użyte do wykonania tej konstrukcji jak i prawie wszystkie wykonane spoiny spawalnicze. Skomplikowana i czasochłonna, ze względu na charakter konstrukcji, była też procedura związana z odbiorami technicznymi jej poszczególnych elementów.

Kolejnym polskim przedsiębiorstwem pracującym na budowie EJ Olkiluoto3 jest **Zakład Techniczno-Budowlany POLBAU Sp. z o.o.** z Opolą. Firma ta była podwykonawcą niemieckiego koncernu Heitkamp Ingenieur



Rysunek 5. Montaż obudowy bezpieczeństwa reaktora na budowie EJ Olkiluoto 3 [Areva NP]

und Kraftwerksbau GmbH. Prace budowlane obejmowały początkowo wykonanie stanu surowego budynków maszynowni oraz pompowni. Doceniając jednak profesjonalizm firmy, w 2008 r. zlecono POLBAU kolejne prace budowlane – realizację całego pakietu tzw. obiektów towarzyszących wokół reaktora. Na skutek rozszerzenia przyjętych zleceń, a także ogromnego zakresu robót dodatkowych, początkowa wartość zlecenia została przekroczona ponad dziesięciokrotnie. Niezależnie od zleceń firmy Heitkamp, przy budowie elektrowni jądrowej POLBAU współpracował z fińską firmą LTR oraz francuskim koncernem Bouygues, zatrudniając przy budowie ok. 400 pracowników. Wartość zamówień POLBAU związanych z budową Olkiluoto 3 wyniosła ok. 50 milionów euro.

Kolejną polską firmą budowlaną: **FORMAT Urządzenia i Montaż Przemysłowe (UiMP) Sp. z o.o.** z siedzibą w Warszawie, wchodząca w skład grupy przemysłowej FORMAT-LAMBDA wykonała na budowie EJ Olkiluoto 3 w 2010 r. montaż 22 000 ton stali zbrojeniowej.

Innej dziedziny robót i dostaw na budowie EJ Olkiluoto 3 dotyczyły prace firmy **KMW Engineering Sp. z o.o.** – wykonawcy instalacji grzewczych, klimatyzacyjnych i wentylacyjnych z Solca Kujawskiego. Pierwsze

prace tej firmy na budowie w Finlandii rozpoczęły się w 2007 r., kiedy to w ramach konsorcjum z niemiecką firmą Brochier Power Systems GmbH, KMW Enginnering przystąpiło do przygotowania do realizacji systemów wentylacji w tym obiekcie. Kontrakt został podpisany 18 kwietnia 2007 r. i od maja tegoż roku KMW Engineering rozpoczęło przygotowanie dokumentacji montażowo-produkcyjnej. W listopadzie 2007 r. KMW Enginnering uzyskał dopuszczenie swej technologii produkcji kanałów wydane przez fińską agencję nadzoru jądrowego STUK Finland. Aby wykonać kanały dla obiektu jądrowego w Finlandii polska firma musiała zaprezentować swój system zarządzania jakością i produkcją głównemu zlecającemu – TVO i agencji STUK, odbyło się to w formie sprawdzenia tzw. *assessment file* – zbioru dokumentów przygotowanych przez KMW, jak i badań produkowanych przez firmę kanałów na wytrzymałość i szczelność. Na przełomie sierpnia i września 2008 r, w związku z pracami budowlanymi, pojawił się tam niewielki zespół, składający się z od 5 do 8 pracowników, który rozpoczął montaż klap przeciwpożarowych. Prace związane z procedurami, testami i ich zatwierdzeniem trwały około roku. W 2009 r. rozpoczął się zasadniczy, zaplanowany na 29 miesięcy, montaż instalacji. Wspólny z firmą Brochier Power Systems kontrakt obejmował wykonanie dokumentacji montażowej i produkcyjnej oraz dostawy i montaż przewodów wentylacyjnych, klap przeciwpożarowych oraz montaż kompletnej instalacji. Prawie cała instalacja odporna jest na drgania, jakie mogłyby powstać przy wstrząsach sejsmicznych, pozwalając na przetrwanie nawet przy przeciążeniach dochodzących do 7 g. W szczycie prac, który przypadł na 2011 rok, w Finlandii znajdowało się około 70 pracowników KMW – w tym 20 spawaczy i 12 osób w biurze. W sumie, przez 5 lat, przez budowę Olkiuto 3 przewinęło się ponad 180 pracowników KMW Enginnering. Prace zakończyły się w marcu 2014 r. W marcu 2015 r. nastąpiło przekazanie zamawiającemu zweryfikowanej dokumentacji powykonawczej.

Na uwagę zasługują również prace wykonane na EJ Olkiluoto 3 przez firmę **WaveNet Sp. z o.o.** z Pruszkowa. Na ich temat nie jest dostępne zbyt wiele danych, ze względu na klauzulę poufności obowiązującą dla kontraktu pomiędzy WaveNet Sp. z o.o. a głównymi wykonawcami: Siemens SBT i Areva NP. Wiadomo, że dostawy obejmowały wykonanie instalacji przeciwpożarowych, systemów kontroli dostępu, dźwiękowego systemu ostrzegawczego (system bezpieczeństwa przeznaczony do przekazu sygnałów ostrzegawczych oraz komunikatów głosowych) oraz systemu telewizji przemysłowej (CCTV).

2.6. ELEKTROWNIA JĄDROWA OSKARSHAMM, SZWECJA

W szwedzkiej elektrowni jądrowej **Oskarshamm** (trzy bloki: 1×494 MW; 1×664 MW i 1×1,450 MW zbudowane w latach 1965–1985) w okresie październik 2009 r. – sierpień 2011 r. pracowała ekipa katowickiej **ELEKTROBUDOWY SA**. Zakres prac dotyczył układów zasilania systemów ogrzewania i oświetlenia (System 831) na bloku 2 w ramach projektu PLEX realizowanego na zlecenie firmy Areva NP GmbH.

2.7. ELEKTROWNIA JĄDROWA FLAMANVILLE, FRANCJA

Polskie firmy zaangażowane były również w budowę drugiego w Europie bloku elektrowni jądrowej z reaktorem Areva EPR – Flamanville 3 w Normandii. Dwa pierwsze bloki należącej do Électricité de France (EDF) elektrowni Flamanville z reaktorami Framatome P4 1300 (2 × 1330 MW) zbudowane zostały w latach 1979–1987. W 2007 r. rozpoczęła się budowa bloku nr 3 z reaktorem EPR 1600 MW. Podobnie jak w Olkiluoto budowa ta uległa znacznemu opóźnieniu. Obecnie (2017 r.) trwają przygotowania do uruchomienia bloku zaplanowanego na koniec 2018 r.

Firma **Polimex-Mostostal SA** (Oddział w Rybniku obecnie ERBUD Industry Południe Sp z o.o.) na budowie bloku Flamanville 3 realizowała niewielki zakres prac związany z prefabrykacją i montażem rurociągów wtrysku kwasu borowego na zlecenie francuskiego oddziału Alstom (obecnie General Electric). Procedury bezpieczeństwa i procedury jakościowe były tak restrykcyjne, że czas wykonania poszczególnych prac wydłużał się czasem kilkakrotnie poza przyjęte oryginalnie ramy. Prace, które pierwotnie miały trwać rok, trwały ostatecznie trzy lata.

Energop Sp. z o.o. z Sochaczewa będąca spółką zależną Energomontażu-Północ SA z Gdyni, wykonała dla EJ Flamanville 3 konstrukcje stalowe podparć dla rurociągów o masie 304 ton. Wartość kontraktu wykonywanego na zlecenie firmy Ponticelli Freres SAO wyniosła 1,7 mln euro.

2.8. ZAKŁAD WZBOGACANIA URANU W PIERRELATE, FRANCJA

Polskie firmy zaangażowane są również w budowy elementów infrastruktury energetyki jądrowej poza samym elektrowniami. Przykładem takich właśnie prac są konstrukcje żelbetowe wykonywane w latach 2006–2008 przez firmę **ERBUD International Sp. z o.o.** z Torunia przy budowie zakładu wzbogacania uranu w Pierrelate we Francji.

2.9. DOSTAWY URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH POLSKIEJ PRODUKCJI DLA ELEKTROWNI JĄDROWYCH BUDOWANYCH W TECHNOLOGII ROSYJSKIEJ

Firma **APS Energia SA**, z siedzibą w Stanisławowie Pierwszym k. Warszawy, skutecznie weszła w ostatnich kilku latach na wschodnie rynki energetyki jądrowej, przede wszystkim w Rosji, na Białorusi i Ukrainie. Jej dostawy obejmowały urządzenia zasilające: prostowniki, prostowniki tyrystorowe, przetworniki, falowniki i łączniki statyczne. Urządzenia te charakteryzują się wysokimi parametrami technicznymi, gwarantującymi odporność na ekstremalnie trudne warunki środowiska, zarówno elektrycznego jak i otoczenia zewnętrznego. Systemy APS Energia dla elektrowni jądrowych zaprojektowane są z wykorzystaniem koncepcji rozproszonej topologii niezależnie działających elementów systemu: niezależne systemy sterowania każdej jednostki funkcjonalnej, niezależne systemy monitoringu pracy, wielopunktowe zasilanie napięć sterujących i pomocniczych, izolacja galwaniczna obwodów prądu stałego i przemiennego, specjalnie wzmocniona konstrukcja mechaniczna oraz specjalnie dobrane komponenty elektroniczne i elektryczne. Szczególnie istotna jest podwyższona odporność na zakłócenia związane z silnym polem elektromagnetycznym oraz wzmocnione obudowy o wysokiej wytrzymałości sejsmicznej.

APS Energia uzyskała wymagane na rynku rosyjskim dopuszczenia pozwalające na instalowanie i eksploatację wybranych urządzeń tej firmy w drugiej strefie bezpieczeństwa w elektrowni jądrowej (pierwsza strefa bezpieczeństwa oznacza pracę w bezpośrednim otoczeniu rdzenia reaktora). Urządzenia i systemy APS Energia zaprojektowane są zgodnie z technicznymi wymaganiami dla 2, 3 i 4 klasy bezpieczeństwa stosowanymi w energetyce jądrowej:



Rysunek 6. Urządzenia energoelektroniczne produkcji APS Energia przeznaczone dla rosyjskich elektrowni jądrowych [APS Energia]

- w klasie 2 i 3: prostowniki tyrystorowe typu PBI T; falowniki typów BFI i BFIZ; tyrystorowe łączniki statyczne typu SKB T; układy zasilania bezprzerwowego (UPS) przemysłowe BFIZ.
- w klasie 4: urządzenia tranzystorowe i tyrystorowe, składające się z falowników, prostowników i sprzętu dodatkowego (sterowniki). Urządzenia te produkowane są w wykonaniu modułowym (M, MC), wykonaniu małogabarytowym naściennym (CW) lub wolnostojącym (CS) oraz w wykonaniu w szafach przemysłowych (MS) (Rys. 6).

Dostawy APS Energia dla firmy Rosenergoatom rozpoczęły się w latach 2012–2015. Były one przeznaczone dla EJ Rostowska (bloki 3 i 4), EJ Kurska, EJ Bilibinska i EJ Balakowska. Klientami były również firmy NIAEP oraz Elektrobalt. W 2016 rozpoczęły się dostawy dla nowobudowanej EJ Białoruska w Ostrowcu na Białorusi dla firm UEMZ i Atomstrojeksport. We wrześniu 2017 r. APS Energia Rus – jedna ze spółek zależnych Grupy APS Energia – podpisała umowę ze spółką Rusatom Overseas (OOO PAOC) na dostawę falowników i prostowników produkcji APS Energia. Urządzenia będą służyły zabezpieczeniu pierwszego i drugiego

bloku EJ Kurskaja. Umowa przewiduje dostawy o łącznej wartości ok. 14,2 mln złotych w ciągu najbliższych 4 lat. Od 2017 r. realizowane są zamówienia dla firmy Energoatom dla EJ Rowienskaja na Ukrainie. W nadchodzących latach spodziewane są również dostawy urządzeń APS Energia dla projektów elektrowni jądrowych realizowanych przez rosyjski Atomstrojeksport w EJ Akkuyu w Turcji i EJ Hankikivi w Finlandii.

PRZYKŁADY TECHNOLOGII WSPÓŁCZESNYCH ENERGETYCZNYCH REAKTORÓW JĄDROWYCH

3.1. WPROWADZENIE

Większość współcześnie budowanych elektrowni jądrowych na świecie bazuje na nowych rozwiązaniach technicznych reaktorów energetycznych trzeciej generacji. Poniżej przedstawiono kilka przykładów technologii reaktorowych według stanu na drugą połowę 2017 r. (Tab. 1). Rozwiązania te to reaktory lekkowodne (LWR – ang. *Light Water Reactor*) trzeciej generacji, przede wszystkim typowe dla większości nowobudowanych bloków elektrowni jądrowych w Europie:

- **Reaktor wodny ciśnieniowy PWR** (ang. *Pressurized Water Reactor*) – czyli reaktor jądrowy, w którym moderatorem jest zwykła (lekka) woda pod ciśnieniem ok. 15 MPa, krążąca w dwóch obiegach: pierwotnym i wtórnym;
- **Reaktor wodny wrzący BWR** (ang. *Boiling Water Reactor*) – reaktor jądrowy moderowany i chłodzony wodą, cyrkulującą w jednym obiegu (w odróżnieniu od reaktora wodnego ciśnieniowego z dwoma obiegami wodnymi). Lekka woda chłodząca reaktor pełni jednocześnie funkcje moderatora i czynnika roboczego; wytworzona w reaktorze para jest kierowana do turbiny.

W obu powyższych konstrukcjach: PWR i BWR paliwem jądrowym jest słabo wzbogacony izotop uranu U235.

- Na uwagę zasługuje również: **Reaktor ciężkowodny HWR** (ang. *Heavy Water Reactor*) – w którym rolę moderatora i chłodziwa pełni ciężka woda (woda, w której znaczącą część atomów wodoru stanowi izotop wodoru – deuter).

Paliwem jądrowym reaktora ciężkowodnego może być naturalny uran lub uran słabo wzbogacony.

3.2. EPR (FRANCJA)

Dzisiejsza firma Areva Nuclear Power (oddział koncernu Areva z siedzibą w Courbevoie pod Paryżem) powstała w 2001 r. jako spadkobierczyni firmy Framatome (fr. *Franco-Américaine de Constructions Atomiques*) i dwóch innych przedsiębiorstw, jest współtwórcą wielkiego sukcesu francuskiego, państwowego programu energetyki jądrowej rozwijanego w sposób konsekwentny od pierwszego wielkiego kryzysu energetycznego lat 1973–74, na bazie technologii dostarczonej pierwotnie przez firmę Westinghouse z USA. Francja posiada obecnie 58 reaktorów energetycznych eksploatowanych przez jednego operatora – Électricité de France (EDF), o łącznej mocy elektrycznej 63,2 GW dostarczających rocznie blisko 420 mld kWh. Dzięki elektrowniom jądrowym Francuzi mają najtańszą energię elektryczną w Europie i są jej wielkim eksporterem (sprzedaż roczna na poziomie 3 mld euro). Areva NP jest obecnie również w pewnym sensie spadkobierczynią wstrzymanego obecnie niemieckiego (przed 1990 r. zachodnioniemieckiego) programu jądrowego z doświadczeniami firm takich jak np. Siemens. Ponad 100 reaktorów energetycznych wyprodukowanych przez Arewę stanowi aż 30% sumarycznej mocy wszystkich elektrowni jądrowych na całym świecie.

Obecnie flagowym wyrobem Arevy jest reaktor wodny ciśnieniowy generacji III+ typu EPR o mocy elektrycznej bloku 1650 MW i mocy cieplnej 4500 MW. Skrót EPR rozwijany jest zwykle jako ang. *European Pressurized Reactor* – Europejski Reaktor Ciśnieniowy (dla podkreślenia europejskiego, czytaj francusko-niemieckiego, pochodzenia produktu), choć na niektórych rynkach poza UE stosuje się określenie ang. *Evolutionary Power Reactor* – Ewolucyjny Reaktor Energetyczny, jeśli choćby ze względu na lokalne sojusze handlowe (np. w USA) niekorzystne jest podkreślanie jego europejskiego pochodzenia.

Reaktor EPR powstał na bazie doświadczeń projektowych, produkcyjnych i eksploatacyjnych francuskich reaktorów typu N4 produkowanych przez Framatome oraz KONVOI niemieckiego Siemens. Prace konstrukcyjne nad EPR rozpoczęły się w latach dziewięćdziesiątych XX w. W kolejnej dekadzie przystąpiono do jego komercjalizacji (Rys. 7).

Podstawowym paliwem reaktora EPR jest co prawda niskowzbożony (5%) uran U235, ale można w nim wykorzystywać także mieszane paliwo plutonowo-uranowe typu MOX, do produkcji którego wykorzystuje się między innymi pluton uzyskiwany z zakładów przerobu paliwa wypalonego lub pochodzący z likwidowanych arsenałów broni jądrowej.



Rysunek 7. Budowa EJ Flamanville 3 w Normandii [Areva NP]

Reaktor EPR charakteryzuje się bardzo wysokim poziomem bezpieczeństwa wynikającym z zastosowania zarówno pasywnych jak i aktywnych układów bezpieczeństwa. Należy do nich zaliczyć m.in. cztery niezależne awaryjne układy chłodzące, każdy zdolny do schłodzenia reaktora po odstawieniu połączonym z całkowitym zanikiem zasilania spoza elektrowni. Reaktor otoczony jest szczelnym dwuwarstwowym murem obudowy bezpieczeństwa mającym w założeniu zabezpieczyć go przed skutkami upadku dużego samolotu (np. atak terrorystyczny) czy też nagłego wzrostu ciśnienia wewnątrz reaktora. Kolejnym środkiem bezpieczeństwa jest specjalny, podziemny zbiornik do którego spłynąć może materiał stopionego rdzenia, gdyby doszło to tego rodzaju katastrofalnej awarii (Rys. 8).

Pierwszymi blokami elektrowni jądrowych z reaktorami EPR są Olkiluoto 3 (Finlandia) i Flamanville 3 (Francja), obecnie (2017 r.) praktycznie już ukończone a ich pełne uruchomienie spodziewane jest w 2018 r. Kolejne dwa reaktory EPR zostały zainstalowane w EJ Taishan w Chinach i mają zostać ukończone jeszcze w 2017 r. Kolejne dwa bloki z EPR powstać mają w najbliższych latach w EJ Hinkley Point C w Wielkiej Brytanii (początek budowy w 2019 r.). Projekt budowy bloku z EPR w EJ Paluel we Francji został zarzucony. Areva NP zabiega o sprzedaż reaktorów EPR poza Europę – do Chin, Indii i USA. W budowie EJ Olkiluoto 3 i EJ Flamanville 3 wystąpiły duże opóźnienia, wynikające z prototypowego charakteru pierwszych blo-



Rysunek 8.
Przekrój bloku elektrowni jądrowej
z reaktorem EPR firmy Areva
[Areva NP]

ków z reaktorami typu EPR. Dla usprawnienia realizacji kolejnych, nowych projektów elektrowni jądrowych, rząd francuski dokonał w połowie 2017 r. reorganizacji przemysłu jądrowego, powierzając budowę wszelkich bloków jądrowych firmie EDF, a produkcję paliwa jądrowego firmie Areva.

3.3. AP1000 (USA)

Westinghouse Electric Company z siedzibą w Cranberry Township w Pensylwanii w USA należąca do międzynarodowej grupy przemysłowej Toshiba Corporation, jest jednym z pionierów w dziedzinie wykorzystania energii jądrowej do wytwarzania energii elektrycznej i jednym z głównych dostawców produktów i technologii dla elektrowni jądrowych na całym świecie. W 1957 r. w Shippingport (Pensylwania, USA) firma oddała do użytku swój pierwszy na świecie reaktor wodny ciśnieniowy.

Obecnie technologia firmy Westinghouse jest podstawą działania około 50% eksploatowanych na świecie elektrowni jądrowych, w tym około 60% elektrowni w USA. AP w nazwie reaktora to skrót od ang. *Advanced Passive reactor*. Jego konstrukcja stanowi dalszy rozwój poprzedniej konstrukcji AP600. Blok zbudowany z wykorzystaniem reaktora AP1000 ma elektryczną moc znamionową 1100 MW. Jego budowa trwa normalnie ok. trzech lat a okres eksploatacji oceniany jest na 60 lat. Technologia reaktora Westinghouse AP1000, bazuje na doświadczeniach firmy Westinghouse wynikających ze skumulowanych 2500 lat pracy wszystkich reaktorów energetycznych (w tym głównie reaktorów energetycznych PWR drugiej generacji) tego producenta zainstalowanych na całym świecie. Reaktor odznacza się budową modułową z możliwością wykorzystania standardowych elementów wyprodukowanych przez lokalnych poddostawców. Konstrukcja bloku elektrowni z reaktorem AP1000 odznacza się wysoką



Rysunek 9. Wygląd zewnętrzny bloku elektrowni z reaktorem Westinghouse AP1000 [Westinghouse Electric]

ekonomicznością budowy i utrzymania w ruchu. Przy budowie bloku zużywane są mniejsze ilości betonu i stali niż w dawniej realizowanych blokach z reaktorami drugiej generacji (Rys. 9). Blok z AP1000 ma również mniej komponentów i układów. Jest zatem mniej elementów wymagających instalacji, kontroli i zarządzania. Koszty budowy bloku AP1000 w krajach zachodnich oceniane są przez ekspertów na ok. od 4500 do 6000 USD na kilowat mocy zainstalowanej. W krajach Dalekiego Wschodu – Chiny, Korea Południowa – są około dwukrotnie niższe.

Reaktor AP1000 zbudowany jest w oparciu o filozofię bezpieczeństwa pasywnego, tj. korzysta się w nim z rozwiązań opartych na działaniu sił grawitacji, naturalnej cyrkulacji czynnika chłodzącego, kondensacji i konwekcji, co daje większą pewność działania i uniezależnia od zewnętrznych źródeł zasilania w sytuacji poważnej awarii. AP1000 wyposażony jest w układ awaryjnego chłodzenia rdzenia złożony z: układu awaryjnego odprowadzania ciepła powyłaczeniowego, układu awaryjnego wtrysku wody borowej i układu awaryjnego schładzania wnętrza budynku reaktora (Rys. 10). Końcowym rozpraszaczem ciepła dla bloku AP1000 jest otaczające powietrze atmosferyczne.

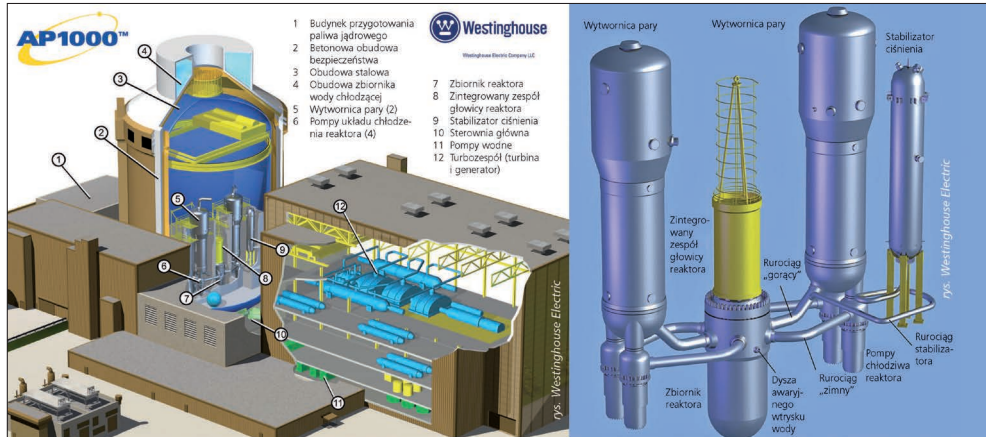
Blok elektrowni z reaktorem AP1000 może być bezpiecznie wyłączony i odstawiony w stan działania całkowicie autonomicznego na okres 7 dni, polegając na pracy dwóch wzajemnie rezerwujących się agregatów prądotwórczych każdy o mocy 4 MW, bez konieczności dostawy paliwa (oleju napędowego) i innych dostaw spoza elektrowni. Baterie akumulatorów zapewniają dostawę energii dla układów prądu stałego przez czas do 72 godzin (3 doby). W przypadku pełnej utraty zasilania elektrycznego układ pasywnego chłodzenia obudowy bezpieczeństwa zapewnia bezpieczeństwo reaktora również przez 72 godziny.

AP1000 ma już od dłuższego czasu certyfikat amerykańskiej Komisji Dozoru Jądrowego (NRC). Ponadto organizacja European Utility Requirements (EUR) potwierdziła zgodność reaktora AP1000 ze swoimi wytycznymi, co pozwala na wdrażanie tej technologii w Europie.

Konsorcjum Westinghouse/Shaw buduje obecnie cztery bloki z reaktorami AP1000 w Chinach: dwa w EJ Sanmen w prowincji Zhejiang i dwa w EJ Haiyang w prowincji Shandong. Blok 1 elektrowni Sanmen będzie prawdopodobnie pierwszym pracującym blokiem z reaktorem AP1000. Jego uruchomienie oczekiwane jest w 2017 r. (opóźnienie ok. 3 lat wobec pierwotnego harmonogramu). Pierwsze cztery bloki AP1000 w Chinach budowane są jeszcze według wcześniejszej dokumentacji nie przewidującej zastosowania wzmocnionej obudowy bezpieczeństwa, odpornej na uderzenie dużego samolotu transportowego. Chiny oficjalnie przyjęły standard bloku z reaktorem AP1000 dla wszystkich elektrowni zlokalizowanych w głębi lądu – z dala od wybrzeża morskiego. Kolejnymi elektrowniami z AP1000 mają być EJ Dafan w prowincji Hubei, EJ Taohuajiang w Hunan i EJ Pengze w Jiangxi. W 2014 r. zakłady China First Heavy Industries wyprodukowały własnymi siłami pierwszy licencyjny zbiornik reaktora AP 1000 przeznaczony dla drugiego bloku EJ Sanmen. Docelowa liczba bloków elektrowni z tym typem reaktora w Chinach może dojść w kolejnych dziesięcioleciach nawet do około 100.

Kolejne cztery, identyczne bloki AP1000 miały powstać w Stanach Zjednoczonych: dwa w elektrowni Alvin W. Vogtle Electric Generating Plant (bloki 3 i 4) (Rys. 11), w hrabstwie Burke County w pobliżu Waynesboro w stanie Georgia oraz dwa w elektrowni Virgil C. Summer Nuclear Generating Station (bloki 2 i 3) w pobliżu Jenkinsville w Karolinie Południowej.

W marcu 2017 r. firma Westinghouse Electric Company, złożyła wniosek o ogłoszenie upadłości z powodu 9 miliardów dolarów strat poniesionych na dwóch wyżej wymienionych amerykańskich projektach budowy



Rysunek 10. Przekrój bloku z reaktorem AP1000 (z lewej) i jego konstrukcja urządzeń obiegu pierwotnego [Westinghouse Electric]

nowych bloków elektrowni jądrowych. Rząd Stanów Zjednoczonych przyznał 8,3 mld USD gwarancji pożyczkowych na finansowanie kontynuacji dwóch bloków budowy EJ Vogtle przez przedsiębiorstwo energetyczne Southern Nuclear. 31 lipca 2017 r. po wykonaniu szczegółowej analizy kosztów firma South Carolina Electric and Gas zdecydowała o zamknięciu budowy EJ Summer 2 i 3 uznając jej kontynuację za nieopłacalną.

30 czerwca 2014 r. firma Westinghouse Electric Company otrzymała zamówienie na budowę 7 bloku elektrowni w Kozłoduju w Bułgarii wykorzystującej reaktor AP1000. Wartość kontraktu wynosi ok. 5 mld. USD. Rozważana była budowa elektrowni w Moorside w pobliżu Sellafield w Wielkiej



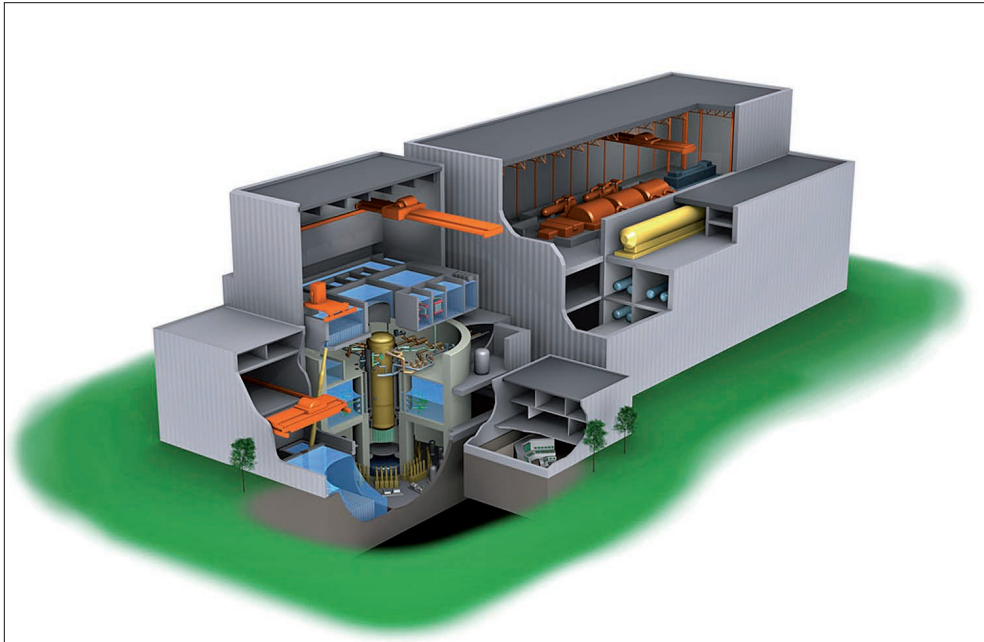
Rysunek 11. Budowa elektrowni Alvin W. Vogtle Electric Generating Plant w stanie Georgia w USA [Westinghouse Electric]

Brytanii wyposażonej w 3 reaktory AP1000. W czerwcu 2016 r. Stany Zjednoczone podpisały z Indiami porozumienie o planowanej budowie 6 bloków z reaktorami AP1000 w tym kraju.

3.4. ABWR / ESBWR (USA, JAPONIA)

Amerykańsko-japońskie konsorcjum od lat specjalizujące się w produkcji reaktorów wrzących typu BWR – firma General Electric Hitachi Nuclear Energy (GEH) z siedzibą w Wilmington w stanie Karolina Północna w USA jest dostawcą nowoczesnych reaktorów jądrowych i innych produktów i usług z dziedziny energetyki jądrowej. Firma GEH wyspecjalizowała się w rozwoju technologii reaktora wodnego wrzącego (BWR), opracowanej i konsekwentnie wdrażanej przez General Electric od połowy lat pięćdziesiątych ubiegłego stulecia. Najnowszym produktem tej amerykańsko-japońskiej współpracy, jest reaktor ESBWR (ang. *Economic Simplified Boiling Water Reactor* – Ekonomiczny Uproszczony Reaktor Wodny Wrzący), zbudowany na bazie doświadczeń z poprzedniej konstrukcji ABWR (ang. *Advanced Boiling Water Reactor*) powstałej w Japonii na początku lat dziewięćdziesiątych.

Reaktor ESBWR (Rys. 12) zbudowany jest zgodnie z zasadą bezpieczeństwa pasywnego tzn. może pracować bez wykorzystania jakichkolwiek pomp, co znakomicie podwyższa jego niezawodność i bezpieczeństwo, zmniejszając również koszty konstrukcji. Wykorzystuje on naturalną cyrkulację chłodziwa wewnątrz zbiornika reaktora. Nie ma konieczności wykorzystywania pomp cyrkulacyjnych i połączonych z nimi rurociągów, dodatkowych źródeł zasilania, wymienników ciepła oraz urządzeń pomiarowych i sterujących dla tych układów. Układy bezpieczeństwa są pasywne, czyli nie wymagają zasilania w energię elektryczną, ani doprowadzania dodatkowej ilości wody przez ponad trzy dni, „w dowolnych warunkach awaryjnych”. Jest to możliwe dzięki wykorzystaniu w nich zjawisk fizycznych (siła grawitacji, konwekcja naturalna lub zmiana właściwości niektórych materiałów wraz z temperaturą). Takie układy według ekspertów są niezawodne – nie mogą ulec zablokowaniu ani uszkodzeniu. Ocenia się, że pod względem współczynnika ryzyka, związanego z uszkodzeniem rdzenia reaktora w przypadku poważnej awarii, ESBWR jest ponad 200 razy bezpieczniejszy od jakichkolwiek reaktorów kategorii PWR.



Rysunek 12. Przekrój bloku z reaktorem ESBWR [General Electric Hitachi]

Jednakże w reaktorze ESBWR tak jak i we wszystkich innych reaktorach wodnych wrzących, woda przepływająca przez rdzeń wydostaje się w postaci pary poza obudowę bezpieczeństwa, niosąc rozpuszczone w niej produkty rozszczepienia i zaktywowane produkty korozji. W przypadku rozerwania obiegu chłodzenia poza obudowę, izotopy jodu i inne substancje radioaktywne rozpuszczone w wodzie mogą wydostać się do atmosfery, powodując narażenie radiologiczne ludności. W zależności od warunków meteorologicznych w czasie takiej awarii, może to oznaczać konieczność ustalenia wokół reaktora ESBWR (Rys. 13) strefy ograniczonego użytkowania większej niż dla reaktorów wodnych ciśnieniowych.

Na szczególną uwagę zasługuje uproszczenie konstrukcji: wyeliminowano m.in. 11 układów stosowanych w poprzednich konstrukcjach (w tym główne pompy cyrkulacyjne w układzie chłodzenia reaktora) a także 25% pomp, zaworów i silników. Reaktor ESBWR jest wyposażony w 1132 pręty paliwowe. Blok elektrowni z tym reaktorem osiąga moc cieplną 4500 MW i moc elektryczną 1575- 1600 MW. Certyfikat amerykańskiej Komisji Dozoru Jądrowego (NRC) został przyznany tej konstrukcji 16 września 2014 r. Reaktor ESBWR nie został jeszcze zakwalifikowany do żadnej budowy nowego bloku elektrowni jądrowej, co dla GEH stanowi pewne ryzyko w przypadku



Rysunek 13. Wygląd zewnętrzny elektrowni z reaktorem ESBWR [General Electric Hitachi]

klientów oczekujących dostawy już sprawdzonej technologii reaktorowej. Przedstawiciele firmy GEH ripostują, twierdząc że ESBWR stanowi ewolucyjne rozwinięcie konstrukcji reaktorów ABWR, których kilka pracuje już w Japonii i których budowę rozpoczęto i zatrzymano na Tajwanie:

- EJ Kashiwazaki-Kariwa w Japonii (bloki 6 i 7 uruchomione w 1996 r.);
- EJ Shika 2 w Japonii (uruchomiony w 2005 r.);
- EJ Hamaoka 5 w Japonii (uruchomiony w 2005 r. ale wyłączony w 2011 r.);
- EJ Shimane 3 w Japonii (w budowie);
- EJ Lungmen 1 i 2 na Tajwanie (budowa zawieszona w 2014 r.).

Jeden blok ABWR planowany jest w EJ Ōma w Japonii (rozpoczęcie budowy – 2021 r.) a dwa w EJ South Texas w USA. General Electric Hitachi miała być dostawcą technologii dla nowej litewskiej elektrowni jądrowej Visaginas zlokalizowanej w pobliżu zamkniętej EJ Ignalina, ale Litwa zrezygnowała z realizacji tego projektu.

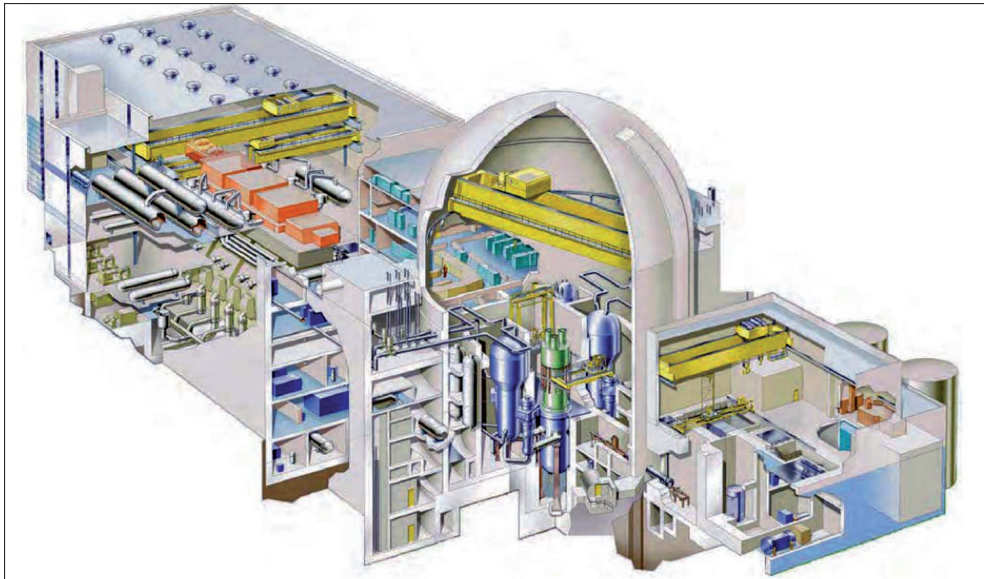
3.5. APR-1400 (REPUBLIKA KOREI)

Interesującym graczem na rynku światowej energetyki jądrowej jest południowokoreańska firma Korea Hydro & Nuclear Power – w skrócie KHNP. Oferuje ona nowoczesny reaktor wodny ciśnieniowy typu APR-1400 (ang. *Advanced Power Reactor*; moc elektryczna bloku to 1400 MW, moc

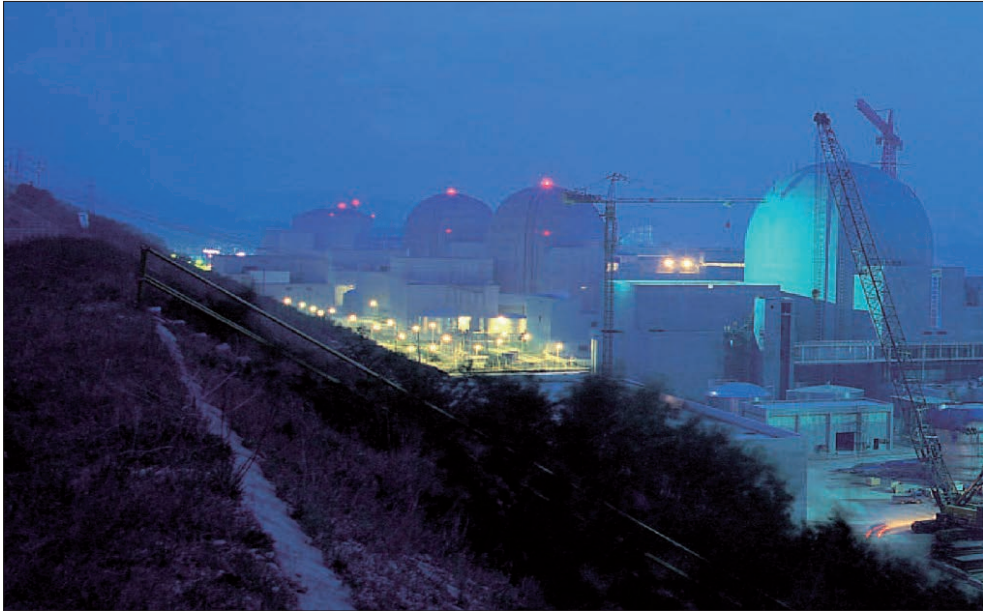
cieplna 3983 MW), poprzednio nazywany KNGR – ang. *Korean Next Generation Reactor*) stanowiący rozwinięcie wcześniejszej koreańskiej konstrukcji OPR-1000, z pewnymi rozwiązaniami amerykańskich reaktorów System 80+ nieistniejącej już dziś firmy Combustion Engineering (Rys. 14).

Pierwsze dwa reaktory typu APR-1400 zostały zainstalowane w EJ Shin-Kori w Korei Południowej. Budowa dwóch bloków EJ Shin-Kori 3 i 4 ruszyła jesienią 2008 r. Shin-Kori 3 ukończono na jesieni 2015 r. i uruchomiono 12 grudnia 2016 r. Shin-Kori 4 ma dostarczyć energię do sieci w końcu 2018 r. Rozpoczęcie budowy kolejnych bloków 5 i 6 w tej samej elektrowni zaplanowane odpowiednio na 2016 i 2017 r. jest obecnie zawieszona. Dwa nowe bloki (1 i 2) z reaktorami APR-1400 powstają obecnie w EJ Shin-Hanul (Rys. 15). Zostaną one oddane do użytku odpowiednio w kwietniu 2018 i lutym 2018 r. Kolejne dwa (bloki 3 i 4), których uruchomienie planowano w 2023 r. są obecnie zawieszona.

APR-1400 zasługuje na szczególną uwagę, ze względu na spektakularny sukces eksportowy odniesiony przez Koreańczyków w Zjednoczonych Emiratach Arabskich, gdzie w grudniu 2009 r. wyeliminowali oni z gry o wiele bardziej doświadczonych konkurentów francuskich i amerykańskich w rywalizacji na dostawę technologii reaktorowej dla nowobudowanej EJ Barakah. Konstrukcja bloków 1 i 2 rozpoczęła się w 2012 r. W kolejnych



Rysunek 14. Przekrój bloku elektrowni z reaktorem KHNP APR-1400 [KHNP]



Rysunek 15. Elektrownia Jądrowa Shin-Hanul [KHNP]

dwóch latach rozpoczęto budowę bloków 3 i 4. Pierwszy blok w EJ Barakah został ukończony 5 maja 2017 r. i będzie uruchomiony, gdy uda się przeszkolić i licencjonować załogę tego reaktora. Kolejne trzy bloki mają być włączane odpowiednio w 2018, 2019 i 2020 r. Znaczący sukces własnego reaktora III. generacji na rynku krajowym i eksportowym zachęcił Koreańczyków do działań w kierunku sprzedaży tej technologii także do innych krajów.

W ramach ambitnego programu rozwojowego powstała wersja reaktora APR-1400 nazwana APR+, która otrzymała oficjalną certyfikację w dniu 14 sierpnia 2014 r. Charakteryzuje się ona znacznie podwyższonym bezpieczeństwem eksploatacji. Rdzeń APR+ wyposażony jest w 257 zespołów paliwowych (o 16 więcej niż w APR-1400) w celu zwiększenia mocy elektrycznej do 1550 MW. Zastosowano zwiększoną redundancję systemów bezpieczeństwa dla podniesienia niezawodności reaktora.

3.6. WWER-1200 (ROSJA)

Pośród dostawców technologii reaktorów energetycznych lekkowodnych trzeciej generacji nie sposób pominąć rosyjskiego **Atomstrojeksportu**

z **Moskwy**, wchodzącego w skład holdingu Atomenergoprom. Reaktory ciśnieniowe-wodne rodziny WWER (ros. *Водо-водяной энергетический реактор*) zaczęto produkować w byłym ZSRR już w latach sześćdziesiątych. Zwiększano moc i wymiary, uwzględniając doświadczenia eksploatacyjne wielu bloków. Prawdopodobnie najbardziej rozpowszechnionym typem tej rodziny jest WWER-440, przewidziany do zastosowania w nieukończonej EJ Żarnowiec (patrz rozdział 1) i z powodzeniem zastosowany w elektrowniach naszych południowych sąsiadów: Dukovany (Czechy), Mochowce i Bohunice (Słowacja) oraz Paks (Węgry). Zmodyfikowana wersja WWER, model V213, powstała z uwzględnieniem zasad bezpieczeństwa jądrowego – praktycznie po raz pierwszy w konstrukcjach reaktorów powstających w byłym ZSRR. Została ona wyposażona w dodatkowe systemy awaryjnego chłodzenia rdzenia oraz dodatkowe systemy wody zasilającej, a także ulepszone systemy lokalizowania awarii. Kolejną, mocniejszą wersję WWER-1000 zaczęto projektować w II połowie lat 70-tych. Reaktor ten użyty np. w elektrowni Temelin w Czechach, zaopatrzonej jest w cztery pętle chłodzenia umieszczone we wspólnej obudowie bezpieczeństwa, automatyczne systemy sterowania i elementy bezpieczeństwa pasywnego charakterystyczne dla reaktorów III generacji powstających równolegle w krajach zachodnich. Aktualnie „flagowym” modelem rosyjskiego reaktora jest WWER-1200, zastosowany w elektrowniach EJ Leningrad II i EJ Nowoworoneż II w Federacji Rosyjskiej. W reaktory WWER-1200 wyposażona będzie budowana aktualnie w pobliżu granicy naszego kraju (265 km od Suwałk) Białoruska Elektrownia Jądrowa w Ostrowcu nad Wiliją (Rys.



Rysunek 16.
Tak docelowo wyglądać
ma budowana obecnie
Białoruska Elektrownia
Jądrowa w Ostrowcu
[Atomstrojeksport]

16). Będzie ona wyposażona w dwa reaktory wodne ciśnieniowe typu WWER-1200, z których pierwszy ma być uruchomiony w 2018 r. zaś drugi w 2020 r. Docelowo rozważana jest dostawa kolejnych dwóch bloków tego samego typu. Podobna elektrownia z reaktorami WWER-1200 powstać ma na południowym wybrzeżu Turcji w Akkuyu, w centrum najmniej sejsmicznego regionu tego kraju. Uruchomienie pierwszego bloku w pierwszej tureckiej elektrowni jądrowej zaplanowane jest na 2022 r. Kolejnym odbiorcą reaktorów WWER-1200 są Węgry, gdzie dwie takie jednostki zainstalowane zostaną w blokach 5 i 6 EJ Paks w latach 2018–2027 oraz Finlandia – EJ Hanhikivi.

3.7. EC6 (KANADA)

Kanadyjska Firma **Candu Energy Inc.** z siedzibą w Mississauga, w prowincji Ontario będąca częścią koncernu SNC-Lavalin Inc., jest obecnie spadkobiercą ponad 50 lat rozwoju reaktorów ciężkowodnych ciśnieniowych CANDU (ang. *CANadian Deuterium Uranium*), w których rolę moderatora i chłodziwa pełni ciężka woda. Poprzednio konstrukcjami kanadyjskich reaktorów energetycznych zajmowała się firma Atomic Energy of Canada Limited (AECL).

Technologia CANDU odznacza się możliwością stosowania w reaktorach wielu różnych rodzajów paliw jądrowych począwszy od niewzbogaconego uranu, lekko wzbogaconego uranu, paliwa wytworzonego z przetworzenia zużytych elementów paliwowych wykorzystanych wcześniej w reaktorach lekkowodnych, plutonu, uranu otrzymywanego z toru i innych. W Kanadzie pracuje obecnie 19 reaktorów CANDU różnych generacji (5 najstarszych zostało wyłączonych). Jedynym krajem w Europie, w którym działa elektrownia jądrowa wykorzystująca technologię CANDU jest Rumunia. Dwa reaktory tego typu pracują odpowiednio od 1996 i 2007 r. w EJ Cernavodă oraz planowane są dodatkowe jednostki.

Obecnie oferowanym typem kanadyjskiego reaktora ciężkowodnego jest EC6 (Enhanced CANDU 6). Blok wyposażony w reaktor EC6 odznacza się nieco mniejszą mocą elektryczną niż inne opisane powyżej reaktory lekkowodne trzeciej generacji 730–745 MW (w zależności od konkretnej aplikacji). EC6 spełnia wymagania typowe dla trzeciej generacji reaktorów energetycznych obejmujące m.in. ulepszoną technologię paliwową, większą sprawność cieplną oraz zabezpieczenia pasywne (Rys. 17).



*Rysunek 17.
Bloki 1 i 2 Elektrowni
Jądrowej Qinshan
w Chinach wyposażone
w kanadyjskie reaktory
typu CANDU 6
[Atomic Energy of
Canada Limited]*

Prowadzone przez kilkanaście lat prace nad reaktorem CANDU o mocy elektrycznej bloku rzędu 1000 MW są obecnie wstrzymane. W reaktorze tym nazywanym CANDU (ACR) lub ACR-1000 planowano połączyć cechy istniejących reaktorów ciężkowodnych z niektórymi funkcjami reaktorów ciśnieniowych (PWR) chłodzonych lekką wodą. Pętle chłodzenia wykorzystujące ciężką wodę miały zostać zastąpione układami korzystającymi z wody lekkiej, co mogło znacząco przyczynić się do obniżenia kosztów eksploatacji.

3.8. HUALONG ONE (HL 1000) / HPR1000 (CHINY)

Chiny przez kilka dziesięcioleci były importerem technologii reaktorów energetycznych z Europy Zachodniej, USA, Rosji i Kanady. Obecnie dzięki pracom rozwojowym prowadzonym przez China General Nuclear Power Group – CGNPG (poprzednio China Guangdong Nuclear Power) mogą się stać znaczącym producentem tych urządzeń na rynek własny jak i eksporterem na rynki zagraniczne.

Bazą dla rozwoju chińskiego reaktora energetycznego generacji II+ typu CPR-1000 z trzema pętlami chłodzenia stał się francuski reaktor o mocy elektrycznej bloku 900 MW (identyczny z reaktorami zainstalowanymi w blokach 5 i 6 w EJ Gravelines we Francji). W udoskonalonej wersji opracowanej dla potrzeb rynku chińskiego moc elektryczną bloku podniesiono do 1000 MW. Oczekiwany okres eksploatacji reaktora wynosi 60 lat. Pierwszy blok Ling Ao-3 z reaktorem CPR-1000 został włączony do sieci w lipcu 2010 r. Reaktor zastosowano z powodzeniem także w kilku innych elektrowniach jądrowych w Chinach.

W 2010 r. przedsiębiorstwo CGNPG powiadomiło o podjęciu prac nad wersją ACPR1000 spełniającą wymagania typowe dla trzeciej generacji reaktorów energetycznych i stopniowym zastępowaniu elementów na licencji zachodniej częściami o rodzimym pochodzeniu. Wypadek w elektrowni Fukushima spowodował, że do projektu udoskonalonego reaktora chińscy konstruktorzy wprowadzili dodatkowe rozwiązania służące poprawie bezpieczeństwa.

Począwszy od 2011 r. CGNPG przystąpiło do stopniowej integracji projektu ACPR1000 z projektowanym równoległe przez China National Nuclear Corporation reaktorem ACP1000. Obie konstrukcje miały identyczny układ chłodzenia o francuskim „rodowodzie” z trzema pętlami, ale inną budowę rdzenia. Na początku 2014 r. oznajmiono, że projekt nowego reaktora wszedł w fazę szczegółowego opracowania. Moc elektryczną bloku powiększono do 1170 MW brutto i 1090 MW netto. Zastosowano zarówno pasywne jak i aktywne układy bezpieczeństwa, a także osłonę zewnętrzną budynku reaktora o podwójnych ścianach. W zamierzeniu wszystkie te działania prowadzą do otwarcia drogi do samodzielnego eksportu technologii reaktorowej.

Nowy reaktor otrzymał nazwę Hualong one i oznaczenie HPR1000. Z kolei na potrzeby eksportowe technologię tego reaktora oznaczono HL1000. Ostatecznie w październiku 2014 r. nowy reaktor został sklasyfikowany przez chińskiego narodowego regulatora energetyki jądrowej jako



Rysunek 18. Budowa bloków 5 i 6 w EJ Fuqing, w których zastosowano chińskie reaktory typu Hualong one [China Nuclear E&C Group]

Tabela 1. Porównanie podstawowych parametrów technicznych omawianych reaktorów energetycznych

| Typ bloku/ reaktora | EPR | AP1000 | ESBWR | APR-1400 | WWER-1200 | EC6 | Hualong One / HL 1000 |
|-------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Producent (kraj) | Areva NP/ EDF (Francja) | Westing- house (USA) | GE Hitachi Nuclear Energy (USA, Japonia) | Korea Hydro & Nuclear Power (KHNP) (Republika Korei) | Atomstroj- eksport / Atomener- goprom (Rosja) | Candu Energy Inc. – SNC Lavallin (Kanada) | China Gen- eral Nuclear Power Group (Chiny) |
| Rodzaj reaktora | ciśnieniowy- wodny (PWR) | ciśnieniowy- wodny (PWR) | wrzący- wodny (BWR) | ciśnieniowy- wodny (PWR) | ciśnieniowy- wodny (PWR) | ciśnieniowy- ciężkowodny (PHWR) | ciśnieniowy- wodny (PWR) |
| Moc ciepła bloku [MW] | 4500 | 3415 | 4500 | 3983 | 3200 | 2064 | około 3000* |
| Moc elektryczna bloku netto [MW] | 1650 | 1117 | 1575–1600 | 1400 | 1270 | 730–745 | 1090 |
| Liczba pętli chłodzenia | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 3 |
| *brak dokładnych danych | | | | | | | |

spełniający wymagania generacji III. Uznano również, że nie ma już ograniczeń związanych z własnością intelektualną mogących stanowić przeszkodę dla eksportu tych urządzeń.

Pierwszymi blokami z nowym typem reaktora będą Fuqing 5 i 6 w Chinach (Rys. 18). Po nich planowana jest budowa bloków Fangjiashan 3 i 4 oraz Fangchenggang 3 i 4. Kolejne dwa reaktory mają zostać dostarczone do Karachi Nuclear Power Complex w Pakistanie. W 2020 r. spodziewane jest rozpoczęcie budowy elektrowni z tym typem reaktora w Argentynie. Na początku 2017 r. władze brytyjskie przystąpiły do oceny możliwości zastosowania bloku z chińskim reaktorem w elektrowni Bradwell we wschodniej Anglii.

W 2017 r. konsorcjum CGN złożyło również formalną aplikację o wydanie oceny zgodności oferowanej technologii z wymaganiami EUR co świadczy o zamiarze jej eksportu na rynki europejskie.

UKŁADY I URZĄDZENIA ELEKTRYCZNE NOWOCZESNEJ ELEKTROWNI JĄDROWEJ

4.1. WPROWADZENIE

Elektrownia jądrowa jest złożonym układem, w którym następuje zarządzanie ogromnymi ilościami energii w kilku rodzajach przemian energetycznych, począwszy od energii jądrowej izotopu poprzez kontrolowaną reakcję łańcuchową, aż do energii gorącej wody i pary pod ciśnieniem, energii wirującej masy turbozespołu i wreszcie energii elektrycznej. Przemiany te muszą być sterowane przy zachowaniu określonych rygorów bezpieczeństwa i niezawodności. Układy elektryczne elektrowni jądrowej, w tym zasilania podstawowego i awaryjnego potrzeb własnych oraz rozbudowane układy sterowania muszą być odporne na degradację spowodowaną starzeniem oraz ekspozycję na ekstremalne czynniki środowiskowe: temperaturę, ciśnienie, wilgotność, promieniowanie jonizujące i wibracje (w tym zagrożenia sejsmiczne), a także na pożar.

4.2. ZAPEWNIENIE NIEZAWODNOŚCI ZASILANIA ELEKTRYCZNEGO POTRZEB WŁASNYCH

Część elektryczna elektrowni jądrowej [5], [6] zasadniczo jest bardzo podobna do analogicznych układów elektrycznych dużych konwencjonalnych elektrowni ciepłych opalanych np. węglem [4].

Prawidłowa praca elektrowni jądrowej wymaga działania wielu tysięcy urządzeń elektrycznych biorących pośredni i bezpośredni udział w procesach przemian energetycznych – pomp, zaworów, wentylatorów, różnorodnych rodzajów napędów silnikowych, oświetlenia elektrycznego oraz rozbudowanych układów elektronicznych, a także tysięcy kilometrów kabli: automatyki,

sterowania, przetwarzania danych i innych. Układy napędowe energetycznych urządzeń elektrowni razem z układem zasilania elektrycznego z zakładowej sieci rozdzielczej, tworzą **układ potrzeb własnych elektrowni**.

Istotne różnice pomiędzy układami elektrycznymi elektrowni jądrowych a konwencjonalnych elektrowni ciepłych, występują właśnie w układach zasilania potrzeb własnych. W elektrowni jądrowej są one bardziej rozbudowane ze względu na konieczność uzyskania wyższej pewności zasilania odbiorników, konieczność zapewnienia zasilania elektrycznego układu chłodzenia reaktora dla odprowadzenia mocy cieplnej wytwarzanej w rdzeniu podczas pracy reaktora, tzw. ciepła powyłłączeniowego, a także wskutek istnienia grupy odbiorników, które ze względów bezpieczeństwa pracują także podczas odstawienia bloku, a nawet w razie braku zasilania z sieci energetyki zawodowej.

W elektrowniach jądrowych z reaktorami ciśnieniowymi wodnymi drugiej generacji zapotrzebowanie układów potrzeb własnych wynosi od ok. 4,5 do 6% całości wytwarzanej mocy elektrycznej. Głównymi odbiornikami energii są tu: pompy zasilające (1,5–2%), główne pompy cyrkulacyjne (1,25–1,35%), pompy wody chłodzącej skraplacze (ok. 0,74%) oraz pompy skroplin (ok. 0,2%) [9].

Zasilanie odbiorników energii elektrycznej potrzeb własnych elektrowni jądrowej realizuje się poprzez:

- **sieć średniego napięcia przemiennego (zwykle o 6 kV lub 10 kV)***, z której zasilane są silniki i inne odbiorniki dużej mocy (powyżej 200 kW),
- **sieć niskiego napięcia przemiennego (400 V, 690 V)***, sprzęgnięta z siecią SN transformatorami SN/nn, zapewniająca zasilanie silników mniejszej mocy (poniżej 200 kW), innych odbiorników niskiego napięcia, instalacji ogrzewania, wentylacji, klimatyzacji, oświetlenia, zasilaczy urządzeń elektronicznych itp.
- **sieć napięcia stałego 220 V***, z bateriami akumulatorów ładowanymi z sieci prądu przemiennego poprzez prostowniki, mogącą zasilać również odbiorniki prądu przemiennego poprzez falowniki.

W przypadku elektrowni z reaktorami PWR drugiej generacji zapewnienie zasilania głównych pomp cyrkulacyjnych po awaryjnym wyłączeniu i utracie podstawowego zasilania obwodów potrzeb własnych było kluczowym zagadnieniem. Podstawowym zadaniem jest tu odprowadzenie z reaktora ciepła powyłłączeniowego dla zapobieżenia stopieniu rdzenia i powstaniu jego nieodwracalnego uszkodzenia. Wprowadzenie układów

* Podane tu przykładowe wartości napięć – mogą różnić się w zależności od wykonawcy lub kraju zainstalowania danej EJ.

bezpieczeństwa pasywnego we współczesnych reaktorach trzeciej generacji istotnie powiększyło dostępny margines bezpieczeństwa, choć zapewnienie zasilania elektrycznego potrzeb własnych elektrowni jądrowej ma w dalszym ciągu znaczenie priorytetowe.

Zgodnie z zasadami wprowadzonymi przez MAEA (patrz Załącznik A-3) wszystkie struktury, systemy i elementy ważne dla bezpieczeństwa – a w tym i urządzenia elektryczne – muszą być klasyfikowane na podstawie ich funkcji i ich znaczenia dla bezpieczeństwa. Przy klasyfikacji bierze się pod uwagę:

- Funkcje bezpieczeństwa, wykonywane przez dany element,
- Konsekwencje nie spełnienia funkcji bezpieczeństwa,
- Częstość, z jaką dany element będzie potrzebny do wypełnienia funkcji bezpieczeństwa,
- Czas po wydarzeniu inicjującym, po którym, lub w ciągu którego, dany element będzie musiał wypełnić funkcję bezpieczeństwa.

Im wyższa klasa bezpieczeństwa, do której należy dane urządzenie, tym ostrzejsze wymagania odnośnie jego niezawodności i odporności na obciążenia eksploatacyjne i awaryjne. Producent urządzenia musi udowodnić, że urządzenie dostarczane przezeń do elektrowni jądrowej rzeczywiście spełnia te wymagania. Proces sprawdzania zgodności danego urządzenia z wymaganiami dla danej klasy bezpieczeństwa nosi nazwę kwalifikowania urządzenia i jest niezbędnym etapem przed odbiorem urządzenia przez kontraktora budującego elektrownię jądrową.

Dla elektrowni drugiej generacji w zależności od wymaganej pewności zasilania odbiory potrzeb własnych podzielone są na 3 kategorie [6], [9]:

- **Kategoria I:** Przerwa w zasilaniu w energię elektryczną nie jest dopuszczalna ani w ruchu normalnym, ani podczas awarii (możliwe są przerwy w zasilaniu krótsze niż 1 sekunda – tylko dla pojedynczych odbiorów). Do kategorii I zalicza się układy sterowania, nadzoru i zabezpieczeń reaktora, przyrządy kontrolne i pomiarowe oraz obwody automatyki, awaryjne oświetlenie i układy łączności.
- **Kategoria II:** Dopuszczalne są krótkotrwałe przerwy w zasilaniu w energię elektryczną – od 15 s do 3 min. Do kategorii tej zalicza się urządzenia do utrzymywania ruchu chłodziwa w obiegu pierwotnym oraz do odprowadzenia ciepła powyłączeniowego z urządzeń reaktora, układy chłodzenia głównych pomp cyrkulacyjnych, układy pomocnicze do odstawienia turbozespołu, ważne układy wentylacyjne i urządzenia dozymetryczne.
- **Kategoria III:** Zanik zasilania tych odbiorów prowadzi jedynie do zmniejszenia dyspozycyjności, bez istotnego wpływu na bezpieczeństwo.

W celu osiągnięcia jak najwyższej niezawodności zasilania potrzeb własnych elektrowni jądrowych przyjęto stosować następujące zasady ich projektowania i budowy:

- musi istnieć kilka alternatywnych źródeł zasilania: sieć energetyki zawodowej – dwa źródła zasilania najlepiej z niezależnych linii /części sieci; zapasowe źródła zasilania na terenie elektrowni – agregaty prądotwórcze z silnikami spalinowymi, baterie akumulatorów itp.;
- urządzenia rozdzielcze (rozdzielnice) średniego napięcia muszą być podzielone na niezależne sekcje;
- odbiorniki energii elektrycznej muszą być podzielone na sekcje z punktu widzenia zadań technologicznych i wymagań bezpieczeństwa;
- muszą być zastosowane urządzenia rozdzielcze zapewniające szybkie przełączanie dla przywrócenia zasilania wyłączonych odbiorników (czas poniżej 1 sekundy).

Wszystkie urządzenia należące do klas bezpieczeństwa muszą przejść proces kwalifikowania, w którym urządzenie poddaje się najpierw długotrwałym obciążeniom odpowiadającym normalnym parametrom środowiska przy pracy elektrowni, a następnie obciążeniom awaryjnym. Do kwalifikacji urządzeń wybiera się najbardziej niekorzystne warunki otoczenia, jakie by panowały w razie gdyby urządzenia te musiały funkcjonować. Podczas projektowania i kwalifikowania uwzględnia się skutki starzenia dla funkcjonowania normalnego i odbiegającego od normy.

Kwalifikacja urządzeń elektrowni jądrowej jako związanych bezpośrednio z bezpieczeństwem pracy opisana jest np. w **normie IEEE 323 Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations** (Norma dla kwalifikacji urządzeń Klasy 1E dla elektrowni jądrowych, obecnie istniejąca jako wspólna norma: IEC/IEEE International Standard – 60780–323:2016 – *Nuclear facilities – Electrical equipment important to safety – Qualification*). Opisuje ona podstawowe wymagania dotyczące kwalifikowania urządzeń elektrycznych ważnych dla bezpieczeństwa i interfejsów (elektrycznych i mechanicznych), które mają być stosowane w obiektach jądrowych. Opisane zasady, metody i procedury służą do kwalifikowania sprzętu, utrzymania i rozszerzania kwalifikacji oraz aktualizacji wymaganych kwalifikacji, jeśli sprzęt poddawany jest modyfikacjom.

Klasa urządzeń elektrycznych 1E odnosi się wprost do urządzeń i układów związanych z bezpieczeństwem. Na przykład: do klasy 1E są zaliczane agregaty prądotwórcze napędzane silnikami wysokoprężnymi, a także urządzenia

miarowe monitorujące strumień neutronów w rdzeniu reaktora czy poziom promieniowania wewnątrz obudowy bezpieczeństwa. Warto tu zauważyć, że klasa 1E dla urządzeń elektrycznych wynika z funkcji realizowanych przez nie w układach elektrowni jądrowej, a nie specyfikacji technicznej jaką spełniają. Na przykład wyłącznik niskiego napięcia będący częścią zamienną, spełniający wszystkie wymagania do użycia w instalacjach elektrowni jądrowej, nie jest komponentem 1E tak długo, jak pozostaje w magazynie nie zainstalowany. W chwili zamontowania w rozdzielnicy w celu rozdzielenia obwodów klasy 1E od innych obwodów (non-Class 1E), staje się on komponentem klasy 1E.

Komponenty elektrowni jądrowej klasyfikowane są w USA w klasie 1E w dwóch podkategoriach, w zależności od tego czy mają funkcjonować w warunkach poważnego wypadku polegającego na utracie chłodzenia reaktora – LOCA (ang. *Loss Of Cooling Accident*): 1E LOCA – odpowiednik francuski K1 oraz 1E non-LOCA – odpowiednik francuski K3.

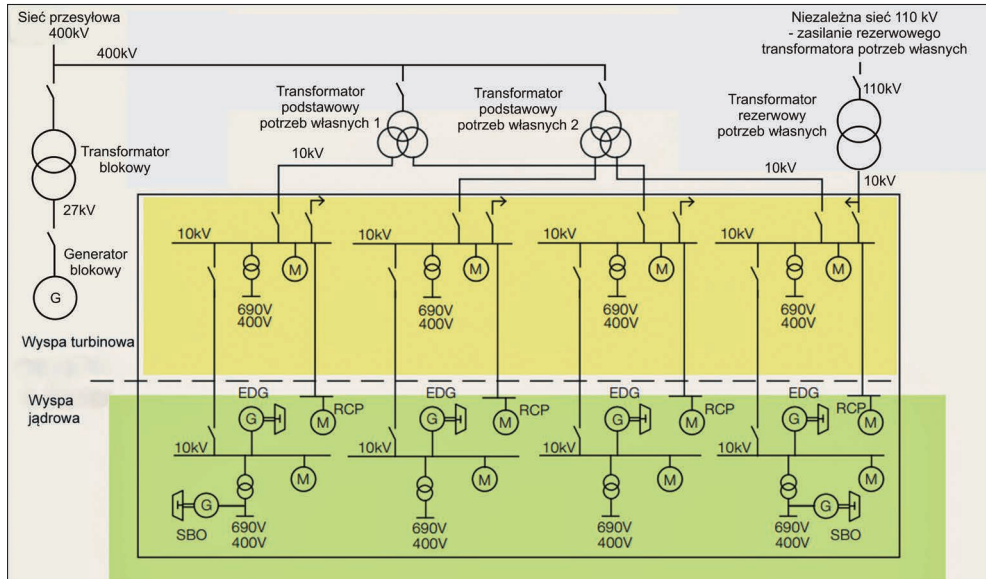
4.3. ELEMENTY FUNKCJONALNE ELEKTROWNI JĄDROWEJ I ICH CZĘŚĆ ELEKTRYCZNA

4.3.1. Wyspa jądrowa

Wyspa jądrowa – określenie przyjęte we współczesnej elektroenergetyce z języka angielskiego (ang. *nuclear island*), stanowi „serce elektrowni”. Tworzą ją: budynek reaktora wraz z obudową bezpieczeństwa, budynki pomocnicze, budynek paliwa jądrowego i budynek odpadów. Z punktu widzenia funkcji realizowanych w podstawowym procesie technologicznym elektrowni, urządzenia wyspy jądrowej tworzą układ wytwarzania pary (NSSS – ang. *Nuclear Steam Supply System*) wraz z towarzyszącymi mu układami bezpieczeństwa:

- reaktor zawierający rdzeń oraz układy sterowania prętami paliwowymi,
- pompy chłodzące reaktora (RCP – ang. *Reactor Coolant Pumps*), zapewniające cyrkulację chłodziwa,
- stabilizator ciśnienia (w przypadku reaktora PWR), wykorzystywany do regulacji ciśnienia w obiegu pierwotnym chłodziwa,
- generatory pary (w przypadku reaktora PWR), gdzie ciepło wymieniane jest pomiędzy obiegiem pierwotnym a wtórnym.

W przypadku wyspy jądrowej bloku elektrowni Olkiluoto 3 z reaktorem typu Areva EPR (Rys. 19) zasilanie główne średniego napięcia zapewniają cztery niezależne, odpowiednio odseparowane od siebie, rozdzielnice



Rysunek 19. Schemat elektryczny zasilania układów potrzeb własnych EJ Olkiluoto 3 z reaktorem Areva EPR. Objasnienia skrótów: EDG, SBO – agregaty zasilania awaryjnego, RCP – główne pompy cyrkulacyjne reaktora

10 kV. Szyny zbiorcze każdej z rozdzielnic 10 kV zasilane są z jednej z analogicznych czterech rozdzielnic znajdujących się w wyspie turbinowej poprzez pola dopływowe. Dodatkowo każda spośród czterech rozdzielnic 10 kV wyspy turbinowej może być zasilana z jednego z czterech głównych agregatów prądowców napędzanych silnikiem wysokoprężnym, każdy o mocy 7,8 MVA. Dodatkowo szyny zbiorcze agregatów prądowców mogą zostać w razie potrzeby zasilone ze znajdującej się w pobliżu (w kompleksie EJ Olkiluoto) elektrowni napędzanej turbiną gazową. Oprócz czterech podstawowych agregatów dieslowskich 7,8 MVA na terenie elektrowni znajdują się jeszcze dwa inne agregaty, każdy o mocy ok. 3 MVA pracujące na napięciu niskim, które można również wykorzystać do zasilania obwodów potrzeb własnych bloku jądrowego, podłączając je poprzez transformatory SN/nn. Rozdzielnice 10 kV wyspy turbinowej zapewniają zasilanie wszystkich napędów zasilanych napięciem średnim, poza czterema głównymi pompami chłodzącymi reaktora RCP. Pompy te podłączone są bowiem bezpośrednio do szyn zbiorczych czterech rozdzielnic wyspy turbinowej. Napięcia przemienne niskie: 400 V i 690 V uzyskiwane są z transformatorów zasilonych po stronie napięcia górnego z czterech rozdzielnic 10 kV.

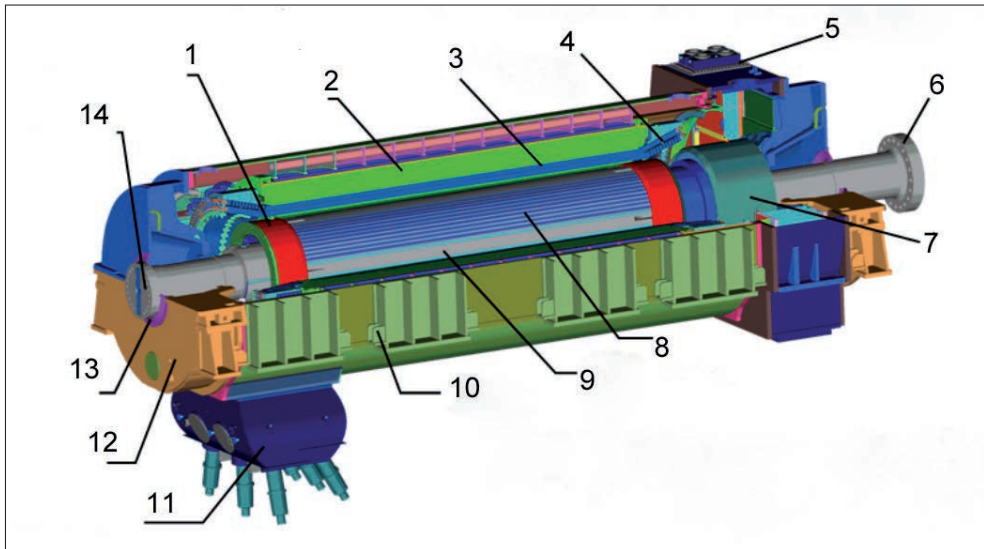
Do najważniejszych elementów wyposażenia elektrycznego wyspy jądrowej należą:

- Napędy elektryczne prętów regulacyjnych CRDM (ang. *Control Rod Drive Mechanism*). Urządzenia te pracują w ekstremalnie trudnych warunkach, narażone na promieniowanie, wysoką temperaturę i wibracje. Funkcjonalnie CRDM jest siłownikiem elektromagnetycznym zaopatrzonym w specjalne uszczelnienia, umocowanym do górnej części obudowy reaktora. Jego zadaniem jest precyzyjne wsuwanie i wysuwanie pręta paliwowego do/z rdzenia reaktora regulując tym samym jądrową reakcją łańcuchową. Wszystkie elementy siłowników CRDM są przebadane pod kątem odporności na wstrząsy sejsmiczne.
- Napędy elektryczne głównych pomp cyrkulacyjnych. Pompa ta składa się z trzech głównych podzespołów: pompy wodnej odśrodkowej, układu uszczelnienia wału i silnika elektrycznego napędu pompy. Jest ona zaopatrzona w koło zamachowe zapewniające płynną pracę, szczególnie w przypadku chwilowej utraty zasilania. W reaktorze PWR pompa przetłacza wodę pod ciśnieniem ok. 16 MPa o temperaturze ok. 290°C. Jej napęd stanowi elektryczny silnik indukcyjny średniego napięcia (na ogół 6 lub 10 kV) dużej mocy (od 4 do 13 MW) z chłodzeniem powietrznym bądź wodnym.
- Napędy elektryczne pomp rezerwowych, zaworów, wentylatorów itp. układy sterowania, pomiarów, ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji, instalacja oświetleniowa, przeciwpożarowa, telewizji przemysłowej, kontroli dostępu itp.

Łącznie okablowanie elektryczne wyspy jądrowej (np. reaktora typu EPR) wymaga użycia ok. 1800 km różnego rodzaju kabli: zasilających SN i nn, sterowniczych i pomiarowych.

4.3.2. Wyspa turbinowa

Wyspa turbinowa (konwencjonalna) elektrowni jądrowej jest pod względem konstrukcyjnym i funkcjonalnym bardzo zbliżona do analogicznych rozwiązań stosowanych w klasycznych elektrowniach ciepłych. Zawiera ona większość urządzeń związanych z podstawowym obiegiem termodynamicznym części cieplnej elektrowni, poza generatorami pary, wchodzącymi w skład wyspy jądrowej. W porównaniu do elektrowni konwencjonalnych, wyspa turbinowa w elektrowniach jądrowych musi spełniać znacznie surowsze wymagania w zakresie zapewniania jakości i sterowania, ze względu na wpływ, jaki jej praca może mieć na część jądrową całego obiektu.



Rysunek 20. Generator typu SGen5–4000W produkcji firmy Siemens przeznaczony do zastosowania w turbozespołach elektrowni jądrowych: 1 – pierścień utrzymujący; 2 – rdzeń stojana; 3 – uzwojenie stojana; 4 – zakończenie uzwojenia stojana; 5 – przyłącza układu chłodzenia; 6 – połączenie z wałem turbiny, 7 – dmuchawa, 8 – uzwojenie wirnika, 9 – wał wirnika, 10 – korpus generatora, 11 – skrzynka wyprowadzenia obwodów głównych z izolatorami przepustowymi; 12 – obudowa łożyska; 13 – uszczelnienie układu chłodzenia wodorowego; 14 – końcówka wału od strony układu wzbudzenia [Siemens]

Podstawowymi elementami wyspy turbinowej są:

- **Turbina parowa** – przetwarzająca energię pary wodnej pod ciśnieniem na energię ruchu obrotowego części wirującej turbozespołu;
- **Generator synchroniczny** – przetwarzający energię mechaniczną ruchu obrotowego turbozespołu na energię elektryczną (Rys. 20). Przykładowo w EJ Olkiluoto 3 zastosowany został generator synchroniczny produkcji firmy Siemens pracujący przy napięciu znamionowym 27 kV + 5%, o mocy elektrycznej 1 992 MW, częstotliwości 50 Hz i znamionowej prędkości obrotowej 1500 obr./min. Stojan generatora ma bezpośrednie chłodzenie wodne uzwojeń i chłodzenie wodorowe rdzenia. Wirnik ma konfigurację 4-biegunową z uzwojeniami bezpośrednio chłodzonymi wodorem i bezszczotkowym układem wzbudzenia. Konstrukcja tego generatora wywodzi się z generatorów Siemens 1500–1700 MVA typu Konvoi stosowanych od wielu dziesięcioleci w niemieckich elektrowniach jądrowych;

W drugiej elektrowni budowanej z reaktorem Areva EPR – EJ Flamanville 3 zastosowano podobny generator, ale wyprodukowany przez firmę Alstom (obecnie General Electric).

- **Skraplacz i układ chłodzenia.** Skraplacz jest wymiennikiem ciepła wykorzystywanym do skraplania niskociśnieniowej pary wodnej odebranej z ostatniego stopnia turbiny dla jej ponownego użycia. Nadmiar ciepła oddawany jest do powietrza atmosferycznego np. poprzez chłodnię kominową albo chłodzenie z wykorzystaniem naturalnego zbiornika wodnego;
- **Układ kondensatu wody zasilającej** mający dwie główne funkcje: dostawę wody o odpowiednich parametrach jakościowych do generatorów pary wodnej i do podgrzewania wody (kondensatu) do temperatury bliskiej do nasycenia;
- **Separator wilgoci i osuszacz pary** (MSR – ang. *Moisture Separator Reheater*). Separator wilgoci zainstalowany jest zwykle pomiędzy wylotem turbiny wysokiego ciśnienia a wlotem turbiny niskiego ciśnienia w celu usunięcia wilgoci z pary wychodzącej z turbiny wysokiego ciśnienia i przegrzania pary przed podaniem jej do turbiny niskiego ciśnienia.

W EJ Olkiluoto 3 układ zasilania potrzeb własnych wyspy turbinowej składa się z czterech niezależnych rozdzielnic 10 kV. Ich podstawowe zasilanie zapewniają dwa transformatory potrzeb własnych 400 kV/10 kV. Każdy z tych transformatorów ma jedno uzwojenie pierwotne zasilane z szyn rozdzielni głównej 400 kV i dwa uzwojenia wtórne zasilające odpowiednio szyny zbiorcze dwóch rozdzielnic 10 kV. Dodatkowo każda z rozdzielnic 10 kV może otrzymać zasilanie z transformatora rezerwowego 110 kV/10 kV, zasilanego z zewnętrznej linii 110 kV. Zasilanie z sieci 110 kV jest niezależne od zasilania z sieci 400 kV. Jak już wspomniano z szyn zbiorczych rozdzielnic 10 kV wyspy turbinowej zasilane są główne pompy RCP wyspy jądrowej. Z rozdzielnic tych zasilane są transformatory SN/nn dostarczające napięcie niskich 400 V i 690 V oraz silniki i inne odbiorniki w wyspie turbinowej pracujące na napięciu 10 kV. W przypadku utraty zasilania z obu głównych transformatorów potrzeb własnych 400 kV/10 kV oraz rezerwowego transformatora 110 kV /10 kV istnieje możliwość podania napięcia od strony wyspy jądrowej, do rozdzielnic której podłączone są agregaty prądotwórcze z silnikami spalinowymi.

Podstawowymi odbiornikami energii elektrycznej na terenie wyspy turbinowej są napędy elektryczne pomp i zaworów, wentylatorów, układy sterowania, pomiarów, ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji, instalacja oświetleniowa, przeciwpożarowa, telewizji przemysłowej, kontroli dostępu itp.

Sumaryczna długość wszystkich kabli w instalacjach zasilania elektrycznego, sterowania i pomiarów w wyspie turbinowej wynosi ok. 300–500 km.

4.3.3. Wyprowadzenie mocy

Wyprowadzenie mocy z generatora łączące go z transformatorem blokowym (lub trzema jednofazowymi transformatorami blokowymi) zrealizowane jest przy wykorzystaniu jednofazowych przewodów szynowych ekranowanych. Przewody szynowe wykonane są z aluminium z zewnętrznymi osłonami rurowymi (ekranami) również wykonanymi z aluminium. Wewnątrz obudowy przewodu podpartego na izolatorach żywicznych znajduje się powietrze z niewielkim nadciśnieniem w stosunku do ciśnienia atmosferycznego.

W EJ Olkikuoto 3 zastosowano układ trzech jednofazowych transformatorów blokowych podwyższających napięcie 27 kV (napięcie generatora głównego) do 400 kV. Olej stanowiący izolację i czynnik chłodzący tych transformatorów jest chłodzony w oddzielnym zespole chłodzenia wodnego.

Przelektrowniana rozdzielnia wysokiego napięcia (np. 400 kV) może być zrealizowana w oparciu o aparaturę napowietrzną (AIS – ang. *Air Insulated Switchgear*) albo rozdzielnicę w izolacji gazowej (GIS – ang. *Gas Insulated Switchgear*).

4.3.4. Pozostałe części infrastruktury elektrowni

Pozostała część infrastruktury elektrowni jądrowej – wg. współczesnej terminologii anglojęzycznej określana skrótem BOP (ang. *Balance Of Plant*), obejmuje instalacje średnich i niskich napięć w obiektach takich jak biura, magazyny, przelektrowniane składowiska odpadów promieniotwórczych itp. Szacuje się, że łączna długość kabli wszystkich typów dla infrastruktury BOP wynosi ok. 600 km na jeden blok.

4.4. WYMAGANIA SPECJALNE DLA KOMPONENTÓW I URZĄDZEŃ ELEKTRYCZNYCH PRZEZNACZONYCH DO PRACY W ELEKTROWNIACH JĄDROWYCH

W elektrowni jądrowej wykorzystywane są liczne komponenty i urządzenia, które podlegają specjalnej kwalifikacji, bazowanej przede wszystkim na normach i standardach jądrowych przedstawionych w rozdziale 5.

Poniżej zaprezentowano kilka podstawowych grup komponentów elektrycznych. Zestawienie z pewnością nie wyczerpuje całości zagadnienia, ale powinno dać Czytelnikowi ogólną orientację co do wymagań stawianych urządzeniom elektrycznym dla energetyki jądrowej.

4.4.1. Kable

Kable służące do przesyłania energii i informacji są komponentami mającymi podstawowy wpływ na niezawodność pracy elektrowni jądrowych. Niekorzystne czynniki środowiska pracy, szczególnie w niektórych częściach wyspy jądrowej takie jak: promieniowanie, wysoka temperatura, drgania i wilgotność, mogą przyczyniać się do ich przyspieszonego starzenia. Wobec okresu użytecznej eksploatacji bloku współczesnej elektrowni jądrowej wynoszącego obecnie 60 lat, kable muszą spełniać wymagania podwyższonej trwałości, wyższej niż wymagana w obiektach energetyki konwencjonalnej.

Szczególne wymagania dla kabli dotyczą przede wszystkim tzw. gorących punktów (ang. *hot spots*) zlokalizowanych wewnątrz węzłów technologicznych obsługujących reaktor. W przypadku reaktorów PWR są to: wytwornice pary i elementy obiegu pierwotnego, zaś w reaktorach BWR rejon przewężenia suchej obudowy bezpieczeństwa i rejon zaworu nadmiarowego układu pary świeżej.

Ze względu na możliwość kontaktu z promieniowaniem jonizującym, wysoką temperaturą i koniecznością zachowania ognioodporności na wypadek kontaktu z otwartym ogniem, w układach wyspy jądrowej stosowane są wyłącznie kable w izolacji ognioodpornej, bezhalogenowe (tj. produkowane są z materiałów nie zawierających chloru, fluoru, bromu i jodu).

Podstawowe rodzaje kabli stosowanych w **elektrowni jądrowej** to:

- **Kable zasilające średnich i niskich napięć** (od 1 kV do 10 kV) – w tym np. kable zasilające główne pompy chłodzące RCP przeznaczone do zastosowania w układach wyspy jądrowej.
- **Kable zasilające ognioodporne** (ang. *fire-resistant*) – zdolne do pracy w obecności ognia, identyfikowane także jako gwarantujące ciągłość zasilania obwodu (ang. *Circuit Integrity Cable*), zapewniające w warunkach pożaru zasilanie niskiego napięcia dla alarmów, układów oddymiania, instalacji gaśniczej i oświetlenia awaryjnego.
- **Kable zasilające ogniotrwale** (ang. *fire-retardant*), które w warunkach pożaru nie doprowadzą do rozprzestrzeniania się ognia i dymu na skutek znalezienia się ich warstw izolacyjnych w ogniu.

- **Miedziane lub aluminiowe kable zasilające niskiego i średniego napięcia w izolacji z polietylenu usieciowanego XLPE**, szeroko stosowane w układach zasilania elektrycznego wyspy turbinowej i nie różniące się istotnie od kabli stosowanych w analogicznych zastosowaniach energetyki konwencjonalnej.
- **Kable sterownicze** na napięcia od 500 V do 1000 V zapewniające ciągłość obwodów sterowania pomp RCP, zaworów bezpieczeństwa, sterowania chemicznego i objętościowego, układów odprowadzenia ciepła powyłaczeniowego, układów spryskiwania obudowy reaktora, układów wstępnej obróbki odpadów promieniotwórczych, układów wentylacji, klimatyzacji itp.
- **Kable przeznaczone do współpracy z układami pomiarowymi i czujnikami** wykonywane są jako dwużyłowe, trójżyłowe i czterożyłowe z ekranowaniem indywidualnym lub grupowym, wykorzystywane są w układach ciągłego nadzoru ciśnienia pary, temperatury wody i poszczególnych elementów instalacji, poziomów płynów, wydajności przepływów, poziomu wibracji itp. Kable pomiarowe wykonuje się w klasach zgodnych z wymaganiami 1E LOCA (K1) oraz 1E non-LOCA (K3) dla zapewnienia maksymalnej niezawodności zarówno podczas normalnej eksploatacji jak i w awaryjnych stanach pracy. Kable doprowadzone do głównej sterowni bloku zapewniają połączenia z ponad 100 tysiącami punktów całej instalacji elektrowni, stanowiąc centralny punkt jej „układu nerwowego”. Dostarczają one energii jak i przekazują informacje od układów niskiego napięcia dla oświetlenia, wentylacji i klimatyzacji, do pomiarów i kabli telekomunikacyjnych.
- **Inne kable:** wysokonapięciowe energetyczne, telekomunikacyjne miedziane i światłowodowe, klasyczne elektroinstalacyjne itp. znajdujące zastosowanie w nie-jądrowych częściach obiektu, nie różnią się od kabli używanych w instalacjach konwencjonalnych.

Kilka firm na świecie specjalizuje się w produkcji kabli przeznaczonych do użycia w obiektach energetyki jądrowej. Można tu wymienić np. amerykańskiego producenta RSCC – Marmon Engineered Wire & Cable LCC (<http://www.r-scc.com/>) lub francuską firmę Nexans (<http://www.nexans.com/>).

Dopuszczenie do zastosowania w projekcie jądrowym wymaga spełnienia przez producenta kabli licznych wymagań norm związanych m.in. z ich podatnością na czynniki powodujące degradację izolacji (głównie promieniowanie i temperaturę) oraz wymagania ognioodporności i ogniotrwałości. Standardy jądrowe RCC-E, IEC, IEEE precyzujące wymagania

dla kabli wymienione są w odpowiednich aneksach do Rozdziału 5. Jedne z najostrożniejszych wymagań dla kabli przeznaczonych do pracy w obiektach energetyki jądrowej precyzują krajowe standardy francuskie NF (fr. *Normes Françaises*) np. NF C 32–070. Wymagane jest np. umieszczenie testowanego 30-centymetrowego odcinka kabla ogniotrwałego wewnątrz komina, w którym poddawany jest on oddziaływaniu temperatury 800 stopni Celsjusza przez 30 minut. Nadpalenia izolacji części kabla nie objętej działaniem ognia nie mogą sięgać dalej niż 800 mm od strefy umieszczonej w strumieniu gorących gazów komina.

Szczególną uwagę trzeba zwrócić na utrzymanie odporności na pożar izolacji kabli pomimo upływu czasu i odpowiednich zmian temperatur, wilgotności i innych parametrów mogących wpływać na utratę ognioodporności.

4.4.2. Rozdzielnice średnich i niskich napięć

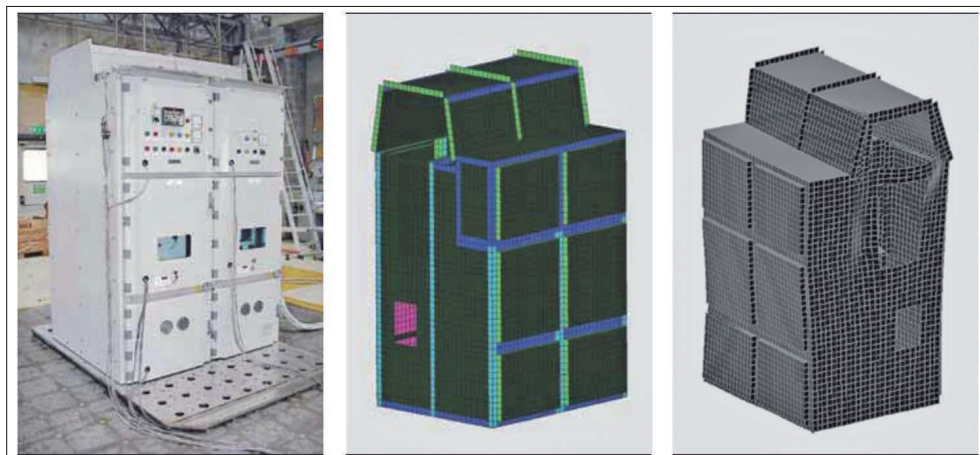
Od prawidłowej pracy urządzeń rozdzielczych średnich i niskich napięć w bardzo istotny sposób zależy niezawodność zasilania układów potrzeb własnych elektrowni jądrowej.

W układach elektrowni jądrowych stosowane są na ogół rozdzielnice dwuczłonowe średnich napięć (6 kV lub 10 kV) w osłonach metalowych (ang. *metal enclosed*), zapewniające bardzo wysoki poziom bezpieczeństwa dzięki zamknięciu wszystkich elementów znajdujących się pod napięciem wewnątrz metalowej, uziemionej obudowy. Najczęściej stosuje się w nich wyłączniki próżniowe lub wyłączniki z sześćfluorkiem siarki.

Obecnie wymagania stawiane rozdzielnicom w osłonie metalowej SN precyzuje między innymi norma IEC 62271–200 (odpowiednik polski: PN/EN 62271–200). W USA i innych krajach stosujących normalizację amerykańską, wymagania dla rozdzielnic w osłonie metalowej określa norma IEEE C37.20.2.

Przykładem rozdzielnicy SN dopuszczonej do stosowania w elektrowniach jądrowych jest UniGear ZS1 produkcji firmy ABB. Oprócz zestawu prób typu normalnie wymaganych dla tej kategorii urządzeń rozdzielczych ZS1 przeszła pomyślnie dodatkowe próby wymagane dla zainstalowania urządzenia w elektrowni jądrowej (Rys. 21).

Jednym z ważniejszych wymagań stawianych rozdzielnicom średnich napięć stosowanych w elektrowniach jądrowych jest możliwość sprostania skutkom zdarzenia sejsmicznego: rozdzielnica musi być w stanie kontynuować pracę podczas tzw. operacyjnego podstawowego trzęsienia ziemi OBE (ang. *Operating Basic Earthquake*), lub w przypadku bardzo silnego trzęsie-



Rysunek 21. Badania sejsmiczne rozdzielnic dwuczłonowej średniego napięcia typu UniGear ZS1, produkcji firmy ABB. Z lewej dwa pola testowe rozdzielnic ZS1 na stanowisku wytwarzającym drgania wzorowane na wstrząsach sejsmicznych; po środku model numeryczny do symulacji zachowania się urządzenia pod wpływem wstrząsów sejsmicznych; z prawej wizualizacja deformacji powstających pod wpływem wstrząsów sejsmicznych – specjalnie wzmocnionych dla lepszego uwidocznienia tendencji zmian [ABB]

nia ziemi, musi mieć możliwość wyłączenia reaktora jądrowego zgodnie ze scenariuszem bezpiecznego wyłączenia SSE (ang. *Safe Shutdown Earthquake*). Wymagania sejsmiczne stosowane są także w stosunku do obiektów energetyki jądrowej budowanych na terenach o niskim prawdopodobieństwie wystąpienia trzęsień ziemi.

Dodatkowymi wymogami dla tych urządzeń jest sprawdzenie funkcjonalności każdego elementu w bardzo intensywnych warunkach środowiskowych w zakresie wysokich temperatur i wilgotności oraz po procesie starzenia pod wpływem temperatury i promieniowania.

Normy IEC 60980 oraz IEEE 344 są dwoma głównymi standardami technicznymi stosowanymi do kwalifikacji rozdzielnic dla obiektów jądrowych pod względem możliwych narażeń związanych z trzęsieniem ziemi lub upadkiem dużego samolotu na budynki elektrowni. Widma występujących drgań podłoża nie są sprecyzowane w powyższych normach, ze względu na to, że mogą się one istotnie różnić w zależności od regionu geograficznego i przyjętej konstrukcji budynków elektrowni.

Badanie sejsmiczne, dla których założenia pochodzą z zapisów drgań rzeczywistych trzęsień ziemi, zwykle bazują na wykonaniu badania wibracyjnego, wieloczęstotliwościowego w trzech niezależnych osiach, ze

sztuczną syntezą drgań z danego wymaganego spektrum odpowiedzi RRS (ang. *Required Response Spectrum*), biorącego pod uwagę lokalizację geograficzną oraz konstrukcję obiektu budowlanego. Metoda ta jest uważana za najlepszy sposób symulacji obciążeń sejsmicznych podczas kwalifikacji urządzeń dla elektrowni jądrowych.

Podczas badania sejsmicznego sprawdzane są dwa scenariusze:

- **OBE/S1** – eksploatacyjne trzęsienie ziemi (ang. *operating basis earthquake*), którego można oczekiwać w danej lokalizacji w ciągu okresu istnienia EJ przy uwzględnieniu regionalnej i miejscowej geologii i sejsmologii oraz specyficznych charakterystyk miejscowego gruntu. Według MAEA jest ono określane jako S1. Przy wstrząsach spowodowanych trzęsieniem ziemi elementy EJ potrzebne do jej dalszego funkcjonowania powinny pozostać sprawne tak, że drgania sejsmiczne nie stanowią istotnego zagrożenia w danym rejonie i pozwalają na zachowanie ciągłości pracy elektrowni.
- **SSE/S2** – maksymalne obliczeniowe trzęsienie ziemi (*safe shutdown earthquake*) przyjmowane na podstawie danych historycznych do projektowania systemów bezpieczeństwa EJ. Przez MAEA jest ono określane jako S2. Są to maksymalne ruchy gruntu rozważane w projekcie sejsmicznym EJ, stwarzające zagrożenie dla określonych konstrukcji, układów i komponentów niezbędnych dla zachowania integralności układu chłodzenia reaktora a zatem wymagające jego bezpiecznego wyłączenia i utrzymania go bezpiecznie w stanie wyłączonym.

Kwalifikacja rozdzielnic SN dla użycia w elektrowni jądrowej wymaga również przeprowadzenia badań kompatybilności elektromagnetycznej (ECM), związanych z wystąpieniem silnego narażenia elektromagnetycznego w warunkach awarii. Wymagane jest przeprowadzenie dwóch rodzajów badań na kompletnej rozdzielnicy oddających rzeczywistą konfigurację urządzeń aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki oraz okablowania obwodów wtórnych:

- Badanie odporności (ang. *immunity testing*) – służy sprawdzeniu niepodatności urządzenia na zakłócenia elektromagnetyczne w szerokim zakresie częstotliwości.
- Badanie emisji (ang. *emission testing*) – służy sprawdzeniu emisji w formie zakłóceń pola elektromagnetycznego i zakłóceń wprowadzanych do obwodu przez poszczególne elementy wyposażenia rozdzielnicy w szerokim zakresie częstotliwości.

Częścią badania jest szczegółowy test funkcjonalny wszystkich funkcji sterowania, zabezpieczeń i pomiarów. Proces kwalifikacji oprogramowania wykonuje się zgodnie z normą jądrową IEC 60780 *Nuclear power plants – Electrical equipment of the safety system – Qualification* (Elektrownie jądrowe – Urządzenia elektryczne w układach bezpieczeństwa – Kwalifikacja).

Badania sejsmiczne wykonuje się również dla rozdzielnic niskiego napięcia i centrów sterowania silnikami elektrycznymi. Przykładem rozdzielniczy zgodnej z wymaganiami bezpieczeństwa sejsmicznego dla elektrowni jądrowych wydanymi przez EDF jest rozdzielnica nn typu Okken produkcji firmy Schneider Electric.

4.4.3. Transformatory

Transformatory SN/nn zainstalowane zarówno w wyspie jądrowej jak i turbinowej służą do przekazywania energii elektrycznej z głównych szyn zasilania średniego napięcia (6 kV, 10 kV) do rozdzielnic niskiego napięcia 400 V i 690 V. W przypadku zastosowań w elektrowni jądrowej najważniejszymi czynnikami dla pozytywnej kwalifikacji transformatorów jest ich bezpieczeństwo przeciwpożarowe i sejsmiczne. (Rys. 22). Najbezpieczniejszym rodzajem transformatorów stosowanych w elektrowni jądrowej są transformatory suche z izolacją z żywicy epoksydowej. Stosowane dawniej transformatory olejowe były w kilku przypadkach przyczyną groźnych pożarów, m.in. w amerykańskiej energetyce jądrowej. Współcześnie produkowane transformatory żywiczne osiągają moc znamionową nawet do 40 MVA, mogą więc z powodzeniem być wykorzystane w układach potrzeb własnych elektrowni jądrowej. Podobnie jak w przypadku rozdzielnic również transformatory suche spełniać muszą surowe wymagania sejsmiczne dla zakwalifikowania do projektu jądrowego. W nowym bloku elektrowni Olkiluoto 3 w Finlandii w układzie wzbudzenia generatora blokowego zastosowano transformator żywiczny typu GEAFOL produkcji firmy Siemens. W dwóch starszych blokach Olkiluoto 1 i 2 wymieniono dotychczasowe transformatory na transformatory suche RESIBLOC firmy ABB (19 jednostek o mocach do 3150 kVA).

Transformatory blokowe oraz transformatory główne potrzeb własnych wykonuje się jako jednostki olejowe, jednakże ze względu na sposób instalacji (daleko od budynku reaktora, na ogół na terenie rozdzielni napowietrznej) nie stanowią one istotnego zagrożenia pożarowego dla instalacji jądrowych.



Rysunek 22. Wymiana transformatora mocy w Elektrowni Jądrowej Beaver Valley w Pensylwanii [First Energy Nuclear Operating Co.]

4.4.4. Agregaty prądowórcze z silnikami wysokoprężnymi

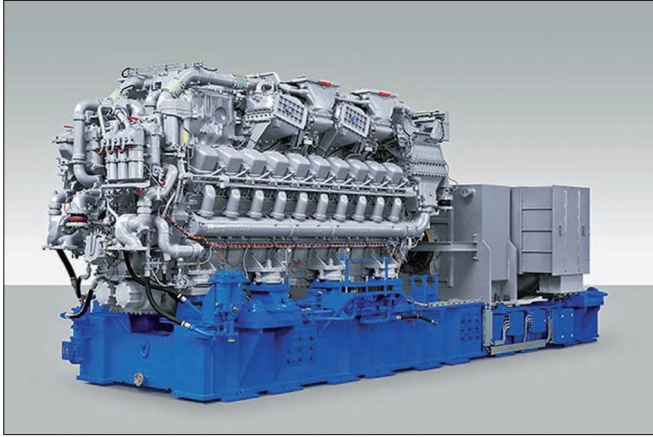
Każda elektrownia jądrowa musi być wyposażona w układy zasilania awaryjnego, najczęściej bazujące na agregatach prądowórczych napędzanych spalinowymi silnikami wysokoprężnymi (Diesla), (EDG – ang. *Emergency Diesel Generator*). Ich zadaniem jest dostarczenie energii elektrycznej dla urządzeń potrzeb własnych bloku elektrowni jądrowej w awaryjnym stanie pracy, także w sytuacji całkowitej utraty zasilania z zewnętrznych linii średnich i wysokich napięć energetyki zawodowej. Najważniejszym zadaniem zasilania awaryjnego jest zapewnienie pracy układów zapewniających prawidłowe wystudzenie reaktora przez kilkadziesiąt godzin po potencjalnej awarii. W przypadku reaktorów II generacji zadziałanie układów zasilania awaryjnego przy utracie zasilania z sieci zewnętrznej miało podstawowe znaczenie dla wygaszenia bloku jądrowego przy poważnej awarii. W przypadku nowoczesnych konstrukcji reaktorów III generacji – przede wszystkim Westinghouse AP1000 oraz General Electric / Hitachi ESBWR, zaopatrzonych w układy bezpieczeństwa pasywnego, blok jądrowy osiąga bezpiecznie stan wyłączenia także przy braku zasilania z zewnątrz.

Dwa podstawowe czynniki zdecydowały o powszechnym użyciu agregatów z silnikami Diesla w układach zasilania awaryjnego elektrowni jądrowych, jeszcze w początkowym okresie rozwoju energetyki jądrowej w USA:

1. Na podstawie możliwych scenariuszy awarii określono, jak szybko musi być dostarczone zasilanie elektryczne dla układu awaryjnego chłodzenia rdzenia reaktora ECCS (ang. *Emergency Core Cooling System*), aby uniknąć jego przegrzania. Wiele spośród wczesnych reaktorów jądrowych wymagało włączenia zasilania dla układu ECCS w ciągu zaledwie 15 do 30 sekund. Dla zachowania marginesu bezpieczeństwa przyjęto wówczas, że maksymalne opóźnienie w dostarczeniu napięcia z awaryjnego źródła zasilania dla odbiorów zasilanych w pierwszej kolejności nie może przekraczać 10 sekund. Dalsze odbiory podłączane są do zasilania awaryjnego stopniowo zgodnie z ustaloną przez projektanta sekwencją ich włączania.
2. Uznano, że agregaty dieslowskie są dostatecznie niezawodnymi źródłami energii elektrycznej zdolnymi do bardzo szybkiego rozruchu i szybkiego przejścia dużego obciążenia. Dodatkowym argumentem było zastosowanie analogicznego układu w pierwszych siłowniach jądrowych budowanych na potrzeby Marynarki Wojennej Stanów Zjednoczonych.

Konfiguracja układów zasilania awaryjnego w elektrowni jądrowej zapewniać musi redundancję (ich zwielokrotnienie dla podwyższenia poziomu niezawodności). Z zasady powinny być stosowane co najmniej dwa wzajemnie się rezerwujące układy, choć bywa stosowane zwielokrotnienie trzy- lub czterokrotne. Rozmieszczenie siłowni dieslowskich zapasowego układu zasilania względem budynku reaktora również ma znaczenie dla bezpieczeństwa: poszczególne siłownie rozmieszcza się w odpowiednich odległościach od siebie, po różnych stronach budynku reaktora, co stanowi dodatkowe zabezpieczenie przed zagrożeniem nadchodzącym z określonego kierunku – np. upadku dużego samolotu albo uderzenia fali tsunami na teren elektrowni.

W agregatach prądotwórczych przeznaczonych dla elektrowni jądrowych stosuje się silniki Diesla o średniej (500 do 700 obr./min.) bądź wysokiej wartości znamionowej prędkości obrotowej (900 do 1000 obr./min.). Moc znamionowa silnika spalinowego wynosi od 3 do 7 MW dla silników wysokoobrotowych i do 15 MW dla średnioobrotowych. Praktycznie wszyscy producenci stosują silniki z cylindrami w układzie V, wyposażone w od 12 do 20 cylindrów (Rys. 23). Przeciężenie znamionowe agregatu wynosi: 110% w ciągu dwóch godzin, co 24 godziny.



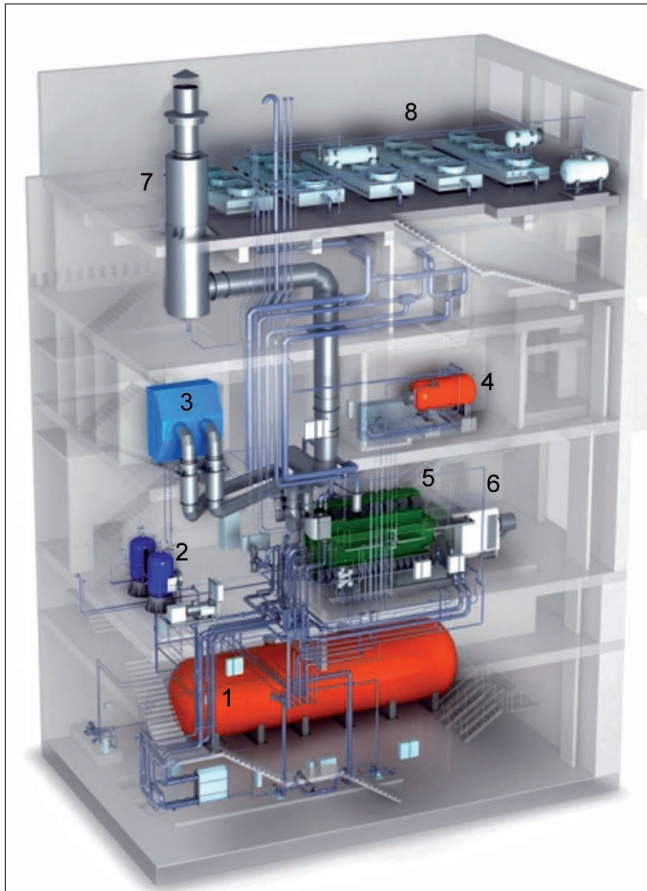
Rysunek 23. Agregat prądowórczy typu MTU 20V 956 TB 34 o mocy elektrycznej 6,3 MW przeznaczony do zasilania awaryjnego w elektrowniach jądrowych [MTU Friedrichshafen GmbH]

Generatory z silnikami wysokoprężnymi zwykle wymagają sprężonego powietrza do rozruchu. Układy pomocnicze dla generatorów Diesla obejmują (Rys. 24):

- instalację sprężonego powietrza do rozruchu,
- instalację pneumatyczną dla przepustnic układu chłodzenia powietrznego, urządzeń pneumatycznych i zaworów sterowanych pneumatycznie,
- instalację oleju smarującego,
- instalację do wodnego chłodzenia silnika wysokoprężnego,
- radiatory do chłodzenia powietrznego lub wodną instalację chłodzącą,
- układ chłodzenia oleju,
- turbosprężarki.

W Stanach Zjednoczonych wiodącym dostawcą układów zasilania awaryjnego bazujących na średnioobrotowych (500–1000 obr./min.) silnikach Diesla jest firma **Fairbanks Morse Engine** (<http://www.fairbanksmorse.com/>) z zakładami produkcyjnymi zlokalizowanymi w Beloit w stanie Wisconsin. Przedsiębiorstwo to zdobyło duże doświadczenie w energetyce jądrowej począwszy od lat pięćdziesiątych ub. stulecia pracując przy projektach pierwszych siłowni jądrowych w początkach tworzenia się floty jądrowej US Navy. Doświadczenia z rynku wojskowego ułatwiły i umocniły pozycję Fairbanks Morse na rynku cywilnej energetyki jądrowej. Obecnie ponad 60% elektrowni jądrowych w USA wyposażone jest w układy zasilania awaryjnego Fairbanks Morse Engine.

W Europie jednym z najważniejszych producentów siłowni zasilania awaryjnego dla elektrowni jądrowych jest niemiecka firma **MTU Friedrichshafen GmbH** (<http://www.mtu-online.com/>; marka MTU Onsite Energy), stanowiąca obecnie część koncernu Rolls-Royce, zlokalizowana



Rysunek 24.
Przykładowa
zabudowa agregatu
prądotwórczego do
awaryjnego zasilania
potrzeb własnych
w elektrowni jądrowej:
1 – zbiornik oleju
napędowego,
2 – zbiorniki sprężonego
powietrza do rozruchu
agregatu,
3 – czerpnia powietrza
z filtrami wlotowymi,
4 – zbiornik oleju układu
smarowania silnika,
5 – silnik wysokoprężny,
6 – generator elektryczny,
7 – komin gazów
spalinowych z tłumikiem,
8 – układ chłodzenia
– radiatory
z wentylatorami
[Alstom – General
Electric]

we Friedrichshafen nad Jeziorem Bodeńskim. Drugim europejskim znaczącym producentem układów zasilania awaryjnego dla elektrowni jądrowych obejmujących zakres mocy od 3 MW do 10 MW są francuskie zakłady firmy **Alstom** (<https://www.gepower.com/>; obecnie w składzie koncernu General Electric).

Obecnie alternatywnym rozwiązaniem wobec agregatów prądotwórczych z silnikami Diesla stać się mogą nowoczesne układy ogniw paliwowych PEM, wykorzystujących paliwo wodorowe. Instalacje o mocy do 100 kVA produkcji firmy Areva NP są już obecnie testowane we francuskiej energetyce jądrowej.

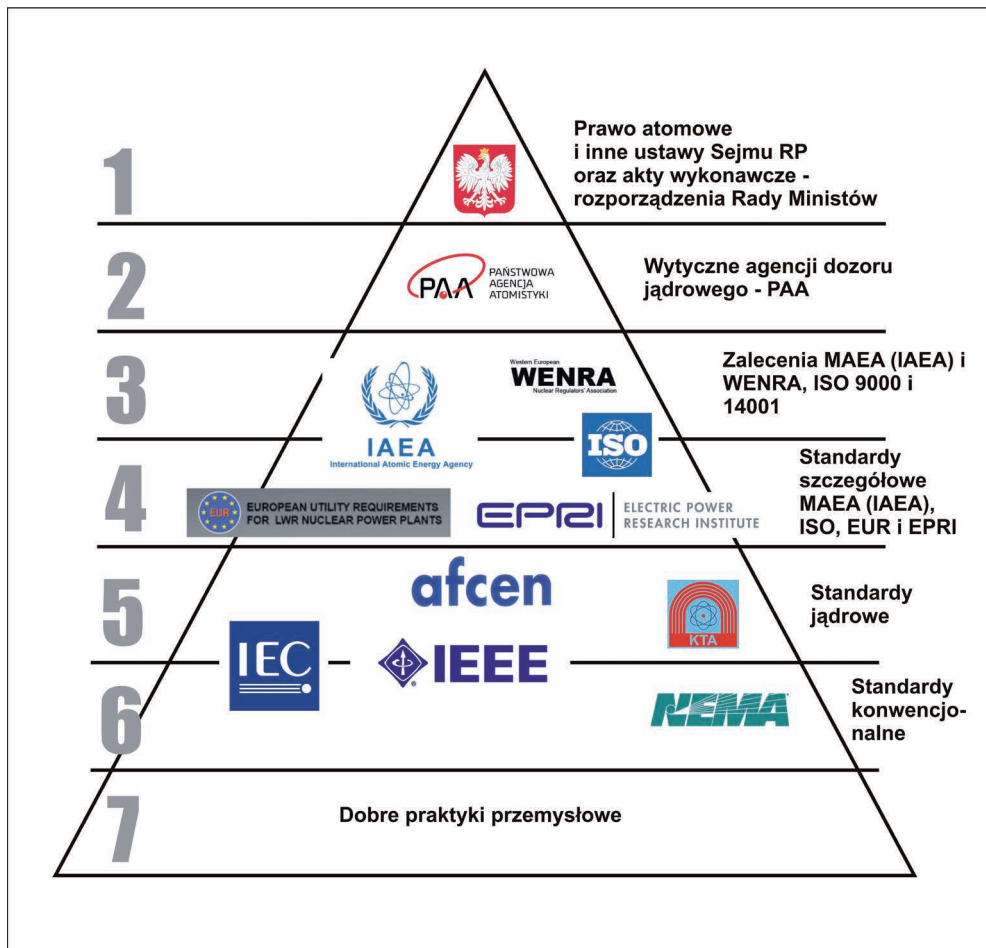
WYMAGANIA TECHNICZNE DLA CZĘŚCI ELEKTRYCZNEJ ELEKTROWNI JĄDROWEJ WEDŁUG DOKUMENTÓW PRAWNYCH, NORMALIZACYJNYCH I DORADCZYCH

5.1. WPROWADZENIE

Budowa i eksploatacja elektrowni jądrowej, w tym jej części elektrycznej, z oczywistych względów poddana jest ściślemu, niezwykle sformalizowanemu systemowi przepisów i regulacji. Krajowe instytucje nadzoru jądrowego, inwestorzy, operatorzy oraz sami wykonawcy elektrowni jądrowych wypracowali w minionych dziesięcioleciach restrykcyjne wymogi dotyczące jakości materiałów, produktów, układów i prac wykonawczych związanych z budową i eksploatacją elektrowni jądrowej. W chwili obecnej branża energetyki jądrowej dysponuje specjalnymi, specyficznymi wymogami ujętymi w formie odpowiednich norm i przepisów. Zahamowanie rozwoju energetyki jądrowej w Polsce na początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia spowodowało, że brak jest obecnie pełnych regulacji krajowych w tym obszarze. W sukurs mogą tu przyjść pakiety wymagań technicznych opracowanych w krajach, z których pochodzą dostawcy technologii reaktorów energetycznych – przede wszystkim z Francji i Stanów Zjednoczonych. Warto jest też zwrócić uwagę na przepisy obowiązujące w innych krajach dysponujących dużym doświadczeniem w tej dziedzinie: Niemczech, Kanadzie i Rosji.

5.2. PRAWO ATOMOWE ORAZ INNE USTAWY I ROZPORZĄDZENIA

Hierarchia przepisów prawnych, norm i dokumentów doradczych obowiązujących i wykorzystywanych praktycznie przy realizacji przedsięwzięć w obrębie energetyki jądrowej bywa dość powszechnie opisywana za pomocą „piramidy” (Rys. 25). Na jej wierzchołku znajduje się podstawowa ustawa precyzująca wymagania dla energetyki jądrowej z punktu widzenia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej i inne usta-



Rysunek 25. Hierarchia przepisów prawnych, norm i dokumentów doradczych obowiązujących i wykorzystywanych praktycznie przy realizacji części elektrycznej elektrowni jądrowej

wy wyznaczające ramy funkcjonowania energetyki jądrowej na terytorium kraju. W Polsce podstawowym aktem prawnym jest ustawa „**Prawo atomowe**” z dnia 9 listopada 2000 r. (najnowszy tekst ujednolicony z dnia 19 maja 2016 r.) precyzująca wymagania dla obiektu jądrowego z punktu widzenia bezpieczeństwa i ochrony radiologicznej. W Stanach Zjednoczonych analogicznym dokumentem jest „**Atomic Energy Act**” z 1954 r. z późniejszymi zmianami. Dodatkowo wymagania dotyczące procesów licencjonowania obiektów energetyki jądrowej zawarte są w ustawie z dnia 29 czerwca 2011 r. o przygotowaniu i realizacji inwestycji w zakresie obiektów energetyki jądrowej oraz inwestycji towarzyszących (Dz.U. z 2011 r. poz. 789). Ustawy przyjmowane przez Sejm RP i określone w konstytucji organy władzy ustawodawczej, tworzą ogólną strukturę prawną i organizacyjną dla funkcjonowania państwowej agencji dozoru jądrowego.

Z wyżej wymienionymi ustawami powiązane są odpowiednie akty wykonawcze – rozporządzenia Rady Ministrów:

- z dnia 31 sierpnia 2012 r. w sprawie wymagań bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej, jakie uwzględniać musi projekt obiektu jądrowego (Dz.U. z 2012 r. poz. 1048);
- z dnia 11 lutego 2013 r. w sprawie wymagań dotyczących rozruchu i eksploatacji obiektów jądrowych (Dz.U. z 2013 r. poz. 281),
- z dnia 31 sierpnia 2012 r. w sprawie zakresu i sposobu prowadzenia analiz bezpieczeństwa przeprowadzanych przed wystąpieniem z wnioskiem o wydanie zezwolenia na budowę obiektu jądrowego oraz zakresu wstępnego raportu bezpieczeństwa dla obiektu jądrowego (Dz.U. z 2012 r. poz. 1043);
- z dnia 11 lutego 2013 r. w sprawie wymagań bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej dla etapu likwidacji obiektów jądrowych oraz zawartości raportu z likwidacji obiektu jądrowego (Dz.U. z 2012 r. poz. 270).

Najważniejszym obecnie aktem wykonawczym do prawa atomowego w Polsce, określającym wymagania z zakresu bezpieczeństwa instalacji jądrowych, jest Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 17 grudnia 2013 r. w sprawie rodzajów urządzeń technicznych podlegających dozorowi technicznemu w elektrowni jądrowej (Dz.U. z 2014 r. poz. 111 na podstawie art. 5 ust. 4 ustawy z dnia 21 grudnia 2000 r. o dozorcze technicznym), oraz Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 20 maja 2016 r. w sprawie warunków technicznych dozoru technicznego dla urządzeń technicznych lub urządzeń podlegających dozorowi technicznemu w elektrowni jądrowej (Dz.U. z 2016 r. poz. 909)

5.3. POZIOM DRUGI – WYTYCZNE DOZORU JĄDROWEGO

Poziom drugi „piramidy” tworzą wytyczne techniczno-organizacyjne agencji dozoru jądrowego, definiujące zalecane sposoby spełnienia obligatoryjnych wymagań przepisów ustawy i odpowiednich rozporządzeń. W Polsce rolę centralnego organu administracji rządowej właściwego w sprawach bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej” (art 109 PA) pełni Prezes **Państwowej Agencji Atomistyki (PAA)** – <http://www.paa.gov.pl/>). Celem wytycznych wydawanych przez Prezesa PAA jest sprecyzowanie zasad współpracy pomiędzy dozorem jądrowym a operatorami obiektów energetyki jądrowej w zakresie wykonywania ustaw i rozporządzeń dotyczących bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej.

W krajach rozwijających energetykę jądrową od dziesięcioleci istnieją rozbudowane systemy przepisów wydanych przez krajowe organy nadzoru jądrowego odnoszące się bardzo szczegółowo do zasad tworzenia i eksploatacji infrastruktury energetyki jądrowej. W Stanach Zjednoczonych odpowiednikiem polskiej PAA jest niezależna agencja rządowa **Nuclear Regulatory Commission (NRC)** – <http://www.nrc.gov/>, której podstawowym zadaniem jest ochrona zdrowia publicznego i bezpieczeństwa przed zagrożeniami jakie mogą być potencjalnie związane z energetyką jądrową. Podstawowym zbiorem dokumentów dozoru jądrowego w USA jest **Title 10 of the Code of Federal Regulations** (w skrócie 10 CFR), zawierający podstawowy zestaw zasad i przepisów wydanych przez agencje rządu Stanów Zjednoczonych dotyczących energetyki jądrowej – „wymagania wiążące wobec wszystkich osób i organizacji, które otrzymały od NRC licencję na stosowanie materiałów jądrowych lub eksploatację instalacji jądrowych”. Zbiór ten jest powszechnie dostępny, zarówno w formie drukowanej jak i plików elektronicznych w internecie – <http://www.nrc.gov/reading-rm/doc-collections/cfr/>. Zawiera on liczne, szczegółowe regulacje odnoszące się do układów elektrycznych elektrowni jądrowych, w tym np. układów zasilania awaryjnego bazujących na agregatach prądotwórczych z silnikami wysokoprężnymi, kabli stosowanych w urządzeniach jądrowych i sposobów ich układania i szerokiego spektrum urządzeń elektrycznych stosowanych w elektrowniach jądrowych.

5.4. POZIOM TRZECI – ZALECENIA MAEA I WENRA DOTYCZĄCE PODSTAW BEZPIECZEŃSTWA W ENERGETYCE JĄDROWEJ

Realizacja współczesnych przedsięwzięć w dziedzinie energetyki jądrowej odbywa się pod istotnym wpływem wytycznych mających formę standardów i dokumentów doradczych wydawanych przez organizacje międzynarodowe, w tym przede wszystkim przez **Międzynarodową Agencję Energii Atomowej (MAEA; ang. *International Atomic Energy Agency – IAEA*)**. Podstawowe dokumenty MAEA ustanawiające standardy bezpieczeństwa elektrowni jądrowych to: „**Podstawy Bezpieczeństwa**” (ang. *Safety Fundamentals*) oraz „**Wymagania Bezpieczeństwa**” (ang. *Safety Requirements*) wchodzące w skład kolejnego poziomu wspomnianej wcześniej „piramidy”. Ogromna część dokumentów MAEA jest powszechnie dostępna na stronie internetowej tej organizacji <http://www-ns.iaea.org/>, głównie w języku angielskim, ale często także z tłumaczeniami na inne języki (francuski, hiszpański, rosyjski, chiński i arabski). Opis „Podstaw Bezpieczeństwa” dla instalacji jądrowych sporządzony jest w sposób zrozumiały dla czytelnika bez specjalistycznego przygotowania w celu przekazania i uzasadnienia norm bezpieczeństwa dla osób na wyższych szczeblach w organach rządowych i regulacyjnych. Z kolei „Wymagania Bezpieczeństwa” ustalają wymagania, które muszą być spełnione dla zapewnienia ochrony ludzi i środowiska, zarówno teraz, jak i w przyszłości. Wymagania te są regulowane w oparciu o cele i zasady zawarte w „Podstawach Bezpieczeństwa”. Format i styl w jaki sformułowane są „Wymagania Bezpieczeństwa” mają w założeniu ułatwić ich stosowanie przez państwa członkowskie MAEA do ustanawiania, w zharmonizowany sposób, własnych regulacji i przepisów.

Spośród innych przepisów wchodzących w skład trzeciego poziomu można wymienić dwa fundamentalne dokumenty organizacji **WENRA** (ang. *Western European Nuclear Regulators' Association*) – Zachodnioeuropejskiego Stowarzyszenia Organizacji Nadzoru Jądrowego, w której polska Państwowa Agencja Atomistyki ma status obserwatora. Dokumenty te to: „**Poziomy referencyjne bezpieczeństwa dla istniejących reaktorów jądrowych**” (ang. *Safety Reference Levels for Existing Reactors*) oraz „**Oświadczenie o celach bezpieczeństwa dla nowych reaktorów jądrowych**” (ang. *Statement on Safety Objectives for New Nuclear Power Reactors*). Z treścią tych dokumentów w języku angielskim, służących przede wszystkim harmonizacji standardów bezpieczeństwa dla istniejących

i nowych reaktorów jądrowych, można zapoznać się na stronie internetowej tej organizacji: <http://www.wenra.org/>.

Na tym poziomie kodeksów i standardów znajdują się także dość dobrze znane we współczesnym przemyśle wymagania norm ISO (ang. *International Organization for Standardization*) w zakresie zapewnienia jakości – **ISO 9001** oraz spełnienia wymagań ochrony środowiska naturalnego **ISO 14001** uzupełnione, wedle decyzji inwestorów, o wymagania jakości *stricte* jądrowej: NQA-1 czy NSQ-100 (patrz także p. 6.2 niniejszego opracowania).

5.5. POZIOM CZWARTY – STANDARDY SZCZEGÓLOWE MAEA, ISO, EUR I EPRI

Na kolejnym poziomie kodeksów i standardów liczące się miejsce zajmują „Przewodniki bezpieczeństwa” (ang. „*Safety Guides*”) Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej, dostępne na stronie internetowej tej organizacji w języku angielskim. W zakresie części elektrycznej elektrowni jądrowej na szczególną uwagę zasługują tu:

- Szczegółowy przewodnik dotyczący bezpieczeństwa nr **SSG-34** (ang. *Specific Safety Guide No. SSG-34*) „**Projektowanie układów zasilania elektrycznego potrzeb własnych elektrowni jądrowych**” (ang. *Design of Electrical Power Systems for Nuclear Power Plants*) oraz
- Szczegółowy przewodnik dotyczący bezpieczeństwa nr **SSG-39** (ang. *Specific Safety Guide No. SSG-39*) „**Projektowanie układów oprzyrządowania i sterowania dla elektrowni jądrowych**” (ang. *Design of Instrumentation and Control Systems for Nuclear Power Plants*).
- Szczegółowy przewodnik dotyczący bezpieczeństwa nr **SSG-30** (ang. *Specific Safety Guide No. SSG-30*) „**Klasyfikacja bezpieczeństwa, struktur, systemów i komponentów w elektrowniach jądrowych**” (ang. *Safety Classification of Structures, Systems and Components in Nuclear Power Plants*).

Tłumaczenie polskie zakresu tematycznego zawartego w powyższych przewodnikach zamieszczone jest w **Załączniku A**. Przewodniki MAEA zawierają nieobligatoryjne wytyczne i zalecenia, często wykorzystywane jako podstawa dla przygotowania przepisów krajowych państw członkowskich MAEA.

Kolejną grupą standardów na tym poziomie są normy ISO należące do grupy: **27.120.20: Elektrownie jądrowe. Bezpieczeństwo** (ang. *Nuclear*

power plants. Safety). Grupa ta obejmuje obecnie 11 standardów. W zakresie ogólnym do zagadnień związanych z częścią elektryczną oraz układami pomiarów i sterowania związane są normy dotyczące wymiany informacji ISO 6527 i ISO 8107 a także niezawodności urządzeń ISO 7385. Opis tych norm został umieszczony w **Załączniku B**.

Współczesne projekty jądrowych bloków energetycznych budowanych w krajach wysokorozwiniętych (głównie w Europie i USA) będą podlegać wspólnym wymogom opracowanym przez interesariuszy przemysłu jądrowego – w tym operatorów i dostawców. Wymogi takie zapisane w formie standardów zawierają szczegółowe wymagania techniczne dla projektu, konstrukcji, urządzeń i układów jądrowego bloku energetycznego jak również stanowią źródło wymagań technicznych dla zawieranych kontraktów na projektowanie, dostawy i roboty budowlano-montażowe. Wymagania te mają kluczowe znaczenie dla generalnego wykonawcy elektrowni jądrowej i przez to także dla podwykonawców w zakresie wymagań technicznych i organizacyjnych dla realizowanych kontraktów.

W Europie istotną rolę odgrywa organizacja **EUR** (ang. *European Utility Requirements for LWR nuclear power plants*) – <http://www.europeanutilityrequirements.org/>, zrzeszająca firmy sektora energetycznego (zakłady energetyczne) zaangażowane w budowę nowych bloków elektrowni jądrowych z reaktorami lekkowodnymi. W skład EUR wchodzi obecnie: CEZ (Czechy), EDF Group (Francja), EDF Energy (Wielka Brytania), Endesa (Hiszpania), Energoatom (Ukraina), Fortum (Szwecja), GEN Energija (Słowenia), Iberdrola (Hiszpania), MVM Group (Węgry), NRG (Holandia), Rosenergoatom (Rosja) Tractebel Engineering (Belgia), TVO (Finlandia), Vattenfall (Szwecja, Niemcy) i VGB PowerTech (Niemcy).

Europejscy operatorzy elektrowni jądrowych uczestniczą w ramach tej organizacji w tworzeniu standardów technicznych EUR. Regulacje te mają służyć harmonizacji i stabilizacji warunków dla projektowania i budowy zestandaryzowanych elektrowni jądrowych z reaktorami lekkowodnymi w pierwszych dekadach XXI wieku, m.in. dla poprawy konkurencyjności i akceptacji społecznej elektrowni jądrowych. Spółki energetyczne wchodzące w skład organizacji EUR dążą do promowania harmonizacji zasad projektowania przyszłych elektrowni jądrowych także w krajach leżących poza Starym Kontynentem.

Normy EUR odnoszące się do części elektrycznej oraz układów aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki elektrowni jądrowej to przede wszystkim:

- **EUR Wolumin 2, Rozdział 2.3** (Volume 2, Chapter 2.3): **Wymagania dotyczące sieci** (ang. *Grid requirements*) – omawiający warunki współpracy bloku jądrowego z siecią przesyłową energetyki zawodowej.
- **EUR Wolumin 4, Rozdział 5** (Volume 4, Chapter 5): **Układy turbozespołu blokowego** (ang. *Main turbine generator systems*) – w części odnoszącej się do generatora i jego układów pomocniczych;
- **EUR Wolumin 4, Rozdział 7** (Volume 4, Chapter 7): **Układy zasilania elektrycznego** (ang. *Electric power systems*) – dotyczący układu wyprowadzenia mocy, układów zasilania elektrycznego potrzeb własnych bloku, instalacji słaboprądowych, oświetlenia, ochrony odgromowej i uziemienia.
- **EUR Wolumin 4, Rozdział 10** (Volume 4, Chapter 10): **Opomiarowanie i sterowanie** (ang. *Instrumentation and Control*) – dotyczący głównie układów AKPiA turbozespołu bloku jądrowego.

W **Załączniku C** zamieszczone są szczegółowe informacje na temat zakresu tematycznego wymienionych wyżej standardów EUR.

W Stanach Zjednoczonych tworzeniem nowych standardów dla elektrowni jądrowych zajmuje się **Electric Power Research Institute, Inc. (EPRI)** – Instytut Badawczy Elektroenergetyki z siedzibą w Palo Alto w Kalifornii prowadzący prace badawczo-rozwojowe związane z wytwarzaniem, dostarczaniem i wykorzystaniem energii elektrycznej z korzyścią dla społeczeństwa. Jest to niezależna organizacja *non-profit* zrzeszająca naukowców i inżynierów, jak i ekspertów ze środowiska akademickiego i przemysłu. Instytut EPRI opracowuje publikacje techniczne URD (ang. *Utility Requirements Document*). Na stronie internetowej tej organizacji <http://www.epri.com/> dostępny jest pełny katalog publikacji wraz ze streszczeniami ich zawartości. Niektóre z publikacji URD dostępne są do bezpłatnego ściągnięcia w pliku PDF, choć najważniejsze, obszerne dokumenty mogą być pozyskane tylko odpłatnie. W odniesieniu do nowych konstrukcji reaktorów lekkowodnych (w tym m.in. EPR, AP1000 i ESBWR) na uwagę zasługują bardzo obszerne omówienia wymagań stawianych im przez amerykańskie firmy energetyczne (łącznie z częścią elektryczną i AKPiA). Zestawienie przykładowych publikacji EPRI-URD zamieszczone jest w **Załączniku D**.

5.6. POZIOM PIĄTY – SPECJALNE STANDARDY, NORMY I KODEKSY STOSOWANE W ENERGETYCE JĄDROWEJ

Inne kryteria techniczne mają na ogół postać norm, standardów i kodeksów opracowywanych przez komitety normalizacyjne, stowarzyszenia branżowe i operatorów obiektów jądrowych. Szczególne standardy jądrowe w sposób naturalny obejmują tylko część zagadnień związanych z projektowaniem, budową i eksploatacją elektrowni jądrowej (bądź innej instalacji jądrowej), służącej zapewnieniu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej. Standardy jądrowe na ogół ograniczają się przy tym do określenia szczególnych zasad obowiązujących w odniesieniu do obiektów jądrowych i specjalistycznych produktów i usług oraz wskazania jakie normy konwencjonalne należy stosować w odniesieniu do poszczególnych urządzeń i prac, jak również jakie są warunki i ograniczenia stosowania norm konwencjonalnych. Warto zauważyć, że dla zapewnienia jak największego (i określonego w szczegółowych przepisach) poziomu bezpieczeństwa eksploatacji instalacji jądrowej, praktycznie w wypadku każdej instalacji powstaje konieczność określenia pewnych szczególnych wymogów odbiegających od szerzej przyjmowanych norm krajowych bądź międzynarodowych, wynikających np. ze specyfiki danej lokalizacji lub połączenia przepisów krajowych z normami wykorzystywanymi przez konkretnego dostawcę. W praktyce oznacza to konieczność opracowania szczególnych załączników lub aneksów do typowych norm i standardów biorących pod uwagę lokalny porządek prawny i normalizacyjny.

W odniesieniu do urządzeń i układów elektrycznych elektrowni jądrowych szczególne znaczenie mają standardy jądrowe opracowane przez Międzynarodową Komisję Elektrotechniczną – IEC (ang. *International Electrotechnical Commission*). Kraje, w których od dziesięcioleci rozwijane są konstrukcje reaktorów energetycznych, takie jak USA, Francja, Rosja, Niemcy, Kanada i inne, posiadają własne systemy standardów jądrowych, które rozpowszechniają się w innych krajach wraz z eksportem technologii.

5.6.1. Standardy jądrowe IEC

Międzynarodowa Komisja Elektrotechniczna (ang. *International Electrotechnical Commission* – IEC) opublikowała znaczną liczbę standardów jądrowych odnoszących się do części elektrycznej elektrowni, aparatu-

ry kontrolno-pomiarowej i automatyki (AKPiA), przepustów kablowych w instalacjach jądrowych, a także specyficznej aparatury pomiarowej służącej do detekcji i pomiarów promieniowania jonizującego. Wiele spośród standardów jądrowych IEC odnoszących się do układów AKPiA elektrowni jądrowych zostało włączonych do polskiego porządku normalizacyjnego jako normy PN-EN oraz PN-IEC (w większości nie posiadają one polskiej wersji językowej a tylko polskie streszczenia). Zestawienie standardów jądrowych IEC zamieszczone jest w **Załączniku E-1**.

5.6.2. Francuski standard jądrowy AFCEN RCC-E

Dla planowanej budowy elektrowni jądrowej i ewentualnego udziału w niej polskiego przemysłu szczególne znaczenie mają szczegółowe dokumenty techniczne (nazywane w różnych opracowaniach w języku polskim normami, standardami, kodami lub kodeksami) opracowane przez francuskie stowarzyszenie *non-profit* AFCEN (fr. *Association Française pour les règles de conception et de construction des matériels des Chaudières Électro-Nucléaires* – <http://www.afcen.com/> – francuskie stowarzyszenie ds. zasad budowy bloków elektrowni jądrowych). Organizacja ta powstała w 1978 r. z inicjatywy operatora francuskich elektrowni nuklearnych EDF oraz głównego dostawcy technologii reaktorowej – firmy Framatome, bezpośredniej poprzedniczki późniejszego koncernu Areva NP. Obecnie w skład stowarzyszenia AFCEN wchodzi ok. 50 członków z Francji i innych krajów. Są nimi operatorzy instalacji jądrowych, dostawcy technologii i urządzeń, firmy konsultingowe, szkoleniowe i inne. Proces tworzenia się standardów AFCEN został zainicjowany w kwietniu 1978 r. W tym czasie pracowało lub budowane było we Francji 30 bloków elektrowni jądrowych. Praktyki w zakresie projektowania i budowy tych obiektów były już wysoce standaryzowane. Wówczas został już osiągnięty i konsekwentnie utrzymywany wysoki poziom jakości produktów i wykonywanych robót na obiektach energetyki jądrowej, pomimo trudności na jakie Francuzi napotykali w realizacji tak szerokiego programu inwestycyjnego. Wypracowane wtedy dobre praktyki zostały rozpowszechnione w specyfikacjach technicznych tworzonych przez producentów urządzeń. Ich sprawdzaniem zajął się koncern EDF, odpowiedzialny za wdrożenie odpowiedniej architektury standardu.

Poszczególne zbiory przepisów AFCEN kompleksowo obejmują poszczególne obszary związane z projektowaniem, budową, wyposażeniem,

uruchomieniem i eksploatacją elektrowni jądrowych w zakresie urządzeń mechanicznych, elektrycznych, a także wytwarzania paliwa jądrowego. W przepisach podane są szczegółowe parametry techniczne jakie spełniać muszą opisywane urządzenia i układy. Standardy AFCEN odnoszą się obecnie niemal wyłącznie do elektrowni jądrowych z reaktorami wodnymi ciśnieniowymi (PWR) – tj. takimi jak oferowane przez przemysł francuski tj. firmę EDF / Areva NP. Podstawowe grupy przepisów AFCEN obejmują zasady wykonawstwa, projektowania i konstrukcji w poszczególnych obszarach dla wysp jądrowych z reaktorami PWR:

- **RCC-M** – zasady projektowania i konstrukcji elementów mechanicznych;
- **RCC-E** – zasady projektowania i konstrukcji urządzeń elektrycznych;
- **RCC-CW** – zasady projektowania i realizacji robót budowlanych;
- **RCC-C** – zasady projektowania i produkcji zestawów paliwowych;
- **RCC-F** – zasady projektowania i wykonawstwa układów przeciwpożarowych;
- **RSE-M** – zasady prowadzenia przeglądów elementów mechanicznych wysp jądrowych z reaktorami PWR znajdujących się w eksploatacji.

Przepisy AFCEN oznaczone jako **RCC-MRx** obejmują zasady projektowania i produkcji elementów mechanicznych w konstrukcjach pracujących w wysokiej temperaturze, reaktorów badawczych oraz reaktorów do syntezy jądrowej. W praktyce jest on przeznaczony do stosowania w przypadku budowy reaktorów eksperymentalnych lub prototypowych, w tym obecnie realizowanego reaktora ITER.

Obecnie AFCEN pracuje nad nowym pakietem przepisów oznaczonym **RCC-D**, który ma określać ogólne zasady projektowania, budowy i rozbiórki wszelkich instalacji jądrowych. Ma on zostać opublikowany w końcu 2017 r.

W kontekście ewentualnej budowy elektrowni jądrowej w Polsce ważne jest, że przepisy AFCEN w dużym stopniu opierają się na konwencjonalnych europejskich standardach technicznych EN. Polska będąc członkiem Unii Europejskiej korzysta powszechnie ze zharmonizowanych norm PN-EN. Oczywiście w wielu zagadnieniach niewymagających specjalnego podejścia przepisy AFCEN powołują się również na normy francuskie NF (fr. *Norme française*), w tym zharmonizowane NF EN albo NF ISO, normy międzynarodowe ISO oraz normy amerykańskie ASME, ANSI, ASTM oraz AWS.

Zbiór norm RCC-E stanowi unikalny w skali światowej opis wymagań jakie spełniać muszą układy i urządzenia elektryczne elektrowni jądrowej z reaktorami typu PWR. Szczegółowy opis zawartości standardu RCC-E został zamieszczony w **Załączniku F**.

Do tej pory standardy RCC znalazły zastosowanie przy budowie reaktorów konstrukcji francuskiej lub wywodzącej się z technologii francuskiej, tj. Framatome P4 i N4 we Francji, M310 w Chinach, Republice Południowej Afryki oraz Republice Korei, chińskich reaktorów CPR-600 oraz obecnie realizowanych reaktorów EPR w EJ Olkiluoto 3 w Finlandii i EJ Flamanville 3 we Francji. Zaktualizowane i dostosowane do lokalnego porządku normalizacyjnego wersje standardów RCC będą również stosowane, po dokonaniu adaptacji do krajowego porządku normalizacyjnego, w czasie budowy następnych bloków z reaktorami EPR w EJ Hinkley Point C w Wielkiej Brytanii.

5.6.3. Amerykańskie standardy jądrowe IEEE

Standardy jądrowe w Stanach Zjednoczonych tworzone są przede wszystkim przez dwie organizacje: Amerykańskie Stowarzyszenie Inżynierów Mechaników – **ASME** (ang. *American Society of Mechanical Engineers*) – w bardzo szerokim zakresie zagadnień związanych z konstrukcją reaktora, części parowej bloku i innych elementów mechanicznych, oraz Instytutu Inżynierów Elektryków i Elektroników – **IEEE** (ang. *Institute of Electrical and Electronics Engineers*). Zagadnienia te są niezwykle istotne z punktu widzenia części mechanicznej elektrowni, ale przekraczają zakres tematyczny niniejszego opracowania i nie będą tu omawiane.

IEEE, będąca pierwotnie organizacją zrzeszającą inżynierów elektryków i elektroników w Stanach Zjednoczonych, ma obecnie zasięg globalny. Zajmuje się ona m.in. certyfikacją i standaryzacją urządzeń elektrotechnicznych i elektronicznych oraz formatów komputerowych. W zakresie przemysłu jądrowego, IEEE opracowuje standardy dotyczące projektowania i wykonawstwa urządzeń i instalacji elektrycznych i elektronicznych stosowanych w elektrowniach jądrowych, w tym urządzeń i instalacji klasyfikowanych jako tzw. ang. *Class 1E*, czyli stanowiących elementy układu zasilania najważniejszych odbiorników wpływających na bezpieczeństwo jądrowe i ochronę radiologiczną, także w stanach awaryjnych (np. układy awaryjnego zasilania układów bezpieczeństwa reaktora). Standardy jądrowe IEEE przedstawione są w **Załączniku G-1**. Obejmują one m.in. wymagania dla urządzeń elektrycznych stosowanych w elektrowniach jądrowych, opisują układy zasilania podstawowego i zapasowego, układy aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki i inne.

5.6.4. Niemieckie, kanadyjskie i rosyjskie standardy jądrowe

Jak już wspomniano, pomimo zaniechania rozwoju energetyki jądrowej w Niemczech, niemieckie normy jądrowe Niemieckiej Komisji d/s Norm Bezpieczeństwa Jądrowego – **KTA** (niem. *Kerntechnischer Ausschuss*) wciąż odgrywają istotną rolę (np. w połączeniu z innymi standardami normalizacyjnymi) w projektach realizowanych w innych krajach, szczególnie związanych z zastosowaniem reaktorów EPR, w tym np. Olkiluoto 3 i Flamanville 3. Spośród 116 obowiązujących standardów KTA większość z norm dotyczących elektrycznej części elektrowni jądrowej należy do tzw. Działu 3 norm KTA dotyczących zasad projektowania, produkcji, prowadzenia prób i odbiorów elementów elektrowni jądrowych. Są one przedstawione w **Załączniku H**, razem z normą **DIN 25478** dotyczącą zasad stosowania oprogramowania komputerowego do oceny ochrony przed zaistnieniem przypadkowej reakcji łańcuchowej.

Na uwagę zasługuje również zbiór kanadyjskich standardów jądrowych **CSA N** (ang. *Canadian Standards Association*). Jest on szczególnie ważny dla elektrowni wyposażonych w reaktory ciężkowodne CANDU. Wybór norm CSA N dotyczący części elektrycznej elektrowni jądrowej zamieszczony jest w **Załączniku I**.

Normy jądrowe rosyjskie **GOST** (ros. *Государственный стандарт* – rosyjska norma państwowa) oraz **PNAE** (ros. *Правила и нормы в атомной энергетике* – zasady i normy w energetyce jądrowej) mogą mieć istotne znaczenie dla polskich przedsiębiorstw zabiegających o dostawy do elektrowni budowanych z wykorzystaniem technologii reaktorowej pochodzącej z b. ZSRR / Rosji. Wybór norm GOST i PNAE dotyczących części elektrycznej elektrowni jądrowej zamieszczony jest w **Załączniku J**.

5.7. POZIOM SZÓSTY – KONWENCJONALNE STANDARDY TECHNICZNE DLA URZĄDZEŃ I UKŁADÓW ELEKTRYCZNYCH ELEKTROWNI JĄDROWEJ

Oprócz omówionych w p. 5.5 standardów jądrowych ogromna część normalizacji dla układów i urządzeń elektrycznych elektrowni jądrowej stanowi przedmiot norm typowych dla konwencjonalnych układów szeroko pojętych elektroenergetyki i elektrotechniki. Standardy konwencjonalne, a więc nie-

-jądrowe, tworzą szósty poziom „piramidy” jaki tworzy hierarchia przepisów prawnych, norm i dokumentów doradczych.

Duża część układów elektrowni jądrowej i stosowanych w niej urządzeń nie odbiega w sposób istotny (bądź wcale) od analogicznych rozwiązań stosowanych w konwencjonalnej elektrowni cieplnej (np. węglowej, gazowej itp.) i nie ma wpływu na bezpieczeństwo jądrowe i ochronę radiologiczną. Realizacja części konwencjonalnej elektrowni jądrowej bazuje w większości na typowych normach technicznych (choć zamawiający może narzucać szczególne wymagania w zakresie zapewnienia jakości). Z tego powodu w wielu przypadkach stosuje się do nich takie same normy, jakie mają zastosowanie w danym kraju (przy czym, w zależności od przyjętych dla danej inwestycji założeń, mogą być to zarówno normy powszechnie stosowane w kraju, w którym znajduje się instalacja, jak i normy charakterystyczne dla kraju pochodzenia technologii).

W warunkach polskich szczególne znaczenie ma normalizacja IEC, ze względu na fakt, że większość Polskich Norm (PN) w tej dziedzinie jest obecnie dokumentami zharmonizowanymi z dokumentami wydawanymi przez tę organizację, jako normy PN-EN (europejskie) lub PN-IEC. W **Załączniku E-2** przedstawiono zbiór ważniejszych norm konwencjonalnych mających znaczenie w realizacji części zasilania elektrycznego oraz układów aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki.

Na terenie Ameryki Północnej normalizacja w konwencjonalnej elektroenergetyce bazuje przede wszystkim na standardach **IEEE** oraz **NEMA** (ang. *National Electrical Manufacturers Association*). Zestawienie najważniejszych standardów konwencjonalnych opracowanych przez te organizacje a istotnych z punktu widzenia realizacji części elektrycznej elektrowni jądrowej, zamieszczone jest w **Załączniku G-2**. Warto tu jednak zauważyć, że jeśli realizacja elektrowni jądrowej na bazie technologii reaktorowej pochodzącej z USA (Westinghouse) lub USA i Japonii (General Electric Hitachi) odbywa się w kraju, w którym dominująca jest normalizacja IEC (czyli np. w Polsce), część konwencjonalna bloku i wyprowadzenie mocy projektowane i budowane są przede wszystkim na bazie standaryzacji IEC i wywodzącej się z niej standaryzacji krajowej / europejskiej (np. PN-EN). W USA i innych krajach opierających się na praktyce elektroenergetyki amerykańskiej części te realizowane są w oparciu o standaryzację **IEEE/ANSI** (ang. *American National Standards Institute*), w tym np. grupę norm C37, definiujących m.in. szczegółowe wymagania dla urządzeń i układów przeznaczonych do rozdziału energii elektrycznej.

5.8. POZIOM SIÓDMY – DOBRE PRAKTYKI PRZEMYSŁOWE

Poziom siódmy, a tym samym podstawę „piramidy” tworzą tzw. dobre praktyki przemysłowe wszystkich przedsiębiorstw biorących udział w realizacji projektu energetyki jądrowej. W praktyce oznaczają one, że w każdym przedsięwzięciu i w każdych okolicznościach pracownicy firm budujących elektrownię jądrową wykorzystywać będą jak najlepiej swe umiejętności, pracowitość, roztropność i zdolność prognozowania. Celem nadrzędnym jest tu wykluczenie z procesów produkcji i montażu wszelkich działań przypadkowych i zapewnienie, aby te procesy przebiegały według ściśle określonych instrukcji i procedur, zapisanych w odpowiednich dokumentach.

**WYTYCZNE I REKOMENDACJE
O CHARAKTERZE ORGANIZACYJNYM
DLA POLSKICH FIRM CHCĄCYCH
UCZESTNICZYĆ W PROJEKTACH
ENERGETYKI JĄDROWEJ
ZE SZCZEGÓLNYM
UWZGLĘDNIENIEM WYMAGAŃ
DOTYCZĄCYCH SYSTEMÓW
ZAPEWNIENIA I KONTROLI
JAKOŚCI**

6.1. WPROWADZENIE

Polskie przedsiębiorstwa aspirujące do udziału w dużych projektach energetyki jądrowej, w szczególności w budowie elektrowni jądrowej, muszą być przygotowane do spełnienia licznych, wieloaspektowych wymagań związanych zarówno z wewnętrzną strukturą i kulturą organizacyjną firmy, kwalifikacją i certyfikacją poddostawców i zarządzaniem łańcuchem dostaw. Konieczne jest również posiadanie odpowiedniego potencjału finansowego, w tym zdolności kredytowej i dostosowanie systemu zarządzania zasobami ludzkimi. Firma musi liczyć się z podejmowaniem podwyższonego ryzyka i godzeniem się z opóźnieniami realizowanych projektów jądrowych oraz wynikającymi z tego konsekwencjami. Poniżej pokrótce przedstawione zostaną główne wytyczne i rekomendacje dla firm chcących uczestniczyć w projektach energetyki jądrowej realizowanych w kraju i za granicą.

6.2. POLITYKA ORGANIZACYJNA, ZARZĄDZANIA PROJEKTOWEGO, ZAPEWNIENIA I KONTROLI JAKOŚCI

Bazą dla organizacji przedsiębiorstwa musi być zgodność z **wymaganiami norm ISO 9001 i ISO 14001** będących zbiorem podstawowych wytycznych dla spójnej platformy systemów zapewnienia i kontroli jakości w firmie.

Warto zwrócić uwagę, że współczesne wymagania systemów jakości swymi korzeniami sięgają rozpoczętych w latach pięćdziesiątych ubiegłego stulecia programów zaawansowanych systemów uzbrojenia – w tym broni jądrowej i napędu jądrowego dla celów wojskowych, a także zaawansowanych technologii tworzonych dla potrzeb przemysłu lotniczego i kosmicznego. Konsekwentne stosowanie systemów jakości przez NASA w latach sześćdziesiątych zdecydowało o spektakularnym sukcesie amerykańskiego programu Apollo uwieńczonym sześcioma udanymi lądowaniami załogowych statków kosmicznych na Księżycu, w przeciwieństwie do realizowanego równolegle (w całkowitej tajemnicy) analogicznego programu radzieckiego, który zakończył się pełnym fiaskiem. Także programy cywilnej energetyki jądrowej w krajach zachodnich, w tym budowa reaktorów energetycznych pierwszej i drugiej generacji, od początku realizowane były z wykorzystaniem metodyki, którą dziś nazwalibyśmy systemem zapewnienia jakości.

Systemy jakości, stworzone pierwotnie na potrzeby przemysłu zaawansowanych technologii w drugiej połowie ubiegłego stulecia, stały się obowiązującym standardem w tysiącach przedsiębiorstw przemysłowych rozmaitych branż. Pierwszym światowym standardem zarządzania systemem jakości był BS 5750, który został opublikowany przez *British Standards Institution* w 1979 r. W 1987 standard ten stał się bazą dla opracowania normy ISO 9000, a następnie ISO 9001. Standardy te zaowocowały prawdziwą „eksplozją” certyfikacji systemów zapewnienia jakości w firmach różnych branż na całym świecie, w tym i w Polsce.

Pomimo powszechności systemów ISO 9001 warto w tym miejscu przypomnieć, z pozoru oczywiste fakty, że system zapewnienia jakości wprowadza nadzór nad dokumentacją i zapisami, zaangażowanie kierownictwa w budowanie systemu zarządzania jakością, usystematyzowanie zarządzania zasobami, ustanowienie procesów realizacji wyrobu oraz dokonywanie systematycznych pomiarów (zadowolenia klienta, wyrobów, procesów). Obowiązuje również osiem zasad jakości: zorientowanie na klienta, przywództwo, zaangażowanie personelu, podejście procesowe, systemo-

we podejście do zarządzania, ciągłe doskonalenie, rzeczowe podejście do podejmowania decyzji oraz wzajemne korzyści w relacjach z dostawcami. Wspomniane powyżej ciągłe doskonalenie w działaniach danej organizacji prowadzone jest w oparciu o założenia tzw. cyklu Deminga (PDCA) zakładającego cztery etapy działania: *Plan* – planuj, *Do* – wykonaj, *Check* – sprawdź oraz *Act* – działaj.

Cennym uzupełnieniem systemów opartych o normę ISO 9001 stało się wprowadzenie normy ISO 14001 pozwalającej na zbudowanie w przedsiębiorstwie Systemu Zarządzania Środowiskowego w oparciu o podejście procesowe.

Dla firm przemysłowych pracujących dla sektora jądrowego istotne znaczenie mają dodatkowe normy określające sposób wdrożenia systemu ISO 9001 a szczególnie [8]: **ISO/AWI 19443** *Quality Management Systems – Specific Requirements for the Application of ISO 9001* (Systemy zarządzania jakością – Szczególne wymogi w zakresie stosowania normy ISO 9001).

Warto wspomnieć tu również o standardach wymagań bezpieczeństwa Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej:

- *The Management System for Facilities and Activities* (System zarządzania dla obiektów i działalności); *Safety Requirements; IAEA Safety Standards Series No. GS-R-3* opublikowany w 2006 r. oraz zastępujący go dokument:
- *Leadership and Management for Safety* (Przywództwo i zarządzanie dla bezpieczeństwa); *General Safety Requirements; IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 2* opublikowany w 2016 r.

Należy mieć na uwadze, że standardy GS-R-3 oraz GS-R-2 mają bezpośrednio zastosowanie do operatorów elektrowni jądrowych, którzy to w sposób pośredni – na zasadzie kaskadowego przenoszenia wymagań – cedują je na swoich podwykonawców (dostawców technologii jądrowych, firmy serwisowe, remontowe, dostawców poszczególnych komponentów, itd).

Ważnym uzupełnieniem normy ISO 9001 istotnym z punktu widzenia budowy i eksploatacji obiektów energetyki jądrowej jest norma: **PN-EN 12798** „Transportowy system jakości – Transport drogowy, kolejowy i wodny śródlądowy”. Wymagania systemu zarządzania jakością uzupełniające ISO 9001 w zakresie bezpieczeństwa w transporcie towarów niebezpiecznych. Norma ta określa wymagania systemu jakości, uzupełniające do zawartych w ISO 9001, odnoszące się do zarządzania bezpieczeństwem w obszarze transportu materiałów niebezpiecznych w transporcie drogowym, kolejowym i żegluga śródlądową.

Wysoka złożoność projektów energetyki jądrowej, a w szczególności wymogów jakościowych, organizacyjnych i tych związanych z bezpieczeństwem wymusza na podmiotach stworzenie wewnątrz organizacji oddzielnej, wewnętrznej **komórki odpowiedzialnej za nadzór nad projektami jądrowymi**. Do jej zadań należą: stały nadzór nad przestrzeganiem wymogów i standardów obowiązujących w energetyce jądrowej, przygotowywanie szkoleń i certyfikacji umożliwiających podnoszenie kwalifikacji i kompetencji zasobów ludzkich firmy.

Kolejnym wskazaniem dla prawidłowej realizacji zadań związanych z udziałem przedsiębiorstwa w projekcie energetyki jądrowej jest konieczność **umieszczenia projektów jądrowych na najwyższym możliwym poziomie zarządzania strategicznego firmy**. Stwierdzenie to w praktyce sprowadza się do priorytetowego traktowania projektów jądrowych przez zarząd firmy. Co więcej, osoby zarządzające muszą dysponować odpowiednimi kompetencjami do realizacji tych projektów np. wynikającymi z wcześniejszych doświadczeń w zarządzaniu projektami o podobnym stopniu złożoności i zaawansowania (np. w dużych projektach energetyki konwencjonalnej). Biorąc pod uwagę wysoką złożoność i kapitałochłonność projektów jądrowych, znaczenie dla prestiżu i dalszego rozwoju przedsiębiorstwa oraz wysokie znaczenie dla bezpieczeństwa kraju i społeczeństwa, powinny automatycznie otrzymywać w firmie najwyższy priorytet.

Zarząd firmy musi zapewnić gotowość dla wdrożenia w przedsiębiorstwie specjalnych systemów zarządzania projektowego, zapewnienia i kontroli jakości typowych dla sektora jądrowego. Do najważniejszych wymagań w tym zakresie należą:

- **AFCEN RPP-1 (Section VI** w standardzie **RCC-M**) – zasady zarządzania jakością w projekcie jądrowym opracowane przez stowarzyszenie AFCEN, stosowane w powiązaniu z francuskimi rodzinami kodów jądrowych. Dokument ten szczegółowo opisuje organizację systemu zarządzania w projekcie jądrowym, zarządzanie odpowiedzialnościami, zarządzanie zasobami, wprowadzanie procesów oraz zasady pomiarów, oceny i poprawy;
- **ASME NQA-1** *Quality Assurance Requirements for Nuclear Facility Applications* (Wymogi zapewnienia jakości dla zastosowań w obiektach jądrowych) – norma Amerykańskiego Stowarzyszenia Inżynierów Mechaników ASME (*American Society of Mechanical Engineers*). Zawiera ona wymogi i wytyczne w zakresie tworzenia i egzekwowania programów zapewnienia jakości na etapie wyboru lokalizacji, projekto-

wania, budowy, eksploatacji oraz wycofywania z eksploatacji obiektów jądrowych. Opisuje ona wymogi zapewnienia jakości na bazie dotychczasowych doświadczeń przemysłowych niezbędne dla bezpiecznego, niezawodnego i efektywnego wykorzystania energii jądrowej oraz zarządzania i przetwarzania materiałów jądrowych. Zawarte są w niej m.in. zasady kontroli dokumentów zakupowych, kontroli dokumentacji projektowej, kontroli zakupionych materiałów, urządzeń i usług, prowadzenie regularnych inspekcji oraz audytu;

- **NSQ-100** – norma służąca zapewnieniu jakości łańcucha dostaw opracowana przez NQSA (*Nuclear Quality Standard Association*). Bazuje ona na strukturze ISO 9001, integrując zasady dwóch standardów jakości: IAEA GS-R-3 i ASME NQA-1. Zakłada ona wykorzystanie istniejących standardów i praktyk dotyczących jakości procesów produkcyjnych oraz ich integrację, a także poprawę zrozumienia przez dostawców wymagań jakościowych oraz standaryzację wymagań na globalnym rynku. Zakres normy NSQ-100 ogniskuje się na trzech podstawowych obszarach: jakości typowej dla przedsięwzięcia jądrowego, bezpieczeństwa jądrowego oraz jakości projektu.
- **10 CRF-50** – przepisy amerykańskiej komisji NRC (ang. *Nuclear Regulatory Commission*) dotyczące licencjonowania w przemyśle jądrowym.
- **OST 108.004.10** – *Программа контроля качества изделий атомной энергетики* (Program kontroli jakości dla urządzeń energetyki jądrowej) – rosyjski standard określający kryteria dla opracowywanych programów kontroli jakości dla procesu projektowania i produkcji wyrobów dla energetyki jądrowej.

Dla zapewnienia jakości w laboratoriach analitycznych pracujących na rzecz przemysłu jądrowego istnieje amerykańska norma: **ASTM C1009 Standard Guide for Establishing and Maintaining a Quality Assurance Program for Analytical Laboratories within the Nuclear Industry** (Standardowe wytyczne dla tworzenia i utrzymywania programu zapewnienia jakości dla laboratoriów analitycznych w przemyśle jądrowym). Dokument ten określa wymogi dotyczące organizacji, szkolenia i kwalifikacji personelu, procedur, prowadzenia dokumentacji, systemu prowadzenia zakupów, weryfikacji urządzeń pomiarowych i materiałów, weryfikacji pomiarów oraz działań naprawczych w przypadku stwierdzenia zaniedbań. Odnosi się przy tym do kluczowych elementów norm ASME NQA-1 oraz ISO-9001.

Do norm związanych z omawianą tematyką, jakie mogą być wykorzystywane w przedsiębiorstwach, należą również dokumenty poświęcone two-

rzeniu i wykorzystywaniu planów jakości, a także zarządzania ryzykiem, takie jak:

- **PN-ISO 10005** „Systemy zarządzania jakością”;
- **PN-ISO 31000** „Zarządzanie ryzykiem – Zasady i wytyczne”;
- **PN-EN 31010** „Zarządzanie ryzykiem – Techniki oceny ryzyka”.

Oprócz omówionej powyżej metodyki systemów zarządzania jakością zarówno ogólnych ISO 9001 i ISO 14001 jak i odnoszących się do specyfiki sektora jądrowego, wiele firm zaawansowanych technologii stosuje inne, dodatkowe metodyki. Dobrym przykładem może tu być zestaw metod nazwany Sześć Sigma (ang. *Six Sigma*), opracowany pierwotnie w latach dziewięćdziesiątych w amerykańskiej firmie Motorola. Znalazł on również szerokie zastosowanie w koncernach branży energetycznej – np. General Electric i ABB. Sama nazwa Sześć Sigma wywodzi się ze statystyki matematycznej. W metodyce Sześć Sigma zakłada się, że zmiany w procesach realizowane są za pomocą projektów optymalizacyjnych. Projekty te mają z góry ustalony cykl życia: definiowanie (*Define*), wymiarowanie (*Measure*), analizowanie (*Analyze*), doskonalenie (*Improve*) i sterowanie (*Control*) – często określane angielskim akronimem DMAIC.

Każdy produkt techniczny uzależniony jest od jakości surowców, materiałów i półproduktów, które zostały użyte w procesie jego wytworzenia, a dostarczone zostały przez poddostawców. Tym samym dla zachowania niezbędnego dla projektu jądrowego poziomu jakości, bezpieczeństwa i niezawodności konieczna jest **ciągła ocena i weryfikacja partnerów biznesowych**, a w szczególności **podwykonawców i poddostawców**. Konieczne jest opracowanie i wdrożenie szczegółowych kryteriów związanych certyfikacją podwykonawców i poddostawców dla ich transparentnej certyfikacji poddającej ocenie ich kulturę organizacyjną, utrzymanie standardów technicznych bezpieczeństwa i jakości, terminowości dostaw i poziomu wsparcia technicznego.

Niezbędnym elementem dla realizacji dostaw dla potrzeb projektu jądrowego jest wprowadzenie w firmie rozbudowanego systemu dokumentowania pochodzenia podzespołów i materiałów, zapewniającego **wykonawcy możliwość śledzenia całego łańcucha dostaw**. System taki realizowany jest zwykle przy wykorzystaniu odpowiedniego oprogramowania komputerowego, zapewniającego dokładną weryfikację, opis i rejestrację każdego zdarzenia związanego z akwizycją surowców, materiałów i półproduktów. System powinien zapewniać możliwość archiwizacji i analizowania danych historycznych z całego okresu swego funkcjonowania.

Szczegółowa dokumentacja w obrębie całego łańcucha dostaw powinna leżeć u podstaw kultury organizacyjnej przedsiębiorstwa. Odpowiednio działający system dokumentacji może realizować wiele funkcji takich jak planowanie, organizacja pracy, zarządzanie ludźmi i kontrola, a także jest użytecznym narzędziem w procesie podejmowania ważnych decyzji.

Dostawcy urządzeń i materiałów dla obiektów energetyki jądrowej muszą zapewnić odbiorcy (w szczególności właścicielowi/operatorowi elektrowni jądrowej) **długotrwałą dostępność wsparcia technicznego** w okresie gwarancyjnym i pogwarancyjnym. Biorąc pod uwagę planowaną żywotność budowanych współcześnie bloków jądrowych okres ten sięgać może minimum 50–60 lat. Ustawia to wysoko poprzeczkę dla firm operujących w wysoce konkurencyjnym środowisku gospodarki rynkowej, gdzie przejęcia, fuzje, a niestety również upadłości firm, są na porządku dziennym. Konieczne jest deklarowanie długich okresów gwarancyjnych, a także gotowość do wprowadzenia niezbędnych modyfikacji i ulepszeń związanych np. ze zmianą wymogów bezpieczeństwa.

6.3. ZARZĄDZANIE ZASOBAMI LUDZKIMI

Realizacja projektu jądrowego wymaga od przedsiębiorstwa posiadania wysoko wykwalifikowanego personelu. Dotyczy to wszystkich szczebli zarządzania i poziomów kwalifikacji – od dyrektora generalnego firmy począwszy, poprzez kadry menedżerskie i inżynierskie wyższego i średniego szczebla aż do pracowników fizycznych i pomocniczych. Konieczny jest nie tylko dobór pracowników odpowiednio wykwalifikowanych z rynku pracy, ale również stworzenie możliwości bieżącego poszerzania wiedzy, umiejętności i kwalifikacji przez wszystkich pracowników zaangażowanych w projekt jądrowy.

W zakresie części elektrycznej elektrowni kompetencje krajowej kadry inżyniersko-technicznej wyrosłe na bazie budowy i eksploatacji dużych bloków w energetyce cieplnej są bardzo wysokie. Dotyczy to zarówno polskich firm produkujących elementy wyposażenia elektrycznego, integratorów systemów jak i generalnych wykonawców.

Nieco inna sytuacja panuje w obszarze specjalności bezpośrednio związanych z energetyką jądrową. W Polsce na skutek zmiennych decyzji związanych z realizowaniem lub wstrzymywaniem realizacji projektów energetyki jądrowej wytworzyła się istotna luka pokoleniowa w obszarze

specjalistów z dziedziny energetyki jądrowej. Najprawdopodobniej zatem konieczne będzie doszkalanie inżynierów o podobnych specjalnościach i doświadczeniu dla zapewnienia odpowiednio wykształconych kadr.

Ze względu na oczekiwaną współpracę z zagranicznym dostawcą technologii reaktorowej lub innymi dostawcami zagranicznymi niezbędne jest zapewnienie znajomości języka obcego, szczególnie angielskiego, nawet na poziomie pracowników fizycznych. Znajomość języków jest jednym z istotniejszych kryteriów przy doborze personelu do pracy na zagranicznych projektach energetyki jądrowej.

Interesujące perspektywy może dać zatrudnienie specjalistów zagranicznych z krajów wschodnich posiadających duże doświadczenie w energetyce jądrowej (Rosja, Ukraina, inne kraje b. ZSRR), dla których praca w Polsce jest atrakcyjna ze względu na korzystniejsze warunki finansowe. Trzeba tu jednak zwracać uwagę na odpowiednie przeszkolenie takich specjalistów*. Pewne ograniczone możliwości zatrudnienia w energetyce jądrowej istnieją także w przypadku specjalistów z Niemiec, gdzie zapadła polityczna decyzja o wycofaniu się kraju z programu energetyki jądrowej. Potencjalnie praca przy polskim projekcie jądrowym może być dla nich interesująca.

Pracę w sektorze jądrowym powinny otrzymywać osoby najlepiej przygotowane nie tylko pod kątem właściwego wykształcenia i doświadczenia, ale także pod kątem odpowiedniej kondycji psychologicznej, dla wyeliminowania możliwości nieświadomego bądź umyślnego sabotażu. Być może, ze względu na rosnące zagrożenie terrorystyczne, w procesie rekrutacji pracowników do pracy przy projektach jądrowych trzeba się będzie liczyć również z koniecznością konsultacji odpowiednich państwowych służb bezpieczeństwa.

Osoby zaangażowane w realizację projektów jądrowych muszą mieć świadomość odpowiedzialności za ryzyko radiologiczne, środowiskowe i przemysłowe związane z niezawodnością pracy ich wyrobów. Odpowiednie przeszkolenie i zdobyte w pracy doświadczenie powinno skutkować nabyciem następujących cech:

- dążenia do technicznej i operacyjnej doskonałości w realizacji zadań służbowych;

* Na przykład: wymagania odnośnie dokumentowania kwalifikacji urządzeń dla elektrowni jądrowych są w krajach dawnego ZSRR inne niż w krajach zachodnich. W obszarze dawnego ZSRR dokumentem stwierdzającym wymaganą jakość i odporność wyrobu jest poświadczenie „zgodne z normą GOST nr xxx”, podpisane przez dyrektora fabryki. Natomiast według reguł obowiązujących w krajach zachodnich, w tym i w Polsce, dokumentacja wyrobu musi zawierać pełne informacje o parametrach prób, jakim dany wyrób poddano, o tolerancjach parametrów prób i o ich wynikach. Może to prowadzić do niebezpiecznych w skutkach nieporozumień.

- gotowości i przygotowania na nieprzewidziane sytuacje z reagowaniem na nie w czasie rzeczywistym i zdolnością do krytycznej analizy otrzymywanych informacji;
- w razie pracy w warunkach narażenia radiacyjnego w elektrowni jądrowej - minimalizacją ekspozycji siebie i swoich pracowników na potencjalnie niebezpieczne oddziaływanie materiałów radioaktywnych;
- pełnej świadomości znaczenia obowiązujących norm i standardów jakości i bezpieczeństwa.

6.4. KONDYCJA EKONOMICZNO-FINANSOWA PRZEDSIĘBIORSTWA

Specyfika projektów energetyki jądrowej wymaga, aby firmy biorące udział w ich realizacji dysponowały odpowiednim potencjałem ekonomiczno-finansowym. Podejmując się zobowiązań kontraktowych związanych z dostawami, budową czy fazą uruchomienia elektrowni jądrowej, kadra zarządzająca przedsiębiorstwa musi liczyć się nie tylko z rzeczywistym ryzykiem gospodarczym, ale także z niwelowaniem ewentualnych strat finansowych powstałych na przykład na skutek opóźnień w projekcie rzucających na odbiór zadań powierzonych danemu podwykonawcy. Ryzyko to jest większe w przypadku podmiotów zaangażowanych w dostawy i usługi długoterminowe i proporcjonalnie mniejsze dla zadań o charakterze krótkoterminowym.

Firmy uczestniczące w projektach jądrowych muszą mieć zdolność do obsługi swego długu w instytucjach finansowych w czasie odpowiadającym horyzontowi ich zaangażowania. Ze względu na ogromną kapitałochłonność projektów jądrowych ich wykonawcy z natury rzeczy nie mogą bazować wyłącznie na własnych środkach finansowych, ale również korzystać z kredytów bankowych. Konieczne jest zatem posiadanie odpowiedniego ratingu kredytowego. Odnosi się to szczególnie do prac związanych z przedsięwzięciami odznaczającymi się wysokim prawdopodobieństwem wystąpienia nieprzewidywalnych zdarzeń takich jak np. opóźnienia w realizacji niektórych faz budowy czy też opóźnione wypłaty dla podwykonawców.

6.5. DOŚWIADCZENIE

Do realizacji projektu jądrowego, a w szczególności budowy elektrowni jądrowej, niezbędne jest posiadanie odpowiedniego doświadczenia. Doświadczenia krajowych firm wynikające z pierwszej, nieudanej próby budowy EJ Żarnowiec w Polsce w latach osiemdziesiątych ub. stulecia opisane w rozdziale 1 niniejszego opracowania, sumują się z doświadczeniami z pracy w projektach zagranicznych przedstawionych w rozdziale 2.

Ogromne znaczenie ma również doświadczenie uzyskane przez firmy polskie w realizacji najnowszych inwestycji w generacyjnej energetyce konwencjonalnej, w szczególności w trwającej budowie nowych elektrowni ciepłych o parametrach nadkrytycznych – w tym np. nowego bloku 1075 MW w Elektrowni Kozienice, bloków 5 i 6 o mocy 2×900 MW w Elektrowni Opolo oraz bloku 3 w Elektrowni Jaworzno o mocy 910 MW. Budowy te pod względem zaawansowania technicznego, wyzwań natury organizacyjnej i ekonomiczno-finansowej są bardzo zbliżone do realizacji bloków jądrowych o mocach elektrycznych rzędu od 1 do 1,5 GW.

Polskie przedsiębiorstwa dysponują zatem niezbędną kadrą doświadczoną w realizacji dużych projektów na rzecz konwencjonalnej energetyki generacyjnej, a częściowo także energetyki jądrowej. Bezpośredni kontakt z dostawcami technologii jądrowych oraz ustanowienie więzi kooperacyjnych powinno w krótkim czasie skutkować podniesieniem kompetencji przedsiębiorstw krajowych do poziomu występującego w krajach od lat zaangażowanych w energetykę jądrową.

6.6 ZAPEWNIENIE MOŻLIWOŚCI KWALIFIKOWANIA PRODUKOWANYCH URZĄDZEŃ DLA POTRZEB ELEKTROWNI JĄDROWEJ

Jak wspomniano w rozdziale 4, urządzenia elektryczne mające w razie awarii pracować w rejonach o podwyższonych parametrach środowiska (temperatura, wilgotność, promieniowanie, ciśnienie, wstrząsy, itd.) muszą przejść proces kwalifikacji, czyli producent musi udowodnić, że spełniają one wymagania zgodne z ich klasyfikacją środowiskową i sejsmiczną. Utworzenie laboratorium, w którym można stworzyć warunki niezbędne dla takiej kwalifikacji jest trudne i kosztowne. Narodowe Centrum Badań Jądrowych w Świerku dysponuje reaktorem badawczym MARIA, który

pozwała na zbudowanie stanowiska do badania odporności kabli i urządzeń elektrycznych na promieniowanie, ale takie przedsięwzięcie wymaga czasu i odpowiednich nakładów finansowych. Badanie odporności urządzeń elektrycznych mających pracować w rejonie o surowych warunkach otoczenia np. we wnętrzu obudowy bezpieczeństwa, wymaga poddania urządzenia procesowi starzenia symulującego 60 lat pracy w elektrowni, a następnie poddania go wysokim parametrom środowiska. Np. dla bloku elektrowni PWR II generacji może to być temperatura 150°C, ciśnienie 500 kPa, środowisko pary nasyconej i maksymalne natężenie promieniowania 1000 Gy/h. Trzeba też uwzględnić wpływ układu zraszania i dodanych do niego środków chemicznych.

Stworzenie laboratorium do takich prób urządzeń elektrycznych jest zadaniem przekraczającym możliwości jednego producenta. Na szczęście większość urządzeń elektrycznych pracuje w środowisku łagodnym, w którym nawet po awarii nie występują wysokie parametry otoczenia. Jeśli jednak przemysł polski, miałby wytwarzać urządzenia i kable do instalowania w rejonach o surowych warunkach otoczenia, to należałoby przeanalizować możliwość stworzenia centralnego krajowego laboratorium do prób i kwalifikowania urządzeń elektrycznych. Z uwagi na pożądane włączenie napromieniowania do programu prób, dobrym miejscem do stworzenia takiego laboratorium byłoby właśnie Narodowe Centrum Badań Jądrowych w Świerku.

PODSUMOWANIE – ŚCIEŻKA PODNIESIENIA KOMPETENCJI POLSKICH FIRM W ZAKRESIE WYKONANIA SYSTEMÓW ELEKTRYCZNYCH W OBIEKTACH ENERGETYKI JĄDROWEJ NA ŚWIECIE I W POLSCE

Biorąc pod uwagę osiągnięcia przedsiębiorstw polskiego przemysłu odniesione w pracy na obiektach energetyki jądrowej na świecie opisane szczegółowo w rozdziale 2 oraz dość duże doświadczenia wyniesione z projektowania, budowy i uruchomienia dużych bloków elektrowni konwencjonalnych w ostatnich kilku latach, można postawić tezę, że dysponujemy bardzo dobrym punktem wyjścia dla dalszego rozwoju kompetencji w tym obszarze.

Jak wskazuje doświadczenie, najlepszym rozwiązaniem dla większości polskich przedsiębiorstw jest rozwój organiczny bazujący na inwestycjach technologicznych oraz regularna współpraca z zagranicznymi podmiotami posiadającymi niezbędne „know-how”.

Ogromnym potencjałem w tej dziedzinie dysponują rzecz jasna przedsiębiorstwa polskie będące oddziałami międzynarodowych koncernów specjalizujących się w produkcji urządzeń i integracji systemów wysokich technologii takich jak np. ABB. Przepływ technologii i wiedzy technicznej odbywa się tu w niejako naturalny sposób, a podniesienie kompetencji następuje szybko i skutecznie. Potężny potencjał ekonomiczno-finansowy dużej, międzynarodowej grupy przemysłowej stanowi tu również okoliczność sprzyjającą.

Trudniejsze zadanie stoi przed samodzielnymi przedsiębiorstwami przemysłu krajowego, gdzie rozwój technologii następuje najczęściej ze środków własnych przedsiębiorstwa, a „know-how” musi być mozolnie pozyskiwane poprzez prace badawczo-rozwojowe, analizowanie ogólnie dostępnych

informacji naukowo-technicznych, pozyskiwanie licencji od partnerów zagranicznych czy też wreszcie metody wywiadu przemysłowego.

Spory potencjał finansowy polskich grup energetycznych oraz dużych krajowych firm wykonawczych i producenckich otwiera drogę do budowania ścieżki rozwoju kompetencji poprzez akwizycje firm wyspecjalizowanych w dostawach dla energetyki jądrowej w krajach wysokorozwiniętych. Działania takie, uważane jeszcze kilka lat temu za zupełnie niedostępne dla polskich firm, są coraz częściej spotykane w różnych obszarach gospodarki.

Wydaje się, że przy poszukiwaniu potencjalnych partnerów dla pozyskania technologii w znacznie mniejszym niż dotąd stopniu powinno się kierować utartymi stereotypami. Jeszcze w ostatnich dziesięcioleciach XX wieku wydawało się, że najlepszym źródłem zaawansowanych technologii są gospodarki krajów Europy Zachodniej i Ameryki Północnej. Gwałtowny rozwój ekonomiczny w krajach Dalekiego Wschodu w naturalny sposób wymusił zmianę tej optyki. To właśnie tam najszybciej rozwijają się obecnie technologie energetyki jądrowej.

Rozpatrując możliwe mechanizmy wsparcia krajowego przemysłu dla ich aktywizacji w dziedzinie energetyki jądrowej przez agendy rządowe do najskuteczniejszych instrumentów należy zaliczyć np.:

- finansowanie studiów podyplomowych podnoszących kwalifikacje inżynierów w specjalizacjach potrzebnych dla energetyki jądrowej;
- promocja dobrych praktyk i upowszechnienie wiedzy technicznej w dziedzinie norm i przepisów obowiązujących w energetyce jądrowej;
- wspieranie rozwoju technologii poprzez system grantów udzielanych przez agendy rządowe (w tym także w miarę możliwości z wykorzystaniem środków pomocowych z Unii Europejskiej);
- prowadzenie ambitnych programów rozwojowych, takich jak np. budowa małego reaktora wysokotemperaturowego HTR (ang. *High Temperature Reactor*) na potrzeby aplikacji przemysłowych.

Na etapie zawierania porozumień handlowych z dostawcą technologii reaktorowej strona rządowa i/lub duże krajowe spółki energetyczne nie powinny zapominać o interesach krajowego przemysłu, odpowiednio zabezpieczając wolumin zleceń, jakie muszą trafić do krajowych przedsiębiorstw, a także transfer technologii podwyższający ich dotychczasowe kompetencje.

PIŚMIENICTWO – WYKAZ ŹRÓDEŁ

1. Beaty H.W., Fink D.G. (ed.): *Standard Handbook for Electrical Engineers*, McGraw Hill, New York, Sixteenth Edition, 2013.
2. Chmielniak T.: *Technologie energetyczne*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2008.
3. Kubowski J.: *Elektrownie jądrowe*, wydanie II, Wydawnictwo WNT Sp. z o.o., Warszawa, 2013.
4. Pawlik M., Strzelczyk F.: *Elektrownie*, wydanie VII zmienione, Wydawnictwo WNT Sp. z o.o., Warszawa, 2014.
5. Paska J.: *Potrzeby własne i rozwiązania strukturalne części elektrycznej elektrowni jądrowych*, Przegląd Elektrotechniczny, 1990, nr 1–2.
6. Paska J., Marchel P.: *Structural solutions of electric systems in nuclear power plants*. Energetyka 2012, nr 3–4.
7. Praca zbiorowa: *Analiza możliwości i kryteriów udziału polskiego przemysłu w rozwoju energetyki jądrowej. Wyniki realizacji zadania badawczego nr 5 w ramach Strategicznego Projektu Badawczego „Technologie wspomagające rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej” realizowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju*, Politechnika Warszawska, Instytut Techniki Ciepłej, Warszawa, listopad 2015.
8. Praca zbiorowa: *Analiza dotycząca możliwości zaangażowania polskich przedsiębiorstw w proces realizacji Programu Polskiej Energetyki Jądrowej*, Zamawiający: Ministerstwo Gospodarki, Wykonawcy: Krajowa Agencja Poszanowania Energii SA (KAPE SA); Warszawski Instytut Studiów Ekonomicznych (WISE Institute); Zakłady Pomiarowo-Badawcze Energetyki „ENERGOPOMIAR” Sp. z o.o.; Warszawa 2015.
9. Praca zbiorowa pod redakcją G. Ackermana: *Eksploatacja elektrowni jądrowych*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1987.

**STANDARDY BEZPIECZEŃSTWA
MIĘDZYNARODOWEJ AGENCJI
ENERGII ATOMOWEJ
(ANG. *IAEA SAFETY STANDARDS*)
DOTYCZĄCE UKŁADÓW
ELEKTRYCZNYCH ORAZ AKPIA
ELEKTROWNI JĄDROWYCH**

- A-1. Szczegółowy przewodnik dotyczący bezpieczeństwa nr SSG-34**
(ang. *Specific Safety Guide No. SSG-34*)
**Projektowanie układów zasilania elektrycznego potrzeb
własnych elektrowni jądrowych**
(ang. *Design of Electrical Power Systems for Nuclear Power Plants*)

| Rozdział | Treść |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | WPROWADZENIE |
| (1.1-1.7) | Tło |
| (1.8) | Cel przewodnika |
| (1.9-1.17) | Zakres przewodnika |
| (1.18-1.27) | Struktura przewodnika |
| 2. | UKŁADY ZASILANIA ELEKTRYCZNEGO POTRZEB WŁASNYCH W ELEKTROWNIACH JĄDROWYCH |
| (2.1-2.10) | Opis układu zasilania elektrycznego potrzeb własnych w elektrowni jądrowej |
| (2.11-2.14) | Rola kodeksów i standardów technicznych |
| (2.15-2.27) | Względy projektowe narzucone przez wymagania dla bezpieczeństwa jądrowego |
| (2.28-2.36) | Względy projektowe narzucone przez kryteria do projektowania instalacji elektrycznych |
| 3. | KLASYFIKACJA UKŁADÓW ZASILANIA ELEKTRYCZNEGO POTRZEB WŁASNYCH |
| (3.1-3.14) | |

| Rozdział | Treść |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4. (4.1-4.10) | PODSTAWY DO PROJEKTOWANIA UKŁADÓW ZASILANIA ELEKTRYCZNEGO POTRZEB WŁASNYCH |
| 5. | OGÓLNE WYTYCZNE DO PROJEKTOWANIA UKŁADÓW ZASILANIA ELEKTRYCZNEGO POTRZEB WŁASNYCH |
| (5.1-5.10) | Postanowienia ogólne |
| (5.11-5.82) | Projektowanie dla niezawodności |
| (5.83-5.98) | Parametry |
| (5.99-5.121) | Urządzenia elektryczne, kable i trasy kablowe |
| (5.122-5.137) | Praktyki związane z wykonywaniem uziemień |
| (5.138-5.153) | Ochrona odgromowa i przeciwprzepięciowa |
| (5.154-5.203) | Kwalifikacja wyposażenia |
| (5.204-5.217) | Projektowanie dla opanowania problemów starzenia fizycznego |
| (5.218-5.222) | Kontrola dostępu |
| (5.223-5.236) | Badania sprawdzające i testowalność |
| (5.237-5.240) | Naprawialność |
| (5.241-5.248) | Zapewnienie możliwości wycofania urządzeń elektrycznych z eksploatacji dla wykonania prób lub obsługi |
| (5.249-5.254) | Wspólne wykorzystywanie struktur, układów i komponentów w elektrowniach złożonych z wielu bloków |
| (5.255-5.261) | Oznakowania i identyfikacja |
| (5.262-5.270) | Obwody elektryczne wchodzące do wnętrza obudowy bezpieczeństwa reaktora |
| (5.271-5.277) | Układy rozdziału energii elektrycznej |
| (5.278-5.291) | Sterowanie i monitorowanie |
| (5.292-5.295) | Zapasowe źródła zasilania prądu przemiennego związane z bezpieczeństwem |
| 6. | WYTYCZNE PROJEKTOWE DLA PREFEROWANYCH ŹRÓDEŁ ZASILANIA |
| (6.1-6.6) | Postanowienia ogólne |
| (6.7-6.9) | Niezawodność aparatury wysokich napięć i automatyki zabezpieczeniowej |
| (6.10-6.22) | Źródła zasilania spoza elektrowni |
| (6.23-6.35) | Dostępność |
| (6.36-6.37) | Niezależność obwodów zasilania elektrycznego spoza elektrowni |
| (6.38-6.44) | Rozdzielnia |
| (6.45-6.47) | Stabilność i niezawodność sieci |
| (6.48-6.60) | Interfejs i interakcja pomiędzy operatorem układu przesyłowego i organizacją prowadzącą ruch elektrowni jądrowej |
| (6.61-6.63) | Ocena niezawodności połączeń z siecią energetyki zawodowej |

| Rozdział | Treść |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 7. | WYTYCZNE PROJEKTOWE DLA UKŁADÓW ZASILANIA ZAPASOWEGO (AWARYJNEGO) |
| (7.1-7.19) | Postanowienia ogólne |
| (7.20-7.34) | Projektowanie dla niezawodności |
| (7.35-7.82) | Zapassowe źródła zasilania prądu przemiennego |
| (7.83-7.127) | Układy zasilania prądu stałego |
| 8. | ALTERNATYWNE ŹRÓDŁA ZASILANIA PRĄDU PRZEMIENNEGO |
| (8.1-8.18) | |
| 9. | ZATWIERDZENIE I DOKUMENTACJA PROJEKTU |
| (9.1) | Układ zarządzania |
| (9.2-9.14) | Weryfikacja |
| (9.15) | Dokumentacja projektowa |
| | REFERENCJE |
| ZAŁĄCZNIK I | OBRONA W GŁĄB W UKŁADACH ZASILANIA ELEKTRYCZNEGO |
| ZAŁĄCZNIK II | ANALIZY UKŁADÓW ZASILANIA ELEKTRYCZNEGO DLA WERYFIKACJI PROJEKTU |
| | Definicje |
| | Autorzy i recenzenci opracowania |

A-2. Szczegółowy przewodnik dotyczący bezpieczeństwa nr SSG-39
(ang. *Specific Safety Guide No. SSG-39*)
Projektowanie układów oprzyrządowania i sterowania dla elektrowni jądrowych (ang. *Design of Instrumentation and Control Systems for Nuclear Power Plants*)

| Rozdział | Treść |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Wstęp |
| (1.1-1.6) | Tło |
| (1.7-1.8) | Cel przewodnika |
| (1.9-1.17) | Zakres przewodnika |
| (1.18-1.27) | Struktura przewodnika |
| 2. | UKŁAD ZARZĄDZANIA DLA PROJEKTOWANIA UKŁADÓW POMIAROWYCH I STEROWNICZYCH |
| (2.1–2.9) | Postanowienia ogólne |
| (2.10-2.37) | Zastosowanie modeli cyklu życia |
| (2.38-2.91) | Działania wspólne dla wszystkich faz cyklu życia |
| (2.92-2.167) | Działania w cyklu życia |

| Rozdział | Treść |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3. | PODSTAWY PROJEKTOWANIA UKŁADÓW POMIAROWYCH I STEROWNICZYCH |
| (3.1-3.6) | Identyfikacja funkcji oprzyrządowania i sterowania |
| (3.7-3.16) | Treść podstaw projektowania dla układów pomiarowych i sterowniczych |
| 4. | ARCHITEKTURA OPOMIAROWANIA I STEROWANIA |
| (4.1-4.10) | Projektowanie architektury systemów |
| (4.11-4.12) | Ogólna treść architektury opomiarowania i sterowania |
| (4.13) | Szczegółowa treść poszczególnych architektur opomiarowania i sterowania |
| (4.14-4.24) | Niezależność układów |
| (4.25-4.40) | Rozpatrywanie wspólnej przyczyny ewentualnej awarii |
| 5. | KLASYFIKACJA BEZPIECZEŃSTWA FUNKCJI OPOMIAROWANIA I STEROWANIA, UKŁADÓW I WYPOSAŻENIA |
| (5.1-5.13) | |
| 6. | WYMAGANIA OGÓLNE DLA UKŁADÓW OPOMIAROWANIA I STEROWANIA WAŻNYCH DLA BEZPIECZEŃSTWA |
| (6.1-6.5) | Postanowienia ogólne |
| (6.6-6.76) | Projektowanie dla niezawodności |
| (6.77-6.134) | Kwalifikacja wyposażenia |
| (6.135-6.152) | Projektowanie dla opanowania problemów starzenia fizycznego i przestarzałości technicznej |
| (6.153-6.158) | Kontrola dostępu do układów istotnych dla bezpieczeństwa |
| (6.159-6.191) | Testowanie i testowalność podczas eksploatacji |
| (6.192-6.197) | Naprawialność |
| (6.198-6.204) | Zapewnienie możliwości wycofania z eksploatacji dla wykonania prób lub obsługi |
| (6.205-6.212) | Nastawy |
| (6.213-6.219) | Oznakowanie i identyfikacja elementów ważnych dla bezpieczeństwa |
| 7. | WYTYCZNE PROJEKTOWE DLA POSZCZEGÓLNYCH UKŁADÓW I WYPOSAŻENIA OPOMIAROWANIA I STEROWANIA |
| (7.1-7.9). | Urządzenia czujnikowe |
| (7.10-7.14) | Układy sterowania |
| (7.15-7.59) | Układ zabezpieczeń |
| (7.60-7.65) | Zasilacze |
| (7.66-7.147) | Układy cyfrowe |
| (7.148-7.164) | Narzędzia programistyczne |
| (7.165-7.175) | Kwalifikacja przemysłowych urządzeń cyfrowych o ograniczonej funkcjonalności dla zastosowań istotnych dla bezpieczeństwa |

| Rozdział | Treść |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 8. | ROZWAŻANIA ODNOSZĄCE SIĘ DO INTERFEJSU CZŁOWIEK-MASZYNA |
| (8.1-8.18) | Pomieszczenia sterownicze |
| (8.19-8.35) | Monitoring wypadku |
| (8.36-8.46) | Układy łączności operatora |
| (8.47-8.93) | Ogólne zasady odnoszące się do inżynierii czynników ludzkich w układach opomiarowania i sterowania |
| (8.94) | Rejestrowanie danych historycznych |
| 9. | OPROGRAMOWANIE |
| (9.1-9.5) | Ogólne |
| (9.6-9.15) | Wymagania wobec oprogramowania |
| (9.16-9.43) | Projektowanie oprogramowania |
| (9.44-9.63) | Wdrożenie oprogramowania |
| (9.64-9.95) | Weryfikacja i analizy oprogramowania |
| (9.96-9.98) | Wcześniej opracowane oprogramowanie |
| (9.99) | Narzędzia programistyczne |
| (9.100-9.103) | Ocena trzeciej strony |
| | REFERENCJE |
| ZAŁĄCZNIK I | BIBLIOGRAFIA – MIĘDZYNARODOWE STANDARDY DOTYCZĄCE OPOMIAROWANIA I STEROWANIA |
| ZAŁĄCZNIK II | KORELACJE POMIĘDZY NINIEJSZYM PODRĘCZNIKIEM BEZPIECZEŃSTWA I STANDARDAMI BEZPIECZEŃSTWA MAEA SERII NR NS-G-1.1 ORAZ NS-G-1.3 |
| ZAŁĄCZNIK III | OBSZARY, W KTÓRYCH RÓŻNIĄ SIĘ PRAKTYKI KRAJÓW CZŁONKOWSKICH MAEA |
| | Definicje |
| | Autorzy i recenzenci opracowania |

A-3. Szczegółowy przewodnik dotyczący bezpieczeństwa nr SSG-30

(ang. *Specific Safety Guide No. SSG-30*)

Klasyfikacja bezpieczeństwa, struktur, systemów i komponentów w elektrowniach jądrowych

(ang. *Safety Classification of Structures, Systems and Components in Nuclear Power Plants*).

| Rozdział | Treść |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | WPROWADZENIE |
| (1.1–1.5) | Tło |
| (1.6–1.7) | Cel przewodnika |
| (1.8–1.9) | Zakres przewodnika |
| (1.10) | Struktura przewodnika |
| 2. | |
| 2.1 | PODEJŚCIE OGÓLNE |
| (2.2) | Wymagania podstawowe |
| (2.3–2.7) | Rekomendacje ogólne |
| (2.8–2.17) | Zarys procesu klasyfikacji bezpieczeństwa |
| 3. | |
| (3.1) | BEZPIECZEŃSTWO PROCESU KLASYFIKACJI |
| (3.2–3.7) | Identyfikacja funkcji, które mają podlegać kategoryzacji |
| (3.8–3.9) | Identyfikacja rozwiązań projektowych |
| (3.10–3.16) | Kategoryzacja funkcji |
| (3.17–3.26) | Klasyfikacja struktur, systemów i komponentów |
| (3.27–3.29) | Weryfikacja klasyfikacji bezpieczeństwa |
| 4. | |
| (4.1–4.7) | DOBÓR ZASAD ZNAJDUJĄCYCH ZASTOSOWANIE W PROJEKTOWANIU STRUKTUR, SYSTEMÓW I KOMPONENTÓW |
| | Referencje |
| | Autorzy i recenzenci opracowania |

**STANDARDY JĄDROWE ISO
(ANG. *ISO – INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION*).**

OPRACOWANO NA PODSTAWIE [8]

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|--------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dotyczący wymiany danych o niezawodności urządzeń | ISO 6527 | ISO 6527 Nuclear power plants – Reliability data exchange – General guidelines (<i>Elektrownie jądrowe</i> – <i>Wymiana danych o niezawodności</i> – <i>Wytyczne ogólne</i>) | Standard identyfikuje typowe parametry podzespołu pozwalające na jednoznaczne scharakteryzowanie go i na przypisanie właściwych danych o niezawodności do innych podzespołów o równoważnych, typowych parametrach. Parametry odnoszą się do charakterystyk technicznych, w tym fizycznej zasady działania i poziomu jakości, a także rzeczywistych warunków eksploatacji oraz okresów międzyremontowych i częstości badań. Dane mogą być prezentowane w formie historycznej i statystycznej. |
| Standard jądrowy dotyczący jakości danych o niezawodności urządzeń | ISO 7385 | ISO 7385 Nuclear power plants -- Guidelines to ensure quality of collected data on reliability (<i>Elektrownie jądrowe</i> – <i>Wytyczne dla zapewnienia jakości zbieranych danych o niezawodności</i>) | Standard przedstawia szczegółowe wytyczne zapewniające wysoką jakość prezentowanych danych o niezawodności i dyspozycyjności urządzeń elektrowni jądrowych. |

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla wymiany informacji o podatności obsługowej elektrowni jądrowych | ISO 8107 | ISO 8107 Nuclear power plants – Maintainability – Terminology (<i>Elektrownie jądrowe</i> – <i>Podatność obsługowa</i> – <i>Terminologia</i>) | Standard identyfikuje typowe parametry i pojęcia niezbędne do zbierania i wymiany danych o podatności obsługowej. Definicje mają zastosowanie do czynności naprawczych. Podobna klasyfikacja może zostać stworzona dla remontów prewencyjnych. Ogólne wymogi dotyczące wymiany danych o niezawodności elektrowni jądrowych opisane są w ISO 6527. |

**WYBRANE NORMY EUR
(ANG. EUROPEAN UTILITY
REQUIREMENTS FOR LWR NUCLEAR
POWER PLANTS)
DOTYCZĄCE UKŁADÓW
ELEKTRYCZNYCH ELEKTROWNI
JĄDROWEJ**

C-1. EUR Wolumin 2 Rozdział 2.3**– Wymagania dotyczące sieci**(ang. *EUR Vol. 2, Chapter 2.3, Grid requirements*)

Rewizja C, stan: 5 października 2007 r.

| Numer sekcji | | Tytuł sekcji |
|--------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 2.3 | 0 | WPROWADZENIE DO WYMAGAŃ DOTYCZĄCYCH SIECI |
| 2.3 | 1 | CHARAKTERYSTYKA OGÓLNA |
| 2.3 | 1.1 | Parametry bloku |
| 2.3 | 1.1.1 | Moc elektryczna bloku netto (obowiązkowe) |
| 2.3 | 1.1.2 | Moc zwarciova sieci (obowiązkowe) |
| 2.3 | 1.2 | Zakresy robocze napięć i częstotliwości |
| 2.3 | 1.2.1 | Częstotliwość znamionowa |
| 2.3 | 1.2.2 | Obszar charakterystyki napięcie-częstotliwość dla bloku |
| 2.3 | 1.3 | Zakres negatywnej sekwencji prądów i zniekształcenia harmonicznego (obowiązkowe) |
| 2.3 | 1.4 | Zakres napięcia i częstotliwości dla synchronizacji (obowiązkowe) |
| 2.3 | 2 | PRACA BLOKU W NORMALNYCH WARUNKACH SIECIOWYCH |
| 2.3 | 2.1 | Wytwarzanie mocy czynnej |
| 2.3 | 2.1.1 | Minimalna moc przy pracy ciągłej (obowiązkowe) |
| 2.3 | 2.1.2 | Sterowanie podstawowe (obowiązkowe) |
| 2.3 | 2.1.2.1 | Wymagania ogólne |

| Numer sekcji | | Tytuł sekcji |
|--------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.3 | 2.1.2.2 | Zakres punktu nastawy (obowiązkowe) |
| 2.3 | 2.1.2.3 | Dyspozycyjność (obowiązkowe) |
| 2.3 | 2.1.2.4 | Zrzut mocy |
| 2.3 | 2.1.2.5 | Niewrażliwość i strefa martwa |
| 2.3 | 2.1.2.6 | Czas reakcji (obowiązkowe) |
| 2.3 | 2.1.2.7 | Czas odzyskiwania mocy (obowiązkowe) |
| 2.3 | 2.1.3 | Sterowanie wtórne (opcjonalne) |
| 2.3 | 2.1.3.1 | Wymagania ogólne |
| 2.3 | 2.1.3.2 | Ustawienie punktu pracy |
| 2.3 | 2.1.3.3 | Dyspozycyjność |
| 2.3 | 2.1.3.4 | Zakres sterowania |
| 2.3 | 2.1.3.5 | Wskaźnik zmienności (opcjonalne) |
| 2.3 | 2.1.4 | Planowana i nieplanowana praca poobciążeniowa (opcjonalne) |
| 2.3 | 2.1.4.1 | Zakres (opcjonalne) |
| 2.3 | 2.1.4.2 | Tempo zmian wytwarzania mocy (opcjonalne) |
| 2.3 | 2.1.4.3 | Liczba zmian (opcjonalne) |
| 2.3 | 2.1.5 | Zmiany obciążenia w awaryjnym stanie pracy (opcjonalne) |
| 2.3 | 2.2 | Wytwarzanie mocy biernej (obowiązkowe) |
| 2.3 | 2.2.1 | Wymagania ogólne (obowiązkowe) |
| 2.3 | 2.2.2 | Stany nieustalone napięcia i mocy biernej |
| 2.3 | 2.2.2.1 | Stany nieustalone spowodowane zmianami napięcia sieci (obowiązkowe) |
| 2.3 | 2.3 | Stabilność w stanie ustalonym (obowiązkowe) |
| 2.3 | 3 | PRACA BLOKU W WARUNKACH WYSTĄPIENIA ZAKŁÓCENIA W SIECI |
| 2.3 | 3.1 | Moc generowana (obowiązkowe) |
| 2.3 | 3.2 | Zachowanie bloku podczas wystąpienia zakłócenia w sieci (obowiązkowe) |
| 2.3 | 3.2.1 | Zachowanie bloku w warunkach zwarć, zapadów napięcia i zaniku napięcia w sieci (obowiązkowe) |
| 2.3 | 3.2.2 | Zachowanie bloku przy wolno zmniejszającym się napięciu (obowiązkowe) |
| 2.3 | 3.2.3 | Zachowanie bloku podczas wystąpienia oscylacji w sieci (obowiązkowe) |
| 2.3 | 4 | PRACA BLOKU NA POTRZEBY WŁASNE |
| 2.3 | 4.1 | Wymagania ogólne (obowiązkowe) |
| 2.3 | 4.2 | Kryteria dla automatycznego przełączenia do pracy na potrzeby własne (obowiązkowe) |
| 2.3 | 4.3 | Czas pracy bloku na potrzeby własne (obowiązkowe) |
| 2.3 | 4.4 | Liczba odłączeń do pracy na potrzeby własne (obowiązkowe) |

| Numer sekcji | | Tytuł sekcji |
|--------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.3 | 5 | PRACA WYSPOWA BLOKU |
| 2.3 | 5.1 | Stan przejściowy związany z przełączeniem w sieci z pracy w układzie elektroenergetycznym do pracy wyspowej (obowiązkowe) |
| 2.3 | 5.2 | Praca po przełączeniu (obowiązkowe) |
| 2.3 | 6 | UDZIAŁ BLOKU W PRZYWRACANIU PRACY SIECI |
| 2.3 | 6.1 | Ponowne włączenie linii 400 kV |
| 2.3 | 6.2 | Ponowne włączenie innego bloku (obowiązkowe) |
| 2.3 | 6.3 | Stopnie obciążenia |
| 2.3 | 2.3 7 | POŁĄCZENIE BLOKU Z SIECIĄ |
| 2.3 | 2.3 7.1 | Wyłącznik (obowiązkowe) |
| 2.3 | 2.3 7.2 | Punkt zerowy transformatora (obowiązkowe) |
| 2.3 | 2.3 7.3 | Ochrona odgromowa (obowiązkowe) |
| 2.3 | 2.3 7.4 | Wyposażenie automatyki zabezpieczeniowej bloku |

C-2. EUR Wolumin 4 Rozdział 5 – Układy głównego turbogeneratora
(ang. *EUR Vol. 4, Chapter 5, Main turbine generator systems*)
– w części odnoszącej się do generatora blokowego i jego układów pomocniczych.

| Numer sekcji | | Tytuł sekcji |
|--------------|------------|-------------------------------------------------------------|
| 4.5 | 5 | UKŁAD GENERATORA BLOKOWEGO |
| 4.5 | 5.1 | Definicja układu |
| 4.5 | 5.2 | Funkcja układu |
| 4.5 | 5.3 | Ogólne wymagania projektowe |
| 4.5 | 5.4 | Stojan |
| 4.5 | 5.5 | Wirnik |
| 4.5 | 6 | UKŁADY POMOCNICZE GENERATORA |
| 4.5 | 6.1 | UKŁAD WZBUDZENIA |
| 4.5 | 6.1.1 | Definicja układu |
| 4.5 | 6.1.2 | Funkcje układu |
| 4.5 | 6.1.3 | Wymagania wspólne |
| 4.5 | 6.2 | WODNY UKŁAD CHŁODZENIA STOJANA |
| 4.5 | 6.2.1 | Definicja układu |
| 4.5 | 6.2.2 | Funkcja układu |
| 4.5 | 6.2.3 | Wymagania ogólne |
| 4.5 | 6.3 | UKŁAD CHŁODZENIA WODOREM (jeżeli został zastosowany) |
| 4.5 | 6.3.1 | Definicja układu |

| Numer sekcji | | Tytuł sekcji |
|--------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4.5 | 6.3.2 | Funkcje układu |
| 4.5 | 6.3.3 | Wymagania wspólne |
| 4.5 | 6.4 | UKŁAD USZCZELNIENIA OLEJOWEGO INSTALACJI WODOROWEJ (jeżeli został zastosowany) |
| 4.5 | 6.4.1 | Definicja układu |
| 4.5 | 6.4.2 | Funkcja układu |
| 4.5 | 6.4.3 | Wymagania ogólne |
| 4.5 | 6.5 | UKŁADY NAPEŁNIANIA / OPRÓŻNIANIA WODOREM (jeżeli zostały zastosowane) |
| 4.5 | 6.5.1 | Definicja układu |
| 4.5 | 6.5.2 | Funkcja układu |
| 4.5 | 6.5.3 | Wymagania ogólne |
| 4.5 | 6.6 | UZIEMIENIE |
| 4.5 | 6.7 | UKŁAD NADZORU I NIEZBĘDNE OPOMIAROWANIE |

C-3. EUR Wolumin 4 Rozdział 7 – Układy zasilania elektrycznego potrzeb własnych (ang. *EUR Vol. 4, Chapter 7, Electric power systems*)

Lista i stan rozdziału 4.7, rewizja D, stan: 5 października 2012 r.

| Numer sekcji | | Tytuł sekcji | Ostatnia zmiana |
|--------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 4.7 | 1 | WYPROWADZENIE MOCY DO SIECI ENERGETYKI ZAWODOWEJ ORAZ SIECI POTRZEB WŁASNYCH ELEKTROWNI | D-05 |
| 4.7 | 1.1 | Definicja układu | D-05 |
| 4.7 | 1.1.1 | Zakres | |
| 4.7 | 1.1.2 | Interfejsy | D-05 |
| 4.7 | | Funkcje układu | D-05 |
| 4.7 | 1.1.2 | Interfejsy | D-05 |
| 4.7 | 1.2 | Funkcje układu | D-05 |
| 4.7 | 1.2.1 | Cel | D-05 |
| 4.7 | 1.2.2 | Parametry układu | C-05 |
| 4.7 | 1.3 | Wymagania układu | D-05 |
| 4.7 | 1.3.1 | Wyprowadzenie mocy do sieci energetyki zawodowej | C-05 |
| 4.7 | 1.3.2 | Wymagania wspólne dla transformatorów | C-05 |
| 4.7 | 1.3.3 | Transformator blokowy | D-05 |
| 4.7 | 1.3.4 | Podstawowy transformator potrzeb własnych | D-01 |
| 4.7 | 1.3.5 | Rezerwowy transformator potrzeb własnych | D-05 |

| Numer sekcji | | Tytuł sekcji | Ostatnia zmiana |
|--------------|----------|-----------------------------------------------------------------|-----------------|
| 4.7 | 1.3.6 | Wyprowadzenie mocy – Przewody szynowe o fazach rozdzielonych | D-01 |
| 4.7 | 1.3.7 | Wyłącznik lub rozłącznik generatorowy | D-05 |
| 4.7 | 2 | ZAPASOWE ŹRÓDŁO ZASILANIA ELEKTRYCZNEGO POTRZEB WŁASNYCH | D-05 |
| 4.7 | 2.1 | Definicja układu | D-05 |
| 4.7 | 2.1.1 | Zakres | D-05 |
| 4.7 | 2.1.2 | Interfejsy | C-05 |
| 4.7 | 2.2 | Funkcje układu | D-01 |
| 4.7 | 2.2.1 | Cel | C-05 |
| 4.7 | 2.2.2 | Parametry układu | D-01 |
| 4.7 | 2.3 | Wymagania układu | C-05 |
| 4.7 | 3 | UKŁAD AUTOMATYKI ZABEZPIECZENIOWEJ | D-05 |
| 4.7 | 3.1 | Definicja układu | D-05 |
| 4.7 | 3.1.1 | Zakres | D-05 |
| 4.7 | 3.1.1.1 | Zabezpieczenia generatora | D-05 |
| 4.7 | 3.1.1.2 | Zabezpieczenia transformatora | D-05 |
| 4.7 | 3.1.1.3 | Zabezpieczenia rozdzielni średniego napięcia | C-05 |
| 4.7 | 3.1.1.4 | Rezerwowe zabezpieczenie odległościowe | C-05 |
| 4.7 | 3.1.2 | Interfejsy | C-05 |
| 4.7 | 3.2 | Funkcje układu | D-01 |
| 4.7 | 3.2.1 | Cel | D-01 |
| 4.7 | 3.2.2 | Parametry układu | C-05 |
| 4.7 | 3.3 | Wymagania układu | D-05 |
| 4.7 | 4 | UKŁADY OŚWIETLENIA I MAŁE UKŁADY ZASILANIA ELEKTRYCZNEGO | D-02 |
| 4.7 | 4.1 | Definicja układu | D-01 |
| 4.7 | 4.1.1 | Zakres | C-05 |
| 4.7 | 4.1.2 | Interfejsy | D-01 |
| 4.7 | 4.2 | Funkcje układu | D-02 |
| 4.7 | 4.3 | Wymagania układu | C-05 |
| 4.7 | 5 | UKŁAD OCHRONY ODGROMOWEJ | D-05 |
| 4.7 | 5.1 | Definicja układu | D-05 |
| 4.7 | 5.1.1 | Zakres | D-05 |
| 4.7 | 5.1.2 | Interfejsy | C-05 |
| 4.7 | 5.2 | Funkcje układu | D-05 |
| 4.7 | 5.2.1 | Cel | D-01 |
| 4.7 | 5.2.2 | Parametry układu | D-05 |

| Numer sekcji | | Tytuł sekcji | Ostatnia zmiana |
|--------------|----------|--------------------------------------------------------|-----------------|
| 4.7 | 5.3 | Wymagania układu | D-05 |
| 4.7 | 6 | UKŁAD UZIEMIENIA ELEKTROWNI | D-02 |
| 4.7 | 7 | RYSUNEK – ZASILANIE POTRZEB WŁASNYCH ELEKTROWNI | D-01 |

C-4. EUR Wolumin 4 Rozdział 10 – Opomiarowanie i sterowanie (ang *EUR Vol. 4, Chapter 10 – Instrumentation and control*)

| Numer sekcji | | Tytuł sekcji |
|--------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 4.10 | 1 | ZAKRES TEMATYCZNY I CEL ROZDZIAŁU |
| 4.10 | 2 | OPOMIAROWANIE I STEROWANIE |
| 4.10 | 2.1 | Ogólne |
| 4.10 | 2.2 | Klasyfikacja funkcjonalna i kategoryzacja urządzeń – dyspozycyjność i niezawodność |
| 4.10 | 2.3 | Wymagania funkcjonalne |
| 4.10 | 3 | TURBOZESPÓŁ |
| 4.10 | 3.1 | Układ sterowania mocą i prędkością obrotową turbozespołu |
| 4.10 | 3.1.1 | Ogólne |
| 4.10 | 3.1.2 | Funkcjonalne charakterystyki układu |
| 4.10 | 3.1.3 | Parametry układu podczas rozpędzania i synchronizacji z siecią |
| 4.10 | 3.1.4 | Parametry eksploatacyjne: dyspozycyjność, niezawodność układu |
| 4.10 | 3.1.5 | Wymagania dotyczące interfejsu |
| 4.10 | 3.2 | Układ sterowania wzbudzeniem generatora |
| 4.10 | 3.3 | Układ automatyki zabezpieczeniowej turbogeneratora |
| 4.10 | 3.3.1 | Ogólne |
| 4.10 | 3.3.2 | Charakterystyki eksploatacyjne |
| 4.10 | 3.3.2.1 | Zabezpieczenia mechaniczne |
| 4.10 | 3.3.2.2 | Zabezpieczenia elektryczne |
| 4.10 | 4 | FUNKCJE MONITORINGU I DIAGNOSTYKI |
| 4.10 | 4.1 | Rejestracja nieprawidłowości i funkcje zapisu zdarzeń |
| 4.10 | 4.1.1 | Zakres |
| 4.10 | 4.1.2 | Opis |
| 4.10 | 4.1.3 | Ogólny monitoring nieprawidłowości układów zabezpieczeń turbozespołu |
| 4.10 | 4.1.4 | Monitoring nieprawidłowości w pracy turbozespołu |
| 4.10 | 4.2 | Funkcja monitoringu i diagnostyki głównego wyposażenia |
| 4.10 | 5 | UKŁADY DOSTAWY PARY, KONDENSATU I ZASILANIA W WODĘ |

**STANDARDY ELECTRIC POWER
RESEARCH INSTITUTE, INC.
(EPRI) – URD
(ANG. *UTILITY REQUIREMENTS
DOCUMENT*)
I DOKUMENTY POKREWNE**

| Nr dokumentu | Tytuł oryginału | Tłumaczenie polskie tytułu |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3002003129 | Advanced Nuclear Technology: Advanced Light Water Reactor Utility Requirements Document | Zaawansowana technologia jądrowa: Zaawansowany reaktor lekkowodny – dokument URD |
| 3002004884 | Utility Requirements Document Expanded to Include Small Modular Reactors | Dokument URD – Rozszerzenie dla włączenia małych reaktorów o budowie modułowej |
| 3002003130 | Advanced Nuclear Technology: Advanced Light Water Reactors Utility Requirements Document Small Modular Reactors Inclusion Summary | Zaawansowana technologia jądrowa: Zaawansowane reaktory lekkowodne, dokument URD – podsumowanie dotyczące dołączenia małych reaktorów o budowie modułowej |
| 1007741 | Assessment of AP1000 Conformance with the ALWR URD | Ocena zgodności reaktora AP1000 z wymaganiami dla zaawansowanych reaktorów lekkowodnych (ALWR URD) |
| 1019210 | EPRI Materials Management Matrix Project: General Electric – Hitachi Advanced Boiling Water Reactor (ABWR) Materials Management Table Report, Revision 0 | Materiały EPRI Projekt Macierzy Zarządzania: Zaawansowany reaktor wrzący General Electric – Hitachi (ABWR) – raport dot. zarządzania materiałami |
| 1021089 | EPRI Materials Management Matrix Project: Areva U.S. EPR Materials Management Tables | Materiały EPRI Projekt Macierzy Zarządzania: Amerykańska wersja reaktora Areva EPR – raport dot. zarządzania materiałami |

| Nr dokumentu | Tytuł oryginału | Tłumaczenie polskie tytułu |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1024568 | EPRI Materials Management Matrix Project: KHNP Advanced Pressurized Water Reactor (APR1400) Materials Management Tables | Materiały EPRI Projekt Macierzy Zarządzania: Zaawansowany reaktor KHNP (APR1400) – raport dot. zarządzania materiałami |

**NORMY JĄDROWE
I KONWENCJONALNE IEC
(ANG. *INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL COMMISSION*)**

E-1. Normy jądrowe IEC dla części elektrycznej, aparatury pomiarowej oraz układów AKPIA w elektrowniach jądrowych . Opracowano na podstawie [8].

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|-------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej | IEC 1304 | IEC 1304 Nuclear instrumentation – Liquid-scintillation counting systems – Performance verification (<i>Jądrowa aparatura pomiarowa – Ciekłe liczniki scyntylacyjne – Weryfikacja jakości pracy</i>) | Standard określa sposoby weryfikowania poprawności pracy typowych ciekłych liczników scyntylacyjnych. |
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej | IEC 60050-395 | IEC 60050-395 International Electrotechnical Vocabulary – Part 395: Nuclear instrumentation: Physical phenomena, basic concepts, instruments, systems, equipment and detectors (<i>Międzynarodowy słownik terminologiczny elektryki – Część 395: Aparatura jądrowa: Zjawiska fizyczne, koncepcje podstawowe, przyrządy pomiarowe, detektory</i>) | Część 395 słownika przedstawia ogólną terminologię stosowaną do opisu koncepcji, przyrządów i detektorów jądrowych. Uwaga: do aparatury jądrowej odnoszą się także części 393 oraz 394, które zostały wprowadzone do polskiego porządku normalizacyjnego jako PN-IEC 60050-393 i PN-IEC 60050-394 i opublikowane w języku polskim. |
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej | IEC 60231 | IEC 60231 General principles of nuclear reactor instrumentation (<i>Zasady ogólne dla aparatury pomiarowej reaktora jądrowego</i>) | Standard przedstawia wytyczne dla aparatury pomiarowej reaktorów jądrowych i przedstawia dobre praktyki w tym zakresie. Standard zasadniczo stosuje się do urzędzeń mających bezpośredni wpływ na ogólne bezpieczeństwo i skuteczne sterowanie reaktorem. Standard IEC 60231 pozostaje w mocy, choć nie jest już aktualizowany i ma zastosowanie tylko do instalacji istniejących. Standard IEC 60231 ma suplementy: A – ogólny, B – dla reaktorów wodnych wrzących, D – dla |

| | | | |
|-------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | reaktorów wodnych ciśnieniowych, E – dla reaktorów wysokotemperaturowych chłodzonych gazem, pracujących w układach dwuobiegowych, F – dla reaktorów moderowanych wodą ciężką, G – dla reaktorów prędkich chłodzonych ciekłymi metalami. Suplement C dotyczył reaktorów moderowanych grafitem i został wycofany. |
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej | IEC 60313 | IEC 60313 Coaxial connectors used in nuclear laboratory instrumentation (<i>Łączniki współosiowe wykorzystywane w jądrowej aparaturze laboratoryjnej</i>) | Standard zaleca ograniczony katalog preferowanych standardowych łączników współosiowych do stosowania w jądrowej aparaturze laboratoryjnej. |
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 60323 | IEC 60323 Specification for analogue voltage ranges and logic levels for mains operated nuclear instruments (<i>Specyfikacja zakresu napięcia analogowego i poziomów logicznych dla jądrowych przyrządów pomiarowych zasilanych z sieci energetycznej</i>) | Standard określający zakresy napięć sygnałów analogowych stosowanych w elektronicznych przyrządach pomiarowych stosowanych w laboratoriach badawczych, z wyłączeniem detektorów promieniowania. UWAGA: Standard wycofany w 1996 roku, ma zastosowanie tylko do instalacji istniejących. Odpowiada brytyjskiemu standardowi BS 5251 (również wycofanemu). |
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej | IEC 60412 | IEC 60412 Nuclear instrumentation – Nomenclature (identification) of scintillators and scintillation detectors and standard dimensions of scintillators (<i>Aparatura jądrowa – Nomenklatura dotycząca scyntylatorów i detektorów scyntylacyjnych oraz standardowe wymiary scyntylatorów</i>) | Standard podaje nomenklaturę dotyczącą detektorów scyntylacyjnych i scyntylatorów oraz standardowe wymiary scyntylatorów. Standard ma zastosowanie do wszystkich typów scyntylatorów organicznych i nieorganicznych dostępnych w handlu, wykorzystywanych w detektorach do zliczania scyntylacyjnego i spektrometrii. |

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|---------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej | IEC 60462 | IEC 60462 Nuclear instrumentation – Photomultiplier tubes for scintillation counting – Test procedures <i>(Aparatura jądrowa – Fotopowielacze dla liczników scyntylacyjnych – Procedury testowe)</i> | Standard definiuje procedury testowe dla fotopowielaczy stosowanych w detektorach scyntylacyjnych i Czerenkowa. Podane procedury stanowią rozszerzenie procedur zdefiniowanych w IEC 60306-4 dotyczącej ogólnych procedur dla fotopowielaczy. |
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej | IEC 60498 | IEC 60498 High-voltage coaxial connectors used in nuclear instrumentation <i>(Złącza współosiowe wysokiego napięcia stosowane w aparaturze jądrowej)</i> | Standard określa kryteria dla współosiowych łączników stosowanych w elektrycznych urządzeniach pomiarowych wykorzystywanych w układach aparatury jądrowej. Wprowadza wymiary standardowe elementów łączników, zasady ich konstruowania i mocowania, poziomy napięć znamionowych i probierczych, minimalne wymogi dla izolacji, maksymalne rezystancje przejścia oraz warunki eksploatacyjne dla dwóch typów łączników WN. |
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej | IEC 60515 | IEC 60515 Nuclear power plants. Instrumentation important to safety. Radiation detectors. Characteristics and test methods <i>(Elektrownie jądrowe. Aparatura ważna dla bezpieczeństwa. Detektory promieniowania. Charakterystyki i procedury testowe)</i> | Standard opisuje charakterystyki oraz metody testowania gazowych detektorów promieniowania wykorzystywanych w zabezpieczeniach reaktorów jądrowych. Standard stosuje się do detektorów promieniowania montowanych poza rdzeniem reaktora, dostarczających elektrycznych sygnałów wejściowych dla układów AKPIA reaktora. |
| Standard jądrowy dla urządzeń elektrycznych | IEC 60544 | IEC 60544 Guide for determining the effects of ionizing radiation on insulating materials <i>(Metody określania wpływu promieniowania jonizującego na materiały izolacyjne)</i> | Standard określa sposoby oceny wpływu promieniowania jonizującego na materiały izolacyjne w urządzeniach elektrycznych. |

| | | | |
|---------------------------------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla urządzeń elektrycznych | IEC 60557 | IEC 60557 IEC Terminology in the nuclear reactor field (Terminologia IEC w obszarze reaktorów jądrowych) | Standard określa terminologię stosowaną w publikacjach IEC w zakresie elektrowni jądrowych. Standard został wycofany, jednak odnosi się do niego niektóre obowiązujące standardy jądrowe IEC. |
| Standard jądrowy dla urządzeń AKPiA | IEC 60671 | IEC 60671 Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Surveillance testing (Elektrownie jądrowe – Układy AKPiA ważne dla bezpieczeństwa – Próby nadzoru) Polska Norma zharmonizowana: PN-EN 60671 | Standard określa zasady prowadzenia prób układów AKPiA realizujących funkcje A, B oraz C wg IEC 61226 w czasie normalnej eksploatacji i odstawiania elektrowni jądrowej, mających na celu ocenę dyspozycyjności funkcjonalnej, w szczególności w zakresie wykrywania awarii. |
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 60709 | IEC 60709 Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Separation (Elektrownie jądrowe – Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka istotna z punktu widzenia bezpieczeństwa – Separacja) Polska Norma zharmonizowana: PN-EN 60709 | Standard definiuje wymogi techniczne dla układów AKPiA ważnych dla zachowania bezpieczeństwa jądrowego oraz okablowania tych układów mające na celu osiągnięcie wystarczającej fizycznej separacji pomiędzy redundantnymi elementami układu oraz pomiędzy różnymi układami. |
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej | IEC 60737 | IEC 60737 Nuclear power plants. Instrumentation important to safety. Temperature sensors (in-core and primary coolant circuit). Characteristics and test methods (Elektrownie jądrowe. Aparatura pomiarowa ważna dla bezpieczeństwa. Czujniki temperatury (w rdzeniu i w obiegu pierwotnym chłodziwa). Charakterystyki i metody testowania). | Standard określa szczególne wymogi dla zastosowań czujników temperatury w obiegach jądrowych. Ma zastosowanie do ogólnych aspektów projektowych układu i jego elementów składowych, produkcji czujników i badania poprawności ich działania – dla czujników stosowanych we wnętrzu rdzeni reaktorów oraz w obiegu pierwotnym chłodziwa reaktorów energetycznych. |

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|--------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej | IEC 60768 | IEC 60768 Nuclear power plants – Instrumentation important to safety – Equipment for continuous in-line or on-line monitoring of radioactivity in process streams for normal and incident conditions (<i>Elektrownie jądrowe – Aparatura ważna dla bezpieczeństwa – Urządzenia dla ciągłego monitoringu radioaktywności w strumieniach technologicznych w warunkach normalnych i awaryjnych</i>) | Standard określa kryteria projektowania, doboru, testowania, kalibracji oraz funkcjonalnej lokalizacji urządzeń służących do monitorowania obecności substancji promieniotwórczych w strumieniach technologicznych podczas normalnej eksploatacji elektrowni jądrowej oraz postulowanych awarii. Ma zastosowanie tylko do pomiarów ciągłych. |
| Standard jądrowy dla przepustów kablowych | IEC 60772 | IEC 60772 Electrical penetration assemblies in containment structures for nuclear power generating stations (<i>Przepusty elektryczne w obudowach bezpieczeństwa dla elektrowni jądrowych</i>) | Standard określa projektowe wymogi bezpieczeństwa stosowane podczas projektowania, obliczeń, wytwarzania, kompletacji, testów, montażu i konserwacji przepustów kablowych w obudowach bezpieczeństwa reaktorów jądrowych. |
| Standard jądrowy dla układów elektrycznych | IEC 60780 | IEC 60780 Nuclear power plants – Electrical equipment of the safety system – Qualification (<i>Elektrownie jądrowe – Urządzenia elektryczne w systemach bezpieczeństwa – Kwalifikacja</i>) | Standard określa ogólny proces kwalifikacji, procedury kwalifikacji oraz wymogi dotyczące dokumentacji dla urządzeń elektrycznych stosowanych w układach bezpieczeństwa elektrowni jądrowych. |
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej | IEC 60860 | IEC 60860 Radiation protection instrumentation – Warning equipment for criticality accidents (<i>Aparatura pomiarowa do ochrony radiologicznej - Urządzenia ostrzegające o niekontrolowanej krytyczności</i>) | Standard opisuje wymogi ogólne, dotyczące wykrywania promieniowania, środowiskowe, mechaniczne, elektromagnetyczne i w zakresie dokumentacji, a także określa kryteria odbioru dla układów ostrzegających o niekontrolowanej reakcji łańcuchowej poprzez wykrywanie promieniowania |

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dotyczący oprogramowania stosowanego w układach bezpieczeństwa | IEC 60880 | IEC 60880 Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Software aspects for computer-based systems performing category A functions <i>(Elektrownie jądrowe – Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka istotna dla zapewnienia bezpieczeństwa – Aspekty programowe systemów komputerowych pełniących funkcje kategorii A)</i> Polska Norma zharmonizowana: IEC 60880 | gamma, neutronowego lub obu tych rodzajów promieniowania powstającego w czasie takiego zdarzenia. Standard określa wymogi dla oprogramowania układów AKPiA stosowanych w układach bezpieczeństwa elektrowni jądrowych należących do kategorii A zgodnie z definicją IEC 61226. Przedstawiono wymogi mające na celu uzyskanie oprogramowania o wysokiej niezawodności. W standardzie opisano wszystkie etapy tworzenia oprogramowania oraz jego dokumentacji, w tym wymogi dla specyfikacji, projektu, wdrożenia, weryfikacji, walidacji oraz użytkowania. |
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej | IEC 60951 | IEC 60951 Nuclear power plants – Instrumentation important to safety – Radiation monitoring for accident and post-accident conditions <i>(Elektrownie jądrowe – Aparatura pomiarowa ważna dla bezpieczeństwa – Monitoring promieniowania w warunkach awaryjnych i po zaistnieniu awarii)</i> | Standard określa wymogi dla aparatury służącej do pomiarów promieniowania w stanach awaryjnych oraz po zaistnieniu awarii w elektrowni jądrowej. Część 1 opisuje wymogi ogólne. Część 2 przedstawia wymogi dla urządzeń realizujących ciągły pomiar aktywności w emitowanych gazach i powietrzu wentylacyjnym. Część 3 przedstawia wymogi dla ciągłego monitoringu promieniowania gamma. Część 4 przedstawia wymogi dla urządzeń dla ciągłego monitoringu aktywności w strumieniach technologicznych. |
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 60964 | IEC 60964 Nuclear power plants – Control rooms – Design <i>(Elektrownie jądrowe – Nastawnie – Projektowanie)</i> | Standard określa funkcjonalne wymogi projektowe dla głównych nastawni blokowych elektrowni jądrowych zapewniające spełnienie wymogów eksploatacyjnych i związanych |

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | Polska Norma zharmonizowana: PN-EN 60964 | z bezpieczeństwem. Przedstawiono także funkcjonalne wymogi dla interfejsu dotyczące obsady nastawni oraz interfejsów człowiek-maszyna. |
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 60965 | IEC 60965 Nuclear Power Plants, Control Rooms, Supplementary Control Points for Reactor Shutdown (<i>Elektrownie jądrowe – Nastawienie – Dodatkowe punkty sterowania umożliwiające odstawienie reaktora</i>) Polska Norma zharmonizowana: PN-EN 60965 | Standard określa wymogi dla pomocniczych stacji operatorskich pozwalających pracownikom elektrowni przeprowadzić bezpieczne wyłączenie reaktora i doprowadzenie elektrowni jądrowej do stanu bezpiecznego wyłączenia w wypadku, gdy nie jest możliwe sterowanie z nastawni głównej ze względu na jej niedostępność lub niesprawność. |
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej | IEC 60973 | IEC 60973 Test procedures for germanium gamma-ray detectors (<i>Procedury badania germanowych detektorów promieniowania gamma</i>) | Standard określa standardowe metody badania detektorów germanowych wykorzystywanych do wykrywania promieniowania oraz spektroskopii promieniowania gamma o wysokiej rozdzielczości. |
| Standard jądrowy dla urządzeń elektrycznych w układach bezpieczeństwa | IEC 60980 | IEC 60980 Recommended practices for seismic qualification of electrical equipment of the safety system for nuclear generating stations (<i>Zalecane praktyki kwalifikacji sejsmicznej urządzeń elektrycznych stosowanych w układach bezpieczeństwa elektrowni jądrowych</i>) | Standard przedstawia metody prowadzenia i wymogi dla procesu kwalifikacji sejsmicznej potwierdzającego, że urządzenia elektryczne oraz AKPiA są w stanie realizować swoje funkcje mające wpływ na bezpieczeństwo jądrowe i ochronę radiologiczną w czasie trzęsień ziemi i po ich wystąpieniu. Standard należy stosować w powiązaniu z IEC 60780. |
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 60987 | IEC 60987 Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Hardware design requirements for computer-based systems | Standard określa wymogi dla sprzętu komputerowego stosowanego w układach sterowania Klasy 1 i 2 (wg definicji IEC 61513) w elektrowniach jądrowych. |

| | | | | | |
|-------------------------------------------|-----------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | (Elektrownie jądrowe – Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka ważna z punktu widzenia bezpieczeństwa – Wymogi sprzętowe dla układów komputerowych) Polska Norma zharmonizowana: PN-EN 60987 | | Standard przedstawia wytyczne dla układów wykorzystywanych do ciągłego monitoringu dźwięków mierzonych na granicy obiegu ciśnieniowego chłodziwa reaktora lektowodnego w celu wykrywania potencjalnie oderwanych elementów. Opisano charakterystyki takich układów, kryteria projektowe oraz procedury eksploatacyjne. |
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej | IEC 60988 | | Nuclear power plants. Instrumentation important to safety. Acoustic monitoring systems for detection of loose parts: Characteristics, design criteria and operational procedures (Elektrownie jądrowe. Aparatura pomiarowa ważna dla bezpieczeństwa. Akustyczne układy wykrywania odłączonych części. Charakterystyki, kryteria projektowe i procedury eksploatacyjne) | | Standard określa parametry i charakterystyki funkcjonalne układów zasilania w energię elektryczną dla układów AKPiA istotnych dla bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w elektrowniach jądrowych. Standard określa także zalecenia dotyczące zasilania dla innych układów AKPiA. Standard określa metody wdrożenia wytycznych MAEA NS-G-1.3. |
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej | IEC 61224 | | Nuclear reactors – Response time in resistance temperature detectors (RTD) – In situ measurements (Reaktory jądrowe – czas odpowiedzi w rezystancyjnych czujnikach temperatury – Pomiar in situ) | | Standard określa kryteria doboru, koncepcje oraz wykorzystanie urządzeń do pomiaru czasu odpowiadzi rezystancyjnych czujników temperatury wykorzystywanych w układach bezpieczeństwa i sterowania reaktorów jądrowych. |
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 61225 | | Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Requirements for electrical supplies (Elektrownie jądrowe – Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka istotna dla bezpieczeństwa – Wymogi w zakresie zasilania) | | |

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|-------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 61226 | IEC 61226 Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Classification of instrumentation and control functions (<i>Elektrownie jądrowe – Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka istotna dla zapewnienia bezpieczeństwa – Klasyfikacja funkcji AKPiA</i>) Polska Norma zharmonizowana: PN-EN 61226 | Standard wprowadza zasady klasyfikacji funkcji układów automatyki i sterowania w elektrowniach jądrowych z uwagi na ich istotność dla zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej. Dla poszczególnych klas określone są szczególne kryteria projektowe. Klasyfikacja ma zastosowanie do wszystkich funkcji informatycznych i sterujących oraz układów AKPiA w elektrowniach jądrowych. |
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 61227 | IEC 61227 Nuclear power plants – Control rooms – Operator controls (<i>Elektrownie jądrowe – Nastawnie – Stacje operatorskie</i>) | Standard definiuje wymogi dla interfejsu człowiek-maszyna dla układów sterowania stosowanych w nastawniach blokowych elektrowni jądrowych. Standard należy stosować w powiązaniu z IEC 60964 oraz IEC 61772 przy projektowaniu nowych bloków z nastawniami projektowanymi wg IEC 60964. |
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej | IEC 61250 | IEC 61250 Nuclear reactors – Instrumentation and control systems important for safety – Detection of leakage in coolant systems (<i>Reaktory jądrowe – Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka ważna dla bezpieczeństwa – Wykrywanie przecieków w układach chłodzenia</i>) | Standard określa wymogi dla aparatury pomiarowej niezbędnej dla wykrywania przecieków z układów chłodzenia reaktorów lekkowodnych. Opisano metody detekcji przecieków oraz charakterystyki różnych metod, a także metody różnicznania pomiędzy dopuszczalnymi i niedopuszczalnymi przeciekami. |
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 61497 | IEC 61497 Nuclear power plants. Electrical interlocks for functions important to safety. Recommendations for design and implementation | Standard przedstawia zalecenia dla projektowania i implementacji elektrycznych blokad zabezpieczeniowych wykorzystywanych aktywnie lub pasywnie dla zapobiegania powstaniu sytuacji awaryjnych lub dla zapewnienia konkretnego stanu |

| | | | |
|-------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 61500 | <p>(Elektrownie jądrowe. Blokady elektryczne funkcji ważnych dla bezpieczeństwa. Rekomendacje dla projektowania i stosowania)</p> <p>IEC 61500</p> <p>Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Data communication in systems performing category A functions</p> <p>(Elektrownie jądrowe – Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka istotna z punktu widzenia bezpieczeństwa – Przesył danych w układach realizujących funkcje kategorii A)</p> <p>Polska Norma zharmonizowana: PN-EN 61500</p> | <p>bezpiecznego w czasie eksploatacji elektrowni jądrowych.</p> <p>Standard określa wymogi dla przesyłu danych wykorzystywanych w układach realizujących funkcje kategorii A w elektrowniach jądrowych. Określono także wymogi dla interfejsu wymiany danych pomiędzy urządzeniami realizującymi funkcje kategorii A a urządzeniami realizującymi funkcje kategorii B i C nieistotne z punktu widzenia bezpieczeństwa.</p> |
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej | IEC 61501 | <p>IEC 61501</p> <p>Nuclear reactor instrumentation. Wide range neutron fluence rate meter. Mean square voltage method</p> <p>(Aparatura pomiarowa reaktora jądrowego. Szerokokresowy miernik gęstości strumienia neutronów. Metoda średniego kwadratu napięcia)</p> | <p>Standard określa zasady stosowania, terminologię, charakterystyki oraz wymogi dla metod testowania przyrządów do pomiaru strumienia neutronów opartych o wykorzystanie metody średniego kwadratu napięcia stosowanych w układach sterowania reaktorów jądrowych.</p> |
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 61504 | <p>IEC 61504</p> <p>Nuclear power plants. Instrumentation and control systems important to safety. Plant-wide radiation monitoring</p> <p>(Elektrownie jądrowe. Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka ważna dla bezpieczeństwa. Monitoring promieniowania na terenie całego obiektu)</p> | <p>Standard przedstawia wytyczne dla ogólnych koncepcji i kryteriów parametrycznych dla komputerowych układów monitoringu promieniowania. Układy takie integrują pomiary dokonywane na całym obszarze elektrowni, w części technologicznej, uwalnianych substancjach itd.</p> |

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 61513 | IEC 61513 Nuclear power plants – Instrumentation and control for systems important to safety – General requirements for systems (<i>Elektrownie jądrowe – Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka dla układów ważnych z punktu widzenia bezpieczeństwa – Ogólne wymogi dla układów</i>) Polska Norma zharmonizowana: PN-EN 61513 | Standard określa wymogi i zalecenia dotyczące ogólnej architektury układów AKPiA wykorzystujących urządzenia programowane sprzętowo lub programowo stosowane w elektrowniach jądrowych. |
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 61771 | IEC 61771 Nuclear power plants – Main control-room – Verification and validation of design (<i>Elektrownie jądrowe – Nastawnia główna – Weryfikacja i walidacja projektu</i>) | Standard określa procedury weryfikacji i walidacji projektu układów głównej nastawni blokowej elektrowni jądrowej oraz podaje kryteria weryfikacji i walidacji przydziału funkcji oraz zintegrowanego układu sterowania z nastawni. |
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 61772 | IEC 61772 Nuclear power plants. Control rooms. Application of visual display units (VDUs) (<i>Elektrownie jądrowe. Nastawnie. Stosowanie wyświetlaczy (VDU)</i>) Polska Norma zharmonizowana: PN-EN 61772 | Standard rozszerza zapisy IEC 60964 w zakresie wymagań projektowych dla stosowania wyświetlaczy graficznych w głównych nastawniach elektrowni jądrowych. |
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 61839 | IEC 61839 Nuclear power plants. Design of control rooms. Functional analysis and assignment (<i>Elektrownie jądrowe. Projektowanie nastawni. Analiza i przydziały funkcjonalne</i>) Polska Norma zharmonizowana: PN-EN 61839 | Standard określa kryteria analizy funkcjonalnej oraz przypisywania procedur w układzie nastawni elektrowni jądrowej. Standard rozszerza postanowienia IEC 60964. Ma zastosowanie do instalacji nowych lub modernizowanych. |

| | | | |
|------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 61888 | IEC 61888 Nuclear power plants – Instrumentation important to safety – Determination and maintenance of trip setpoints (<i>Elektrownie jądrowe – Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka ważna dla bezpieczeństwa – Określenie i utrzymywanie nastaw parametrów powodujących wyłączenie</i>) | Standard określa kryteria zapewniające, że automacyjne nastawy parametrów powodujących automatyczne wyłączenie instalacji jądrowej są wprowadzone i utrzymywane we właściwych granicach. |
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 62003 | IEC 62003 Nuclear power plants. Instrumentation and control important to safety. Requirements for electromagnetic compatibility testing (<i>Elektrownie jądrowe. Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka ważna dla bezpieczeństwa. Wymogi dla badania kompatybilności elektromagnetycznej</i>) | Standard wprowadza wymóg prowadzenia badań kompatybilności elektromagnetycznej urządzeń AKPiA dostarczanych do wykorzystania w układach ważnych dla utrzymania bezpieczeństwa jądrowego w elektrowni jądrowej. Wskazano odpowiednie standardy IEC (zasadniczo serię IEC 61000) określające ogólne warunki prowadzenia prób oraz przedstawiono niezbędne parametry właściwe dla konkretnych zastosowań, zapewniające spełnienie wymogów bezpieczeństwa jądrowego. |
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 62117 | IEC 62117 Nuclear reactor instrumentation – Pressurized light water reactors (PWR) – Monitoring adequate cooling within the core during cold shutdown (<i>Aparatura pomiarowa reaktora jądrowego – Reaktory wodne ciśnieniowe (PWR) – Monitorowanie właściwego chłodzenia w obrębie rdzenia w stanie bezpiecznego wyłączenia</i>) | Standard określa wymogi dla aparatury pomiarowej wykorzystywanej do weryfikacji właściwego chłodzenia rdzenia reaktorów wodnych ciśnieniowych w stanie bezpiecznego wyłączenia, gdy temperatura chłodziwa jest niższa niż 100°C. Standard stosuje się do konstruowania nowych lub modernizowania istniejących układów monitoringu pracy reaktora. |

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 62138 | IEC 62138 Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Software aspects for computer-based systems performing category B or C functions <i>(Elektrownie jądrowe – Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka istotna dla zapewnienia bezpieczeństwa – Aspekty programowe układów komputerowych pełniących funkcje kategorii B lub C)</i> Polska Norma zharmonizowana: PN-EN 62138 | Standard określa wymogi dla oprogramowania komputerowych układów AKPiA pełniących funkcje związane z bezpieczeństwem kategorii B lub C zgodnie z klasyfikacją podaną w IEC 61226. Standard stanowi uzupełnienie standardu IEC 60880 dotyczącego urządzeń kategorii A oraz uzupełnienie wymogów standardu IEC 61513. |
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 62241 | IEC 62241 Nuclear power plants – Main control room – Alarm functions and presentation <i>(Elektrownie jądrowe – Nastawnia główna – Funkcje alarmowe i ich prezentacja)</i> Polska Norma zharmonizowana: PN-EN 62241 | Standard przedstawia wymogi funkcjonalne dla układów alarmowych w głównej nastawni blokowej elektrowni jądrowej. |
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 62340 | IEC 62340 Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Requirements for coping with common cause failure (CCF) <i>(Elektrownie jądrowe – Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka istotna dla zapewnienia bezpieczeństwa – Wymogi w zakresie unikania awarii o wspólnej przyczynie (CCF))</i> | Standard określa wymogi związane z możliwością wystąpienia awarii o wspólnej przyczynie w układach AKPiA realizujących funkcje kategorii A w elektrowniach jądrowych. |

| | | | |
|-------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 62385 | IEC 62385 Nuclear power plants. Instrumentation and control important to safety. Methods for assessing the performance of safety system instrument channels <i>(Elektrownie jądrowe. Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka ważna dla bezpieczeństwa. Metody oceny jakości działania kanałów pomiarowych układów bezpieczeństwa)</i> | Standard definiuje wymogi dla weryfikacji prawidłowego działania kanałów aparatury pomiarowej w ramach układu bezpieczeństwa poprzez sprawdzenie czasu odpowiedzi, weryfikację kalibracji i stosowanie innych środków. Te same wymogi mogą być stosowane do potwierdzania wystarczającej jakości działania układów niezwiązanych z bezpieczeństwem i innych torów pomiarowych. |
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej | IEC 62397 | IEC 62397 Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Resistance temperature detectors <i>(Elektrownie jądrowe – Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka ważna dla bezpieczeństwa – Rezystancyjne czujniki temperatury)</i> | Standard przedstawia wymogi dla rezystancyjnych czujników temperatury stosowanych w elektrowniach jądrowych. Określono wymogi dla konstrukcji, materiałów, wytwarzania, prób, kalibracji, zakupów oraz przeglądów. |
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 62566 | IEC 62566 Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Development of HDL-programmed integrated circuits for systems performing category A functions <i>(Elektrownie jądrowe – Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka ważna dla bezpieczeństwa – Opracowanie zintegrowanych obwodów programowanych w językach HDL dla systemów realizujących funkcje kategorii A)</i> | Standard przedstawia wymogi dla niezawodnych programowanych programowo (HDL) urządzeń wykorzystywanych w układach AKPiA elektrowni jądrowych, które pełnią funkcje kategorii bezpieczeństwa A wg definicji IEC 61226. |

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|-------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 62582 | Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Electrical equipment condition monitoring methods <i>(Elektrownie jądrowe – Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka ważna dla bezpieczeństwa – Urządzenia elektryczne i metody monitorowania ich stanu)</i> | Standard określa zasady monitorowania stanu urządzeń elektrycznych stosowanych w ważnych z punktu widzenia bezpieczeństwa układach AKPiA elektrowni jądrowych. W części 1 przedstawiono ogólne wytyczne. W części 2, 3 i 4 opisano metody badania stanu materiałów organicznych i polimerowych przy użyciu różnych technik. W części 5 opisano metody badania degradacji światłowodów i kabli. |
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 62645 | Nuclear power plants – Instrumentation and control systems – Requirements for security programmes for computer-based systems <i>(Elektrownie jądrowe – Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka – Wymogi dla programów związanych z bezpieczeństwem w układach komputerowych)</i> | Standard definiuje wymogi i przedstawia zalecenia dla opracowywania i zarządzania efektywnym oprogramowaniem z zakresu bezpieczeństwa dla układów AKPiA elektrowni jądrowych, z możliwym wykorzystaniem urządzeń oprogramowanych przy użyciu języków HDL. Zasadniczym celem zapisów standardu jest zapewnienie wdrożenia odpowiednich środków programistycznych dla zapobiegania lub wykrywania i reakcji na ataki cybernetyczne. |
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 62646 | Nuclear power plants – Control rooms – Computer based procedures <i>(Elektrownie jądrowe – Nastawnie – Procedury komputerowe)</i> | Standard określa wymogi dla całego cyklu życia procedur eksploatacyjnych, których komputeryzację zakłada projektant. |
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej | IEC 62651 | Nuclear power plants. Instrumentation important to safety. Thermocouples: characteristics and test methods | Standard określa wymogi dla termopar stosowanych w elektrowniach jądrowych, w układach istotnych z punktu widzenia bezpieczeństwa jądrowego. |

| | | | |
|------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 62671 | <i>(Elektrownie jądrowe – Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka ważna dla bezpieczeństwa – Termopary: charakterystyki i metody badania)</i> IEC 62671 Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Selection and use of industrial digital devices of limited functionality <i>(Elektrownie jądrowe – Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka istotna dla zapewnienia bezpieczeństwa – Dobór i stosowanie przemysłowych urządzeń cyfrowych o ograniczonej funkcjonalności)</i> | Standard dotyczy urządzeń z wbudowanym oprogramowaniem lub konfigurowanych elektronicznie obwodów cyfrowych, które nie zostały wyprodukowane zgodnie z innymi normami IEC dotyczącymi układów i urządzeń ważnych dla bezpieczeństwa jądrowego, a których zastosowanie w elektrowniach jądrowych jest rozważane. Określa on wymogi dla procesu doboru i oceny takich urządzeń, które mają ściśle określoną i ograniczoną funkcjonalność oraz ograniczoną konfigurowalność. |
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 62705 | IEC 62705 Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Radiation monitoring systems (RMS): Characteristics and lifecycle <i>(Elektrownie jądrowe – Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka ważna dla bezpieczeństwa – Układy monitorowania promieniowania: charakterystyki i cykl życia)</i> | Standard określa kryteria dla układów monitorowania promieniowania instalowanych w elektrowniach jądrowych: kryteria dla zarządzania takimi układami oraz wytyczne dla stosowania istniejących norm IEC dotyczących projektowania i kwalifikacji układów oraz urządzeń. Standard można stosować do obiektów jądrowych innych niż elektrownie poprzez ocenę różnic funkcjonalnych. |
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 62808 | IEC 62808 Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Design and qualification of isolation devices <i>(Elektrownie jądrowe – Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka ważna dla bezpieczeństwa – Konstrukcja i kwalifikacja urządzeń izolacyjnych)</i> | Standard określa wymogi dla konstrukcji, analizy i kwalifikacji urządzeń zapewniających elektryczną niezależność redundantnych obwodów w układach bezpieczeństwa oraz niezależność układów bezpieczeństwa od układów niższego poziomu (definicje zgodnie z IEC 60709). Standard obejmuje wytyczne dla określania maksymalnej wiarygodnej awarii przykładane do urządzeń izolacyjnych. |

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC 62987 | IEC 62987 Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Use of Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) and related methods to support the justification of systems <i>(Elektrownie jądrowe – Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka ważna dla bezpieczeństwa -Wykorzystanie analiz rodzajów i skutków możliwych błędów (FMEA) oraz metod pokrewnych do uzasadnienia konstrukcji układów)</i> | Standard zawiera wytyczne do stosowalności analiz typu FMEA do układów AKPiA istotnych dla bezpieczeństwa w elektrowniach jądrowych. Raport stanowi rozszerzenie procedury opisanej w IEC 60812 na elektrownie jądrowe. |
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC TR 61838 | IEC TR 61838 Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Use of probabilistic safety assessment for the classification of functions <i>(Elektrownie jądrowe – Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka ważna dla bezpieczeństwa – Wykorzystanie probabilistycznej analizy bezpieczeństwa do klasyfikacji funkcji)</i> | Standard przedstawia przegląd metod wykorzystania wyników probabilistycznej analizy ryzyka do utworzenia opartych na poziomie ryzyka kryteriów klasyfikacji urządzeń przypisyjących je do czterech kategorii zdefiniowanych przez IEC 61226. |
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC TR 62235 | IEC TR 62235 Nuclear facilities – Instrumentation and control systems important to safety – Systems of interim storage and final repository of nuclear fuel and waste | Standard przedstawia wytyczne dla projektowania układów AKPiA w obiektach, w których magazynowane są odpady i paliwo jądrowe. Ma zastosowanie dla zakładów wytwarzania paliwa jądrowego, elektrowni jądrowych, zakładów przerobki wypalonego paliwa, przechowalników |

| | | | |
|------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla układów AKPiA | IEC TR 62918 | <p>(Obiekty jądrowe – Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka ważna dla bezpieczeństwa – Tymczasowe i ostateczne przechwalniki paliwa jądrowego i odpadów)</p> <p>IEC TR 62918</p> <p>Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Use and selection of wireless devices to be integrated in systems important to safety (Elektrownie jądrowe – Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka ważna dla bezpieczeństwa – Dobór i wykorzystanie urządzeń bezprzewodowych integrowanych w układach ważnych dla bezpieczeństwa)</p> | <p>wypalonego paliwa, zakładów realizujących załadunek odpadów do pojemników oraz przechowywanie długoterminowych dla odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego.</p> <p>Standard przedstawia stan technologii bezprzewodowych do zastosowań przemysłowych w układach energetycznych i chemicznych i omawia szczególne zagadnienia związane ze stosowaniem technologii bezprzewodowych w elektrowniach jądrowych.</p> |
|------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

E-2 Wybór norm IEC konwencjonalnych szczególnie istotnych dla części elektrycznej, układów pomiarowych oraz aparatury kontrolno-pomiarowej w elektrowniach jądrowych

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|-------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Norma konwencjonalna dla wirujących maszyn elektrycznych | IEC 60034 | IEC 60034 Rotating electrical machines (<i>Maszyny elektryczne wirujące</i>) | Norma określa wymagania dla silników i generatorów elektrycznych. |
| Norma konwencjonalna dla układów zasilania | IEC 60038 | IEC 60038 IEC Standard voltages (<i>Napięcia standardowe IEC</i>) | Norma określa standardowe poziomy napięć zalecane do stosowania jako wartości nominalne w układach zasilania w energię elektryczną oraz jako wartości referencyjne do projektowania urządzeń i układów. |
| Norma konwencjonalna dla urządzeń elektrycznych i elektronicznych | IEC 60068 | IEC 60068 Environmental testing (<i>Testy środowiskowe</i>) | Norma określa zasady prowadzenia testów środowiskowych dla urządzeń elektrycznych i elektronicznych. |
| Norma konwencjonalna dla transformatorów | IEC 60076 | IEC 60076 Power transformers (<i>Transformatory</i>) | Norma dotyczy trójfazowych i jednofazowych transformatorów mocy (łącznie z autotransformatarami). |
| Norma konwencjonalna dla izolacji urządzeń elektrycznych | IEC 60085 | IEC 60085 Thermal evaluation and classification of electrical insulation (<i>Ocena właściwości cieplnych i klasyfikacja izolacji elektrycznej</i>) | Norma klasyfikuje materiały i układy służące do izolowania urządzeń elektrycznych. Zdefiniowane są kryteria oceny wytrzymałości cieplnej materiałów i układów izolacyjnych. |
| Norma konwencjonalna dla ograniczników przepięć | IEC 60099 | IEC 60099 Surge Arresters (<i>Ograniczniki przepięć</i>) Polska Norma zharmonizowana: PN-EN 60099 | Norma opisuje urządzenia przeznaczone do ograniczania przepięć w sieciach elektroenergetycznych. |

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Norma konwencjonalna dla przekształtników półprzewodnikowych | IEC 60146-1 | IEC 60146-1 Semiconductor converters (Przekształtniki półprzewodnikowe) | Norma określa wymagania dla przekształtników półprzewodnikowych. W części 1 opisano wymogi ogólne oraz wymogi szczególne dla przekształtników o komutacji sieciowej. W części 2 określono wymogi szczególne dla przekształtników o komutacji wewnętrznej. |
| Norma konwencjonalna dotycząca zasad doboru kabli wysokich napięć | IEC 60183 | IEC 60183 Guidance for the selection of high-voltage A.C. cable systems (Poradnik – zasady doboru kabli wysokich napięć do układów prądu przemiennego) | Norma określa zasady doboru kabli stosowanych w układach prądu przemiennego powyżej 1 kV. |
| Norma konwencjonalna dla żył przewodów i kabli | IEC 60228 | IEC 60228 Conductors of insulated cables (Żyły przewodów i kabli) | W normie podano znamionowe przekroje, w zakresie od 0,5 mm ² do 2 500 mm ² , żył izolowanych przewodów i kabli energetycznych. Przedstawiono również liczbę i wymiary drutów żył oraz wielkości ich rezystancji. Norma dotyczy żył jednodrutowych i skręconych wykonanych z miedzi, aluminium oraz stopów aluminium stosowanych w przewodach giętkich lub przeznaczonych do układania na stałe. |
| Norma konwencjonalna dla okablowania | IEC 60331 | IEC 60331 Tests for electric cables under fire conditions (Próby kabli elektrycznych w warunkach pożaru) | Norma określa warunki prowadzenia prób kabli elektrycznych w warunkach pożaru. |
| Norma konwencjonalna dla okablowania | IEC 60332 | IEC 60332 Tests on electric and optical fibre cables under fire conditions (Próby kabli elektrycznych i światłowodowych w warunkach pożaru) | Norma określa warunki prowadzenia prób kabli elektrycznych i światłowodowych w warunkach pożaru. |

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|-------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Norma konwencjonalna dla okablowania | IEC 60502 | IEC 60502 Power cables with extruded insulation and their accessories for rated voltages from 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) (<i>Kable energetyczne z wytłaczaną izolacją i ich akcesoria do napięć znamionowych od 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) do 30 kV ($U_m = 36$ kV) – Część 1: Kable o napięciu znamionowym 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) i 3 kV ($U_m = 3,6$ kV)</i>) | Norma określa wymagania dotyczące budowy, wymiarów i badań kabli zasilających z izolacją stałą dla napięć znamionowych 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) i 3 kV ($U_m = 3,6$ kV) dla instalacji stałych, takich jak sieci rozdzielcze lub instalacje przemysłowe. Norma ta obejmuje kable, które wystawione na działanie ognia wykazują właściwości zmniejszonego rozprzestrzeniania się płomienia, niskiego poziomu emisji dymu oraz emisji gazów nie zawierających halogenów. |
| Norma konwencjonalna dla układów AKPIA | IEC 60516 | IEC 60516 A modular instrumentation system for data handling; CAMAC system (<i>Modułowy układ aparatury do przetwarzania danych, system CAMAC</i>) | Norma definiuje modułowy układ aparatury wiążący przetworniki i inne urządzenia ze sterownikami lub komputerami cyfrowymi. Jest to norma wycofana, jednak odnosi się do niej wciąż obowiązujące normy IEC 60677, 60713, 60775 w zakresie właściwym dla istniejących instalacji. |
| Norma konwencjonalna dla urządzeń elektrycznych | IEC 60529 | IEC 60529 Degrees of protection provided by enclosures (IP Code) (<i>Stopnie ochrony zapewnianej przez obudowy (Kod IP)</i>) | Norma definiuje stopnie ochrony zapewniających przez obudowy urządzeń elektrycznych (IP). |
| Norma konwencjonalna dla układów AKPIA | IEC 60677 | IEC 60677 Block transfers in CAMAC systems (<i>Transmisja blokowa w systemach CAMAC</i>) | Norma określa wytyczne dla stosowania transmisji blokowej w modułowych układach pomiarowych i interfejsach cyfrowych CAMAC projektowanych wg IEC 60516. |

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Norma konwencjonalna dla urządzeń elektrycznych i elektronicznych | IEC 60695 | IEC 60695 Fire hazard testing (<i>Próby związane z zagrożeniem pożarowym</i>) | Norma określa zasady prowadzenia prób urządzeń elektrycznych i elektronicznych w kontekście zagrożenia pożarowego. |
| Norma konwencjonalna dla układów AKPIA | IEC 60713 | IEC 60713 Subroutines for CAMAC (<i>Podprogramy dla systemów CAMAC</i>) | Norma definiuje zestaw podprogramów zapewniających komunikację z systemami CAMAC zdefiniowanymi w IEC 60516. Podprogramy napisano z wykorzystaniem języka FORTRAN, choć nie są one ograniczone tylko do tego języka. |
| Norma konwencjonalna dla transformatorów suchych | IEC 60726 | IEC 60726 Dry type power transformers (<i>Transformatory suche</i>) | Norma określa wymagania dotyczące transformatorów suchych (włączając autotransformatory) o najwyższym napięciu urządzenia do 36 kV włącznie, przy czym przynajmniej jedno uzwojenie o napięciu wyższym niż 1,1 kV. |
| Norma konwencjonalna dla układów pomiarowych | IEC 60759 | IEC 60759 Standard test procedures for semiconductor X-ray energy spectrometers (<i>Standardowe procedury badania półprzewodnikowych spektrometrów energii promieniowania rentgenowskiego</i>) | Norma określa procedury badania półprzewodnikowych spektrometrów energii promieniowania rentgenowskiego. |
| Norma konwencjonalna dla układów AKPIA | IEC 60775 | IEC 60775 Real-time BASIC for CAMAC (<i>Język BASIC czasu rzeczywistego dla systemów CAMAC</i>) | Norma przedstawia ogólny standard dla wykorzystania języka RTL BASIC w powiązaniu z systemami CAMAC zdefiniowanymi w IEC 60516. |
| Norma konwencjonalna dla układów AKPIA | IEC 60812 | IEC 60812 Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA); | Norma przedstawia techniki analizy rodzajów i skutków możliwych błędów (FMEA) oraz analizy rodzajów, skutków i krytyczności możliwych błędów (FMECA) oraz wytyczne do |

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|----------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Norma konwencjonalna dla układów AKPIA | IEC 60910 | <p><i>(Techniki analityczne zapewniające niezawodność systemów – Procedura analizy rodzajów i skutków możliwych błędów (FMEA))</i></p> <p>IEC 60910 Containment monitoring instrumentation for early detection of developing deviations from normal operation in light water reactors <i>(Aparatura do monitorowania obudowy bezpieczeństwa dla wczesnego wykrywania pojawiających się odchylen od normalnego stanu pracy w reaktorach lekkowodnych)</i></p> | <p>sposobów ich zastosowania do różnych celów.</p> <p>Norma przedstawia zalecenia dla zakresu mierzonych danych pozwalającego operatorowi na rozpoznanie powstających odchylen od normalnych stanów eksploatacyjnych na wczesnym etapie. Tekst normy jest identyczny z Anekssem 11 do rekomendacji MAEA 50-SG-D12.</p> |
| Norma konwencjonalna dla układów AKPIA | IEC 60911 | <p>IEC 60911 Measurements for monitoring adequate cooling within the core of pressurized light water reactors <i>(Pomiary monitorujące właściwe chłodzenie rdzenia reaktora wodnego ciśnieniowego)</i></p> | <p>Norma określa wymogi dla dodatkowych przyrządów pomiarowych pozwalających na określenie parametrów chłodziwa pozwalających na wykrzywie nieprawidłowych warunków w reaktorze.</p> |
| Norma konwencjonalna dla układów AKPIA | IEC 60935 | <p>IEC 60935 Nuclear instrumentation – Modular high speed data acquisition system – FASTBUS <i>(Jądrowa aparatura pomiarowa – Modułowy szybki układ akwizycji danych – FASTBUS)</i></p> | <p>Norma definiuje modułowy układ szyny danych pozwalający na akwizycję i przetwarzanie danych oraz realizowanie sterowania. Norma określa specyfikacje mechaniczne, elektryczne oraz w zakresie sygnałów i protokołów wystarczające do zapewnienia kompatybilności modułów pochodzących z różnych źródeł. Stosowana do układów złożonych z modułowych elektronicznych urządzeń realizujących przetwarzanie lub przesyłanie danych i sygnałów, na</p> |

| | | | |
|-------------------------------------------------------------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Norma konwencjonalna dla elementów systemów informatycznych | IEC 60950 | IEC 60950 Information technology equipment – Safety (Urządzenia informatyczne – Zabezpieczenia) | ogół w powiązaniu z komputerami lub innymi automatycznymi układami przetwarzania danych. Wykorzystywana do aparatury jądrowej i innych zastosowań. Zob. także IEC 61052. |
| Norma konwencjonalna dla układów AKPIA | IEC 60960 | IEC 60960 Functional design criteria for a safety parameter display system for nuclear power stations (Funkcjonalne kryteria projektowania układu prezentacji parametrów związanych z bezpieczeństwem w elektrowniach jądrowych) | Norma określa wymagania dotyczące bezpieczeństwa pracy (nie bezpieczeństwa jądrowego) urządzeń stosowanych w układach informatycznych. Norma określa funkcjonalne wymagania projektowe dla układu prezentacji parametrów związanych z bezpieczeństwem jądrowym zapewniającego przejrzyste i czytelne przekazywanie informacji operatorom, szczególnie w warunkach awaryjnych. Norma ma zastosowanie do nastawni zaprojektowanych zgodnie z wymogami norm IEC. |
| Norma konwencjonalna dla kabli | IEC 60986 | IEC 60986 Short-circuit temperature limits of electric cables with rated voltages from 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) up to 30 kV ($U_m = 36$ kV) (Ograniczenia temperatury kabli elektrycznych o napięciu znamionowym od 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) do 30 kV ($U_m = 36$ kV) w czasie zwarcia) | Norma przedstawia wytyczne w zakresie maksymalnych temperatur dopuszczalnych w czasie zwarcia dla kabli pracujących przy napięciu znamionowym od 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) do 30 kV ($U_m = 36$ kV). |
| Norma konwencjonalna dla urządzeń elektrycznych | IEC 61000 | IEC 61000 Electromagnetic compatibility (EMC) (Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC)) | Norma określa wymagania dla urządzeń w zakresie kompatybilności elektromagnetycznej. |
| Norma konwencjonalna dla układów AKPIA | IEC 61052 | IEC 61052 FASTBUS standard routines. Standard routines for use with FASTBUS data | Norma określa standardowe podprogramy wykorzystywane do programowego dostępu do systemu FASTBUS, standaryzowanego |

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|----------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Norma konwencjonalna dla układów AKPIA | IEC 61069 | acquisition system <i>(Standardowe podprogramy FASTBUS. Standardowe podprogramy do wykorzystania z układem akwizycji danych FASTBUS)</i> IEC 61069 Industrial-process measurement and control – Evaluation of system properties for the purpose of system assessment <i>(Pomiary procesowe i sterowanie w przemyśle – Interpretacja własności systemu w celu oceny jakości systemu)</i> | modułowego układu akwizycji danych i sterowania z szybkością transmisją danych zdefiniowanego w IEC 60935. Norma określa zasady projektowania układów pomiarowych oraz układów sterowania w zastosowaniach przemysłowych. W części 1 przedstawiono kwestie ogólne i metodyczne. W części 2 – metodykę oceny układów i definiowania ich celów funkcjonalnych. W części 3 zapisano wymogi dotyczące oceny własności układów. W częściach 4-8 określono kryteria oceny jakości działania układów. |
| Norma konwencjonalna dla układów AKPIA | IEC 61298 | IEC 61298 Process measurement and control devices – General methods and procedures for evaluating performance <i>(Technologiczne przyrządy pomiarowe i sterujące – Ogólne zasady i procedury oceny parametrów pracy)</i> | Norma określa zasady projektowania i oceny układów pomiarowych i regulacyjnych parametrów procesowych. |
| Norma konwencjonalna dla układów pomiarowych | IEC 61435 | IEC 61435 Nuclear instrumentation – High-purity germanium crystals for radiation detectors – Measurement methods of basic characteristics <i>(Jądrowa aparatura pomiarowa – Kryształy germanu o wysokiej czystości dla detektorów</i> | Norma przedstawia metody badania podstawowych charakterystyk kryształów germanu o wysokiej czystości (o poziomie zanieczyszczeń elektrycznie aktywnych poniżej 10 ¹¹ ośrodków na cm ³) stosowanych w detektorach promieniowania gamma lub rentgenowskiego. Metody badania kompletnych |

| | | | | |
|---------------------------------------------------------------|-----------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | <i>promieniowania – Metody pomiarowe podstawowych charakterystyk)</i> | detektorów germanowych przedstawione są w IEC 60973 oraz IEC 60759. |
| Norma konwencjonalna dla urządzeń elektrycznych | IEC 61439 | IEC 61439 | Low-voltage switchgear and controlgear assemblies (<i>Aparatura rozdzielcza i sterownicza niskiego napięcia</i>) | Norma konwencjonalna określająca wymogi dla rozdzielnic niskiego napięcia. W części 1 opisano zagadnienia ogólne, w części 2 próby urządzeń w warunkach referencyjnych, w części 3 próby funkcjonalne, w części 4 opracowanie raportów z prób. |
| Norma konwencjonalna dla układów pomiarowych | IEC 61453 | IEC 61453 | Nuclear instrumentation – Scintillation gamma ray detector systems for the assay of radionuclides – Calibration and routine tests (<i>Jądrowa aparatura pomiarowa – Scyntylacyjne układy wykrywania promieni gamma do oznaczania radionuklidów – Kalibracja i rutynowe testy</i>) | Norma określa zasady kalibracji i rutynowego testowania detektorów scyntylacyjnych wykorzystywanych do pomiaru energii promieniowania gamma oraz tempa emisji radionuklidów, a także oznaczania radioaktywności. |
| Norma konwencjonalna dla układów zabezpieczeniowych | IEC 61508 | IEC 61508 | Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems (<i>Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych/elektronicznych/programowalnych układów związanych z bezpieczeństwem</i>) | Norma określa wymogi w zakresie bezpieczeństwa funkcjonalnego dla układów zabezpieczeniowych. |
| Norma konwencjonalna dla układów automatyki zabezpieczeniowej | IEC 61511 | IEC 61511 | Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector (<i>Bezpieczeństwo funkcjonalne – Układy automatyki zabezpieczeniowej dla procesów przemysłowych</i>) | Norma określa wymogi dla opracowywania specyfikacji, projektowania, montażu, eksploatacji i konserwacji układów automatyki zabezpieczeniowej zapewniających utrzymanie bezpiecznego stanu procesu przemysłowego. |

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|-----------------------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Norma konwencjonalna dla układów komunikacji | IEC 61850 | IEC 61850 Communication networks and systems for power utility automation (<i>Sieci i układy komunikacyjne automatyki zakładów energetycznych</i>) | Norma określa warunki komunikacji pomiędzy inteligentnymi urządzeniami elektronicznymi w układach automatyki zakładów energetycznych. |
| Norma konwencjonalna dla przekładników | IEC 61869 | IEC 61869 Instrument transformers (<i>Przekładniki</i>) | Norma określa wymagania dla przekładników prądowych i napięciowych indukcyjnych stosowanych w układach rozdzielczych i przesyłowych średnich i wysokich napięć. |
| Norma konwencjonalna dla aparatury pomiarowej | IEC 61976 | IEC 61976 Nuclear instrumentation – Spectrometry – Characterization of the spectrum background in HPGe gamma-ray spectrometry (<i>Jądrowa aparatura pomiarowa – Spektrometria – Charakteryzacja spektrum tła w spektrometrii promieniowania gamma HPGe</i>) | Norma przedstawia jednolitą metodę opisu i charakteryzowania spektrum otrzymywane go z detektora HPGe. Wytwórcom i użytkownikom umożliwia ona określenie jakości pracy detektora w warunkach słabego tła i pozwala na porównanie detektorów wykorzystywanych do tego rodzaju pomiarów. |
| Norma konwencjonalna dla układów zasilania bezprzerwowego | IEC 62040 | IEC 62040 Uninterruptible power systems (UPS) (<i>Układy zasilania bezprzerwowego (UPS)</i>) | Norma określa wymogi dla układów zasilania bezprzerwowego (UPS). Część 1 określa wymogi ogólne. Część 2 określa wymagania dotyczące kompatybilności elektromagnetycznej. Część 3 określa metody określania parametrów technicznych i wymogi dla prób. Część 4 określa wymogi dotyczące zagadnień środowiskowych. |
| Norma konwencjonalna dla aparatury | IEC 62088 | IEC 62088 Nuclear instrumentation – Photodiodes for scintillation detectors – Test procedures | Norma określa standardowe procedury testowania fotodiod wykorzystywanych w licznikach scyntylacyjnych i określa jakie |

| | | | | |
|-------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| pomiarowej | | | <i>(Jądrowa aparatura pomiarowa – Fotodiody dla detektorów scyntylacyjnych – Procedury badań)</i> | parametry powinny być przekazywane przez dostawcę każdego typu fotodiod. |
| Norma konwencjonalna dla aparatury pomiarowej | IEC 62089 | IEC 62089 | Nuclear instrumentation – Calibration and usage of alpha/beta gas proportional counters <i>(Jądrowa aparatura pomiarowa – Kalibracja i wykorzystywanie gazowych proporcjonalnych liczników alfa/beta)</i> | Norma wprowadza standardową metodę kalibracji i wykorzystywania proporcjonalnych liczników alfa/beta, w tym metodę pomiaru ich charakterystyk. Stosowana do układów proporcjonalnych wykrywania i zliczania promieniowania alfa i beta wykorzystywanych do określania aktywności próbek radionuklidów. |
| Norma konwencjonalna dla urządzeń rozdzielczych | IEC 61271 | IEC 62271 | High-voltage switchgear and controlgear <i>(Wysokonapięciowa aparatura rozdzielcza i sterownicza)</i> PN/EN 662271 | Norma odnosi się do aparatury rozdzielczej średnich i wysokich napięć, a w tym: wyłączników wysokich napięć prądu przemiennego, odłączników i uzemienników wysokich napięć prądu przemiennego, rozdzielnic prądu przemiennego w osłonach metalowych od 1 do 52 kV włącznie, rozdzielnic w izolacji gazowej z osłoną metalową na napięcia wyższe niż 52 kV. |
| Norma konwencjonalna dla aparatury pomiarowej | IEC 62372 | IEC 62372 | Nuclear instrumentation – Housed scintillators – Measurement methods of light output and intrinsic resolution <i>(Jądrowa aparatura pomiarowa – Scyntylatory w obudowach – Metody pomiarowe sygnału świetlnego i rozdzielczości)</i> | Norma stosowana jest do scyntylatorów wykorzystywanych do rejestracji i spektrometrii promieniowania alfa, beta, gamma, rentgenowskiego oraz neutronowego. Określa podstawowe parametry takie jak wyjściowy sygnał świetlny oraz charakterystyczną rozdzielczość, a także określa wymogi dla urządzeń i metody określania głównych parametrów. |
| Norma konwencjonalna dla aparatury pomiarowej | IEC 62495 | IEC 62495 | Nuclear instrumentation – Portable X-ray fluorescence analysis equipment utilizing a miniature X-ray tube | Norma dotyczy bezpieczeństwa radiologicznego ręcznych urządzeń pomiarowych wykorzystujących miniaturową lampę rentgenowską jako źródło promieniowania rentgenowskiego |

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|-----------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Norma konwencjonalna dla aparatury pomiarowej | IEC 62598 | <p><i>(Jądrowa aparatura pomiarowa – Przenośne urządzenia do rentgenowskiej analizy fluorescencyjnej wykorzystujące miniaturowe lampy rentgenowskie)</i></p> <p>IEC 62598 Nuclear instrumentation – Constructional requirements and classification of radiometric gauges <i>(Jądrowa aparatura pomiarowa – Wymogi konstrukcyjne i klasyfikacja wskaźników radiometrycznych)</i></p> | do zastosowań przemysłowych. |
| | | | Norma określa kryteria wytwarzania i montażu elektrycznych układów pomiarowych i przyrządów wykorzystujących źródła promieniowania (wskaźniki radiometryczne). Stosuje się ją także do obudów źródeł promieniowania w takich układach. Norma dotyczy urządzeń niezwiązanych z wytwarzaniem energii elektrycznej oraz z cyklem paliwowym. Określa warunki konstrukcyjne dla przyrządów wykorzystujących źródła promieniowania w zakresie ochrony radiologicznej. |

KOD AFCEN RCC-E EDYCJA GRUDZIEŃ 2012 R

Zasady projektowania i wytwarzania urządzeń elektrycznych dla wysp jądrowych z reaktorami wodnymi ciśnieniowymi RCC-E (fr. *Règles de Conception et de Construction des matériels Electriques des îlots nucléaires REP*; ang. *Design and construction rules for electrical equipment of PWR nuclear islands*).

Obecny kod zasad projektowania i budowy dla komponentów elektrycznych wysp jądrowych (RCC-E) stanowi część zbioru przepisów projektowych i konstrukcyjnych dla elektrowni jądrowych. Jest on bazowany na normach międzynarodowych, a jego zapisy zgodne są z wymaganiami Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (IAEA).

Standard określa zasady projektowania i produkcji urządzeń elektrycznych oraz aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki dla wysp jądrowych bloków energetycznych z reaktorami PWR, w tym architekturę układów elektrycznych i AKPiA, dobór materiałów i kryteria ich kwalifikacji, zasady prowadzenia prób oraz zapewnienia jakości.

Wolumin A – Wymagania ogólne i jakość

| | | | |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------|
| A 1000 | Struktura standardu RCC-E | | |
| | A 1100 | Postanowienia ogólne | |
| | A 1200 | Spis treści | |
| | A 1300 | Lista norm | |
| A 2000 | Wymagania ogólne | | |
| | A 2100 | Definicje i skróty literowe | |
| | | A2110 | Definicje |
| | | A2120 | Skróty literowe |
| | A 2200 | Zakres i zastosowanie RCC-E | |
| | A 2300 | Oznaczenie zgodności z RCC-E | |
| A 2400 | Niezgodność z wewnętrznymi wymaganiami dostawcy, producenta lub wykonawcy | | |

| | | |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| | A 2500 | Niezgodność z wymaganiami zamówienia |
| | A 2600 | Niezgodność z wymaganiami obecnie obowiązującej normy |
| A 3000 | Dokumentacja | |
| | Rozdział określa zasady prowadzenia dokumentacji urządzeń elektrycznych oraz AKPiA dla wysp jądrowych instalacji z reaktorami PWR, w tym tworzenia specyfikacji technicznych urządzeń, dokumentacji procesu zakupów, dokumentacji procesu produkcji oraz dokumentacji zgodności i odstępstw od specyfikacji. | |
| | A 3100 | Specyfikacje urządzeń |
| | A 3200 | Ogólne dokumenty techniczne |
| | A 3210 | Dokumenty dotyczące montażu i identyfikacji |
| | A 3220 | Lista wyposażenia |
| | A 3230 | Plik identyfikacji wyposażenia |
| | A 3240 | Arkusze identyfikacyjny |
| | A 3250 | Plik źródłowy (DR) |
| | A 3300 | Dokumenty związane z dostawami |
| | A 3310 | Specyfikacje dostaw |
| | A 3400 | Dokumenty związane z produkcją |
| | A 3500 | Dokumenty kontroli |
| | A 3510 | Specyfikacje kontroli i prób (procedury i instrukcje) |
| | A 3520 | Kontrola i raporty z prób |
| | A 3600 | Raport dotyczący niezgodności |
| | A 3610 | Raporty dotyczące niezgodności (A 2400, A 2500, A 2600) |
| | A 3700 | Dokumentacja planowania, pliki monitorowania i raporty końcowe |
| | A 3710 | Pliki monitorowania |
| | A 3720 | Deklaracja zgodności |
| | A 3730 | Raport z zakończenia produkcji (RFF) |
| | A 3800 | Księga danych projektu |
| A 4000 | (rozdział usunięty) | |
| A 5000 | Implementacja systemu zapewnienia jakości: Wymagania | |
| | Rozdział określa zasady utrzymywania systemu zapewnienia jakości w procesie produkcji i zakupu urządzeń elektrycznych dla wysp jądrowych z reaktorami PWR. | |
| | A 5100 | Cel |
| | A 5110 | Odpowiedzialności umowne kontraktora, producenta i dostawcy |
| | A 5200 | Wymagania związane z zapewnieniem jakości |
| | | 4.1 bis – Wymagania ogólne systemu zapewnienia jakości |
| | | 4.2.3 bis – Zarządzanie dokumentacją |
| | | 6.2 bis – Zasoby ludzkie |

| | |
|--|----------------------------------------------------------|
| | 7.3.5 bis – Weryfikacja projektowania i rozwoju |
| | 7.4.2 bis – Informacje związane z dostawami |
| | 7.4.3 bis – Identyfikacja i identyfikowalność produktu |
| | 8.2.4 bis – Monitoring i pomiary związane z produktem |
| | 8.3 bis – Zarządzanie produktem niezgodnym z wymaganiami |

Wolumin B – Kwalifikacja i odbiór

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Norma określa zasady kwalifikacji i odbioru urządzeń elektrycznych przeznaczonych dla wysp jądrowych z reaktorami PWR | | |
| B 1000 | Postanowienia ogólne | |
| | B 1100 | Cel |
| | B 1110 | Obszar zastosowań |
| | B 1120 | Warunki dla autoryzacji wykorzystania danego elementu wyposażenia |
| | B 1200 | Oszacowanie produkcji |
| | B 1210 | Cel |
| | B 1220 | Metody |
| | B 1230 | Wnioski z oceny |
| | B 1300 | Dopuszczenie |
| | B 1310 | Cel |
| | B 1320 | Metody |
| | B 1400 | Procedura monitoringu dopuszczonego wyposażenia |
| | B 1410 | Cel |
| | B 1420 | Monitoring produkcji wyposażenia |
| | B 1430 | Modyfikacje |
| | B 1440 | Badania próbek wyrobów |
| B 2000 | Ogólne zasady kwalifikacji | |
| | Rozdział określa zasady kwalifikacji urządzeń elektrycznych do stosowania w wyspach jądrowych z reaktorami PWR. Określono metodykę prowadzenia prób kwalifikacyjnych oraz wymogi w zakresie dokumentacji takich prób. | |
| | B 2100 | Cel |
| | B 2110 | Cel kwalifikacji |
| | B 2120 | Procedura kwalifikacji |
| | B 2200 | Metody |
| | B 2210 | Eksploatacja i warunki użytkowania |
| | B 2220 | Identyfikacja sprzętu |
| | B 2230 | Metody kwalifikacji |
| | B 2240 | Kwalifikacja w toku |

| | | |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| | B 2250 | Praktyki kwalifikacji |
| | B 2250 | Definiowanie szczegółowego programu kwalifikacji |
| | B 2270 | Kryteria akceptacji |
| | B 2280 | Postępowanie z wynikami niezadowolającymi |
| | B 2300 Dokumentacja | |
| | B 2310 | Raport kwalifikacyjny |
| | B 2320 | Arkusze zachowania kwalifikacji |
| B 3000 | Procedura kwalifikacyjna dla normalnych warunków otoczenia | |
| | Rozdział określa zasady prowadzenia prób kwalifikacyjnych urządzeń elektrycznych do stosowania w wyspach jądrowych z reaktorami PWR prowadzonych w normalnych warunkach otoczenia. Określono referencyjne procedury prób, sposób prowadzenia prób przy granicznych parametrach eksploatacyjnych oraz metodykę badania trwałości urządzeń. | |
| | B 3100 | Cel procedury |
| | B 3200 | Próby referencyjne |
| | B 3300 | Próby przy wartościach granicznych normalnej eksploatacji |
| | B 3400 | Próby solidności wykonania i/lub ocena zachowania się urządzeń po upływie czasu (starzenie) |
| | B 3500 | Metody szczegółowe |
| B 4000 | Procedura kwalifikacyjna K3 | |
| | Rozdział określa zasady kwalifikacji urządzeń elektrycznych do stosowania w wyspach jądrowych z reaktorami PWR pod kątem ich zdolności do pracy pod obciążeniem sejsmicznym w warunkach normalnych, w trakcie awarii i w warunkach zaistniałych wskutek postulowanych awarii obiektu. | |
| | B 4100 | Cel procedury |
| | B 4200 | Próba odporności sejsmicznej |
| | B 4210 | Cel procedury |
| | B 4220 | Dopuszczalne metody |
| | B 4230 | Metody |
| | B 4240 | Program szczegółowy |
| B 5000 | Procedura kwalifikacyjna K2 | |
| | Rozdział określa zasady kwalifikacji urządzeń elektrycznych do stosowania w wyspach jądrowych z reaktorami PWR pod kątem ich odporności na wpływ promieniowania. | |
| | B 5100 | Cel procedury |
| | B 5200 | Metody starzenia pod wpływem promieniowania |
| B 6000 | Procedura kwalifikacyjna K3 | |
| | Rozdział określa zasady kwalifikacji urządzeń elektrycznych do stosowania w wyspach jądrowych z reaktorami PWR pod kątem ich zdolności do pracy pod obciążeniem sejsmicznym w warunkach normalnych, w trakcie awarii i w warunkach zaistniałych wskutek postulowanych awarii obiektu. | |

| | | |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| | B 6100 | Cel procedury |
| | B 6200 | Metody |
| | B 6210 | Metody ogólne |
| | B 6220 | Metody szczegółowe |
| B 7000 | Procedura kwalifikacji dla warunków wypadków poważnych | |
| | Rozdział określa zasady kwalifikacji urządzeń elektrycznych do stosowania w wyspach jądrowych z reaktorami PWR pod kątem ich zdolności do pracy w warunkach ciężkich awarii instalacji. | |
| | B 7100 | Cel procedury |
| | B 7200 | Metody |
| | B 7201 | Dopuszczalne metody |
| | B 7220 | Dane wymagane do kwalifikacji urządzeń |
| | B 7230 | Sukcesywne użycie procedur K1 i SA |
| | B 7240 | Metody dla promieniowania w warunkach poważnego wypadku |
| B 8000 | Wymagania dla rekomendowanych prób | |
| | Rozdział określa wymogi dla prowadzenia prób urządzeń elektrycznych i AKPiA, w tym prób oceniających zmianę charakterystyk w czasie, prób odporności sejsmicznej, prób odporności na promieniowanie oraz prób na warunki termodynamiczne i chemiczne panujące wewnątrz obudowy bezpieczeństwa reaktora. | |
| | B 8100 | Obszar zastosowań |
| | B 8200 | Definicje |
| | B 8300 | Ocena zachowania z upływem czasu |
| | B 8310 | Sekwencja próby |
| | B 8320 | Próba starzenia cieplnego |
| | B 8330 | Próba grzania cyklicznego |
| | B 8350 | Próba drgań sinusoidalnych |
| | B 8400 | Odporność sejsmiczna – badanie dwuosiowe z wykorzystaniem akcelerogramu |
| | B 8410 | Opis ogólny badania |
| | B 8420 | Opis metod prób |
| | B 8430 | Poziomy istotności |
| | B 8440 | Przygotowanie wstępne |
| | B 8450 | Pomiary początkowe |
| | B 8460 | Próba |
| | B 8470 | Sprawdzenia pośrednie |
| | B 8480 | Powrót |
| | B 8590 | Pomiary końcowe |
| | B 8500 | Odporność na promieniowanie |
| | B 8510 | Zasada i uwagi ogólne |

| | | |
|--------|----------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| | B 8520 | Poziomy istotności |
| | B 8530 | Zespół wyposażenia |
| | B 8540 | Przygotowanie wstępne |
| | B 8550 | Pomiary początkowe |
| | B 8560 | Próba |
| | B 8570 | Sprawdzenia pośrednie |
| | B 8580 | Powrót |
| | B 8590 | Pomiary końcowe |
| B 8600 | Odporność na warunki termodynamiczne i chemiczne w obudowie reaktora | |
| | B 8610 | Zasada i uwagi ogólne |
| | B 8620 | Poziomy istotności |
| | B 8630 | Zespół wyposażenia |
| | B 8640 | Przygotowanie wstępne |
| | B 8650 | Pomiary początkowe |
| | B 8660 | Próba |
| | B 8670 | Sprawdzenia pośrednie |
| | B 8680 | Powrót |
| | B 8690 | Pomiary końcowe |
| B 8700 | Procedura kwalifikacyjna próby dla kategorii K1 | |

Wolumin C – Projektowanie

Norma określa zasady projektowania zespołów urządzeń elektrycznych oraz AKPiA przeznaczonych dla wysp jądrowych z reaktorami PWR, w tym układów zasilania w energię elektryczną (podstawowych i awaryjnych), systemów informatycznych oraz innych układów AKPiA

| | | |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C 1000 | Postanowienia ogólne | |
| | Rozdział określa postanowienia ogólne dla Woluminu C, w tym wymogi w zakresie dokumentacji, zasady klasyfikacji urządzeń oraz zasady projektowania układów zasilania urządzeń objętych zapisami Woluminu C. | |
| | C 1100 | Cel Woluminu C |
| | C 1200 | Dokumentacja |
| | C 1210 | Obszar zastosowań |
| | C 1220 | Typy dokumentów |
| | C 1230 | Dokumenty odnoszące się do metodyki i polityki projektowania |
| | C 1240 | Dokumenty odnoszące się do metodyki i polityki projektowania dla sterowania przyrządami i instalacjami zasilania elektrycznego oraz różnych instalacji elektrycznych |

| | | |
|---------------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | C 1250 | Dokumenty odnoszące się do metodyki i polityki projektowania |
| | C 1260 | Dokumenty prób początkowych |
| C 1300 | | Klasyfikacja bezpieczeństwa i wymagania powiązane |
| | C 1310 | Cel |
| | C 1320 | Klasyfikacja bezpieczeństwa |
| | C 1330 | Wymagania klasyfikacji |
| C 1400 | | Wymagania dotyczące sterowania źródłem zasilania |
| | C 1410 | Elektryczne źródła zasilania |
| | C 1420 | Sterowanie źródłami zasilania |
| | C 1430 | Wymagania dotyczące źródeł zasilania |
| | C 1440 | Wymagania dotyczące sterowania źródłami zasilania |
| | C 1450 | Schemat elektryczny jednokreskowy |
| C 2000 | | Koordinacja charakterystyk elektrycznych wyposażenia Rozdział określa zasady koordynacji charakterystyk poszczególnych urządzeń elektrycznych i AKPiA, w tym napięć, prądów, układów zabezpieczeniowych, a także szczególne kryteria dla standaryzacji generatorów prądotwórczych. |
| | C 2100 | Koordinacja charakterystyk wyposażenia: napięcie |
| | C 2110 | Narzucone warunki zewnętrzne |
| | C 2120 | Opcje techniczne |
| | C 2130 | Koordinacja napięcia |
| C 2200 | | Koordinacja charakterystyk wyposażenia: prąd |
| | C 2210 | Metodyka projektowania |
| | C 2220 | Opcje techniczne |
| | C 2230 | Warunki uwzględniane przy projektowaniu urządzeń |
| | C 2240 | Konsekwencje dla projektowania urządzeń |
| C 2300 | | Koordinacja elektrycznych urządzeń zabezpieczeniowych |
| | C 2310 | Postanowienia ogólne |
| | C 2320 | Koncepcja selektywnego zabezpieczenia |
| | C 2330 | Zabezpieczenie sieci wysokich napięć |
| | C 2340 | Zabezpieczenie odbiorów sieci niskich napięć |
| | C 2350 | Zabezpieczenie sieci prądu stałego |
| | C 2360 | Zasady układu uzimiania |
| C 2400 | | Zasady związane z jednostkami generatorów elektrycznych. Rozdział określa zasady koordynacji charakterystyk generatorów elektrycznych, w tym napięć, prądów, układów zabezpieczeniowych, a także szczególne kryteria dla standaryzacji generatorów prądotwórczych. |
| | C 2410 | Wymagania projektowe i użytkowe |
| | C 2420 | Zasady ogólne odnoszące się do układów pomocniczych |

| | | |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| | C 2500 | Zasady odnoszące się do generatorów zasilania awaryjnego |
| | C 2510 | Funkcja i typ generatorów zasilania awaryjnego |
| | C 2520 | Projektowanie generatorów zasilania awaryjnego |
| C 3000 | Dyspozycyjność urządzeń w warunkach eksploatacji | |
| | Rozdział określa kryteria dla urządzeń elektrycznych i automatyki w zakresie zapewnienia wysokiej dyspozycyjności w trakcie eksploatacji, w tym zasady prowadzenia ciągłego monitoringu ich pracy, prowadzenia okresowych prób oraz konserwacji. | |
| | C 3100 | Postanowienia ogólne |
| | C 3110 | Cel |
| | C 3120 | Definicje |
| | C 3130 | Użyte metody |
| | C 3140 | Identyfikacja parametrów jakie mają być monitorowane |
| | C 3200 | Wprowadzenie monitoringu ciągłego podczas eksploatacji |
| | C 3210 | Struktura monitoringu ciągłego |
| | C 3220 | Ciągły monitoring automatyczny |
| | C 3230 | Monitoring nie-automatyczny |
| | C 3240 | Wyposażenie do monitoringu i sygnalizacji |
| | C 3300 | Badania okresowe |
| | C 3310 | Struktura badań okresowych |
| | C 3320 | Zasady projektowe badań okresowych |
| | C 3400 | Utrzymanie (konserwacja) |
| | C 3410 | Definicja |
| | C 3420 | Obsługa korekcyjna |
| | C 3430 | Obsługa prewencyjna |
| | C 3440 | Powrót do eksploatacji po wykonaniu obsługi |
| | C 3500 | Wymagania wspólne dla badań okresowych i obsługi (konserwacji) |
| | C 3510 | Wprowadzenie badań okresowych i obsługi |
| | C 3520 | Stopień wzajemnego rezerwowania (redundancji) podczas prób lub obsługi |
| C 4000 | Wzajemna wymiennność urządzeń | |
| | Rozdział określa zasady doboru urządzeń elektrycznych i AKPiA zapewniających odpowiednią wzajemną wymiennność podzespołów, w tym warunki dotyczące charakterystyk, warunki związane z instalowaniem oraz warunki związane z zapewnieniem bezpieczeństwa. | |
| | C 4100 | Cel |
| | C 4200 | Warunki odnoszące się do charakterystyk urządzeń |
| | C 4300 | Warunki odnoszące się do instalowania |
| | C 4400 | Warunki narzucone przez bezpieczeństwo |
| | C 4500 | Sprawdzenie wzajemnej wymienności |

| | | |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| C 5000 | Układy AKPiA (Aparatury Kontrolno-Pomiarowej i Automatyki) oraz układy bazujące na wykorzystaniu komputerów | |
| | Rozdział określa kryteria dla projektowania i stosowania układów AKPiA oraz innych układów komputerowych, w tym zasady projektowania układów, wykorzystania narzędzi programowych, montażu urządzeń, utrzymania ruchu i modyfikacji, a także kryteria zapewnienia jakości i kwalifikacji układów. Opisano także doświadczenia z istniejących instalacji. | |
| C 5100 | Postanowienia ogólne | |
| | C 5110 | Definicja |
| | C 5120 | Cel i obszar zastosowań |
| | C 5130 | Wymagania projektowe wobec układów bazujących na wykorzystaniu komputerów |
| C 5200 | Rozwój układów bazujących na wykorzystaniu komputerów | |
| | C 5210 | Wyrażenie potrzeb |
| | C 5220 | Specyfikacja układu bazującego na wykorzystaniu komputerów |
| | C 5230 | Definicja architektury układu |
| | C 5240 | Rozwój oprogramowania |
| | C 5250 | Integracja komponentów oprogramowania i sprzętu |
| | C 5360 | Walidacja układu |
| C 5300 | Poprzednie doświadczenie | |
| | C 5310 | Poprzednie praktyki |
| | C 5320 | Sprzężenie zwrotne z doświadczeniem eksploatacyjnym istniejących wcześniej komponentów |
| | C 5330 | Wykorzystanie wcześniej istniejących komponentów |
| C 5400 | Wykorzystanie narzędzi programistycznych | |
| C 5500 | Instalacja układu na obiekcie | |
| C 5600 | Obsługa i modyfikacje | |
| | C 5610 | Wymagania ogólne |
| | C 5620 | Obsługa sprzętu |
| | C 5630 | Modyfikacje |
| C 5700 | Zapewnienie jakości | |
| | C 5710 | Plan jakości |
| | C 5720 | Dokumentacja |
| | C 5730 | Archiwizowanie |
| C 5800 | Kwalifikacja układów bazujących na wykorzystaniu komputerów | |
| | C 5810 | Kwalifikacyjny zakres referencji |
| | C 5820 | Program kwalifikacyjny |
| | C 5830 | Wprowadzenie programu kwalifikacyjnego |
| | C 5840 | Raport kwalifikacyjny |

| | | |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| C 6000 | Architektura układów AKPiA | |
| | Rozdział określa kryteria projektowe dla architektury układów AKPiA w nowych obiektach jądrowych oraz kryteria projektowe dla układów sterowania, w tym dla nastawni blokowych oraz kryteria weryfikacji i walidacji układów sterowania elektrownią. | |
| C 6100 | Cel | |
| C 6200 | Architektura układów AKPiA dla budowy nowej elektrowni | |
| C 6210 | Wprowadzenie | |
| C 6220 | Dane wejściowe dla projektu układu AKPiA | |
| C 6230 | Projektowanie układów AKPiA | |
| C 6300 | Układy sterowania | |
| C 6310 | Wprowadzenie | |
| C 6320 | Technika czynnika ludzkiego | |
| C 6330 | Projektowanie sterowni głównej | |
| C 6340 | Układy informacji i sterowania w sterowni głównej | |
| C 6350 | Układy łączności | |
| C 6360 | Inne obiekty sterowania i podejmowania decyzji | |
| C 6370 | Weryfikacja i walidacja układów sterowania | |

Wolumin D – Montaż

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| Standard określa zasady prowadzenia montażu urządzeń elektrycznych oraz AKPiA wchodzących w skład wysp jądrowych instalacji z reaktorami PWR | | |
| D 1000 | Postanowienia ogólne | |
| | Rozdział określa ogólne kryteria dla prowadzenia montażu urządzeń elektrycznych oraz AKPiA wchodzących w skład wysp jądrowych instalacji z reaktorami PWR. | |
| D 2000 | Założone warunki środowiskowe | |
| | Rozdział określa warunki otoczenia, w jakich urządzenia elektryczne i AKPiA muszą zachować zdolność do pracy, w tym warunki atmosferyczne, warunki sejsmiczne, warunki zasilania w energię elektryczną oraz warunki zasilania w inne media. | |
| D 2100 | Cel | |
| D 2200 | Warunki otoczenia i warunki sejsmiczne | |
| D 2210 | Warunki otoczenia dla urządzeń odstawionych z eksploatacji | |
| D 2220 | Warunki otoczenia na zewnątrz obudowy bezpieczeństwa | |
| D 2230 | Warunki otoczenia na wewnątrz obudowy bezpieczeństwa | |
| D 2240 | Warunki sejsmiczne | |
| D 2300 | Warunki zasilania w energię elektryczną | |
| D 2310 | Charakterystyki urządzeń zasilających w energię elektryczną | |

| | | |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| | D 2320 | Zewnętrzne sieci prądu przemiennego i wewnętrzne źródło zasilania zapasowego |
| | D 2330 | Sieci prądu stałego |
| | D 2340 | Sieci prądu przemiennego dla zasilania układów AKPiA |
| | D 2400 | Warunki dostarczania mediów płynnych |
| | D 2410 | Urządzenia dostarczające sprężone powietrze |
| | D 2420 | Dostarczanie wody chłodzącej |
| D 3000 | (nie wykorzystane) | |
| D 4000 | Układ uzimienia | |
| | Rozdział określa warunki do wykonywania uzimień urządzeń stosowanych w wyspach jądrowych bloków energetycznych z reaktorami PWR. | |
| | D 4100 | Obszar zastosowań |
| | D 4200 | Zasada działania układu |
| | D 4210 | Wymagania ogólne |
| | D 4220 | Kompozycja układu |
| | D 4300 | Skład układu |
| | D 4400 | Wymagania szczegółowe |
| | D 4410 | Schemat elektryczny układu uzimień i instalacji uzimiania |
| | D 4420 | Ochrona personelu |
| | D 4430 | Ochrona przed wyładowaniami atmosferycznymi |
| | D 4440 | Ochrona urządzeń wrażliwych na interferencję elektromagnetyczną |
| | D 4450 | Okres eksploatacji układu uzimień i instalacji uzimiania |
| | D 4500 | Projektowanie układu uzimień |
| | D 4510 | Dane wstępne |
| | D 4520 | Układ układu uzimień ułożonego w gruncie |
| | D 4530 | Walidacja układu |
| | D 4600 | Projektowanie układu uzimienia |
| | D 4610 | Dane wstępne |
| | D 4620 | Projektowanie układu uzimienia |
| | D 4700 | Montaż |
| | D 4710 | Montaż układu uzimień |
| | D 4720 | Montaż instalacji uzimiania |
| D 5000 | Zasady ochrony urządzeń dla ograniczenia skutków interferencji elektromagnetycznej | |
| | Rozdział określa warunki montażu urządzeń elektrycznych i AKPiA w wyspach jądrowych z reaktorami PWR zapewniających ochronę przed nadmiernymi zakłóceniami elektromagnetycznymi, w tym wytyczne w zakresie emisji zakłóceń przez urządzenia oraz zasady lokalizacji urządzeń zabezpieczających przed nadmiernym wzajemnym wpływem. | |

| | | |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | D 5100 | Cel |
| | D 5200 | Definicje |
| | D 5300 | Zasady ograniczenia emisji mogących stwarzać zakłócenia dla pracy urządzeń |
| | D 5310 | Źródła interferencji |
| | D 5320 | Wymagania dla emisji elektromagnetycznych |
| | D 5330 | Ochrona przed interferencją emitowaną lub transmitowaną poprzez sieci zasilania elektrycznego |
| | D 5340 | Ochrona poprzez ekwipotencjalne napięcie ziemi |
| | D 5350 | Ochrona poprzez ekranowanie generatorów wysokiej częstotliwości |
| | D 5400 | Zasady montażu służące ograniczeniu sprzężeń elektromagnetycznych pomiędzy generatorami i odbiornikami zakłóceń |
| | D 5410 | Ochrona przez dystansowanie |
| | D 5420 | Szczegółowa ochrona poprzez kable i połączenia |
| | D 5430 | Zasady izolacji elektrycznej |
| | D 5500 | Zasady służące zapewnieniu odporności materiałów wewnętrznych |
| D 6000 | Oznaczenia i identyfikacja kabli i przewodów | |
| | Rozdział określa zasady oznaczania kabli i przewodów stosowanych w wyspach jądrowych z reaktorami PWR. | |
| | D 6100 | Cel |
| | D 6200 | Oznaczenia i identyfikacja kabli |
| | D 6210 | Cel |
| | D 6220 | Identyfikacja kategorii |
| | D 6230 | Identyfikacja charakterystyki |
| | D 6240 | Identyfikacja ciągu w układzie bezpieczeństwa |
| | D 6250 | Identyfikacja funkcjonalna |
| | D 6300 | Oznaczenia i identyfikacja przewodów |
| | D 6310 | Postanowienia ogólne |
| | D 6320 | Oznakowanie i kolory przewodów |
| | D 6330 | Identyfikacja połączeń |
| D 7000 | Zasady separacji elektrycznej urządzeń | |
| | Rozdział określa zasady separacji poszczególnych urządzeń elektrycznych wyspy jądrowej, w tym separacji fizycznej pomiędzy elementami należącymi do różnych układów bezpieczeństwa, separacji elektrycznej oraz przedstawia wymagane urządzenia zapewniające izolację poszczególnych układów. | |
| | D 7100 | Cel |
| | D 7200 | Definicje |
| | D 7300 | Fizyczna separacja kabli ze względów bezpieczeństwa |
| | D 7310 | Separacja pomiędzy różnymi ciągami bezpieczeństwa |

| | | |
|--------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| | D 7320 | Separacja pomiędzy różnymi klasyfikacjami bezpieczeństwa (w tym samym ciągu) |
| | D 7330 | Separacja pomiędzy kablami istotnymi i nie istotnymi dla układów bezpieczeństwa |
| D 7400 | Separacja między kablami różnych typów | |
| | D 7410 | Postanowienia ogólne |
| | D 7420 | Podwieszane trasy kablowe |
| | D 7430 | Zagłębione trasy kablowe |
| D 7500 | Separacja elektryczna | |
| | D 7510 | Definicje i zasady ogólne |
| | D 7520 | Separacja między urządzeniami istotnymi dla bezpieczeństwa w różnych ciągach bezpieczeństwa |
| | D 7530 | Separacja urządzeń o różnej klasyfikacji w tym samym ciągu bezpieczeństwa |
| | D 7540 | Separacja pomiędzy urządzeniami istotnymi i nie istotnymi dla układów bezpieczeństwa |
| D 7600 | Urządzenie izolujące | |
| | D 7610 | Postanowienia ogólne |
| | D 7620 | Wybór i projektowanie urządzenia izolującego |
| D 7700 | Obwody rozprężające | |

Wolumin E – Komponenty wyposażenia

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Standard określa zasady projektowania oraz doboru elementów składowych urządzeń i układów elektrycznych i AKPiA dla wysp jądrowych z reaktorami PWR | | |
| E 1000 | Postanowienia ogólne | |
| | Rozdział określa postanowienia ogólne dotyczące elementów składowych urządzeń elektrycznych i AKPiA dla wysp jądrowych z reaktorami PWR, w tym zasady doboru elementów oraz zasady prowadzenia procesu zakupowego. | |
| | E 1100 | Cel |
| | E 1200 | Obszar zastosowań |
| | E 1300 | Zasady ogólne |
| | E 1310 | Zasady doboru |
| | E 1320 | Zasady prowadzenia zakupów |
| | E 1400 | Zasady stosowane wobec nabywanych komponentów elektrycznych |
| E 2000 | Komponenty elektroniczne | |
| | Standard określa zasady projektowania oraz doboru elektronicznych elementów składowych urządzeń i układów elektrycznych i AKPiA dla wysp jądrowych z reaktorami PWR, w tym wymogi w zakresie procesu projektowania, produkcji i trwałości. | |

| | | | | |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| | E 2100 | Cel i definicje | | |
| | | E 2110 | Cel | |
| | | E 2120 | Definicje | |
| | E 2200 | Projektowanie | | |
| | | E 2210 | Testowalność | |
| | | E 2220 | Wybór istniejących wcześniej komponentów lub modułów elektronicznych | |
| | | E 2230 | Udowodnienie jakości | |
| | E 2300 | Produkcja | | |
| | | E 2310 | Zakupy | |
| | | E 2320 | Inspekcja zakupowa | |
| | | E 2330 | Składowanie elementów przed produkcją | |
| | | E 2340 | Produkcja płytek i modułów elektronicznych | |
| | | E 2350 | Inspekcja i próby | |
| | E 2400 | Trwałość | | |
| | | E 2410 | Zarządzanie trwałością | |
| | | E 2420 | Wybór wrażliwych komponentów i modułów | |
| | | E 2430 | Analizy i monitoring trwałości komponentów wrażliwych | |
| E 2440 | | Trwałość wyposażenia i praktyka eksploatacyjna | | |
| E 3000 | Obudowy wyposażenia elektrycznego | | | |
| | Standard określa zasady dotyczące obudów urządzeń elektrycznych stosowanych w wyspach jądrowych z reaktorami PWR, w tym wymagane stopnie ochrony przeciwporażeniowej, wymagania w zakresie specjalnych powłok ochronnych, wymagania dla szaf. | | | |
| | E 3200 | Stopień ochrony zapewniany przez obudowy | | |
| | E 3300 | Pokrycia specjalne dla wyposażenia elektrycznego | | |
| | | E 3310 | Farby i pokrycia zapewniające możliwość odkażania (dekontaminacji) | |
| | | E 3320 | Farby i pokrycia wykorzystywane w budynku reaktora PWR | |
| | | E 3330 | Farby i pokrycia dla środowisk zawierających aerozole sodu | |
| | | E 3340 | Farby i pokrycia zapewniające możliwość odkażania (dekontaminacji) dla środowisk zawierających aerozole sodu | |
| | E 3400 | Szafy i obudowy | | |
| | | E 3410 | Zasady ogólne | |
| | | E 3420 | Zasady stosowane przy konfigurowaniu obudów | |
| | E 4000 | Kable i konektory | | |
| | | Standard określa kryteria doboru i montażu wewnętrznego okablowania urządzeń i złączy elektrycznych. | | |
| E 4100 | | Okablowanie wyposażenia wewnętrznego | | |
| | | E 4110 | Montaż | |
| | | E 4120 | Inspekcja | |

| | | |
|--|--------|------------------------------------------------|
| | E 4200 | Zasady szczegółowe |
| | E 4210 | Zaciskanie okrągłych końcówek kablowych złączy |
| | E 4220 | Złącza z zawiniętą końcówką drutu |
| | E 4230 | Złącza zatraskowe (Termi-Point) |

Wolumin MC – Metody prowadzenia przeglądów i prób

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------|
| Standard określa zasady prowadzenia prób oraz przeglądów urządzeń elektrycznych oraz AKPiA dla wysp jądrowych z reaktorami PWR | | | |
| MC 1000 | Postanowienia ogólne | | |
| | Rozdział określa postanowienia ogólne dotyczące badań i prób urządzeń elektrycznych oraz AKPiA, w tym ogólne wymagania dotyczące prowadzenia pomiarów, poboru próbek do badań oraz definiowania warunków otoczenia dla prób. | | |
| | MC 1100 | Wprowadzenie | |
| | MC 1200 | Cel i obszar zastosowań | |
| | MC 1300 | Wymagania ogólne dla przeprowadzania przeglądów | |
| | | MC 1310 | Wykonywanie pomiarów |
| MC 1320 | | Próbki wyposażenia | |
| MC 1330 | Normalne warunki atmosferyczne dla przeprowadzania prób | | |
| MC 2000 | Przeglądy wzrokowe i mechaniczne | | |
| | Rozdział określa zasady prowadzenia badań wzrokowych i mechanicznych dla urządzeń elektrycznych i AKPiA stosowanych w wyspach jądrowych z reaktorami PWR. | | |
| | MC 2100 | Postanowienia ogólne | |
| | MC 2200 | Metody przeglądów | |
| MC 2300 | Procedura przeglądu | | |
| MC 3000 | Przeglądy elektryczne | | |
| | Rozdział określa zasady prowadzenia pomiarów parametrów pracy urządzeń elektrycznych i AKPiA stosowanych w wyspach jądrowych z reaktorami PWR, w tym weryfikację zachowania urządzeń elektronicznych w warunkach zwarcia, weryfikację procedur konserwacyjnych i remontowych, próby zachowania w warunkach powolnych i nagłych zmian napięcia, częstotliwości i temperatury. | | |
| | MC 3100 | Badanie wytrzymałości dielektrycznej | |
| | | MC 3110 | Obszar zastosowań |
| | | MC 3120 | Metody i wymagania |
| | | MC 3130 | Kryteria akceptacji |
| | MC 3140 | Procedura badań | |
| MC 3200 | Pomiar rezystancji izolacji | | |

| | | |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| | MC 3210 | Obszar zastosowań |
| | MC 3220 | Wyposażenie do prób |
| | MC 3230 | Metody prób |
| | MC 3240 | Kryteria akceptacji |
| | MC 3250 | Procedura prób |
| MC 3300 | Badanie ciągłości połączeń elektrycznych na podłożach mechanicznych | |
| | MC 3310 | Obszar zastosowań |
| | MC 3320 | Wyposażenie do prób |
| | MC 3330 | Metody prób |
| | MC 3340 | Kryteria akceptacji |
| | MC 3250 | Procedura prób |
| MC 4000 | Próby eksploatacyjne | |
| | Rozdział określa zasady prowadzenia pomiarów parametrów pracy urządzeń elektrycznych i AKPiA stosowanych w wyspach jądrowych z reaktorami PWR, w tym weryfikację zachowania urządzeń elektronicznych w warunkach zwarcia, weryfikację procedur konserwacyjnych i remontowych, próby zachowania w warunkach powolnych i nagłych zmian napięcia, częstotliwości i temperatury. | |
| | MC 4100 | Postanowienia ogólne |
| | MC 4200 | Badanie wytrzymałości zwarciowej dla urządzeń elektronicznych |
| | MC 4210 | Cel |
| | MC 4220 | Obszar zastosowań |
| | MC 4230 | Metody |
| | MC 4240 | Kryteria akceptacji |
| | MC 4250 | Procedura prób |
| | MC 4300 | Przegląd działań obsługowych i naprawczych |
| | MC 4310 | Cel |
| | MC 4320 | Obszar zastosowań |
| | MC 4330 | Metody |
| | MC 4340 | Kryteria akceptacji |
| | MC 4350 | Procedura prób |
| | MC 4400 | Badanie wolnej zmienności napięcia |
| | MC 4410 | Cel |
| | MC 4420 | Obszar zastosowań |
| | MC 4430 | Metody |
| | MC 4440 | Kryteria akceptacji |
| | MC 4450 | Procedura prób |
| | MC 4500 | Badanie szybkiej zmienności napięcia (krótkotrwały zanik napięcia zasilającego) |

| | | | |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------|
| | | MC 4510 | Cel |
| | | MC 4520 | Obszar zastosowań |
| | | MC 4430 | Metody |
| | | MC 4540 | Kryteria akceptacji |
| | | MC 4550 | Procedura prób |
| | MC 4600 | Badanie zmienności częstotliwości | |
| | | MC 4610 | Cel |
| | | MC 4620 | Obszar zastosowań |
| | | MC 4630 | Metody |
| | | MC 4640 | Kryteria akceptacji |
| | | MC 4650 | Procedura prób |
| | MC 4700 | Badanie zmienności napięcia i temperatury | |
| | | MC 4710 | Cel |
| | | MC 4720 | Obszar zastosowań |
| | | MC 4730 | Metody |
| | | MC 4740 | Kryteria akceptacji |
| | | MC 4750 | Procedura prób |
| MC 5000 | Próba wygrzewania wstępnego | | |
| | Rozdział określa zasady prowadzenia prób wygrzewania wstępnego urządzeń elektrycznych i AKPiA stosowanych w wyspach jądrowych z reaktorami PWR. | | |
| | MC 5100 | Wprowadzenie | |
| | MC 5200 | Obszar zastosowań | |
| | MC 5300 | Metody wygrzewania wstępnego | |
| | | MC 5310 | Zasady ogólne |
| | | MC 5320 | Klasy wygrzewania wstępnego |
| | | MC 5330 | Kryteria akceptacji |

Wolumin ZA – Załączniki

| | | | |
|----------------|------------------------------------------------|--------------------|------------------------|
| ZA 1000 | Księga zawierająca dane projektu | | |
| ZA 2000 | (nie wykorzystane) | | |
| ZA 3000 | (nie wykorzystane) | | |
| ZA 4000 | (nie wykorzystane) | | |
| ZA 5000 | Wymagania dla wprowadzenia systemu zarządzania | | |
| | ZA 5100 | Cel | |
| | ZA 5200 | System zarządzania | |
| | | ZA 5210 | Wymagania ogólne |
| | | ZA 5220 | Kultura bezpieczeństwa |

| | | |
|---------|----------------------------------|----------------------------------------------------------|
| | ZA 5230 | Ocena zastosowania wymagań systemu zarządzania |
| | ZA 5240 | Dokumentacja systemu zarządzania |
| ZA 5300 | Zarządzanie odpowiedzialnościami | |
| | ZA 5310 | Zobowiązanie na najwyższym poziomie zarządzania (Prezes) |
| | ZA 5320 | Satysfakcja zainteresowanych stron |
| | ZA 5330 | Polityka organizacyjna |
| | ZA 5340 | Planowanie |
| | ZA 5350 | Odpowiedzialność i władza systemu zarządzania |
| ZA 5400 | Zarządzanie zasobami | |
| | ZA 5410 | Odpowiedniość / Adekwatność zasobów |
| | ZA 5420 | Zasoby ludzkie |
| | ZA 5430 | Infrastruktura pracy i środowisko |
| ZA 5500 | Wprowadzanie procesu | |
| | ZA 5510 | Rozwój procesu |
| | ZA 5520 | Zarządzanie procesem |
| | ZA 5530 | Procesy systemu zarządzania rodzajowego |
| ZA 5600 | Pomiary, analizy i poprawa | |
| | ZA 5610 | Monitoring i pomiary |
| | ZA 5620 | Samoocena |
| | ZA 5630 | Niezależna ocena |
| | ZA 5640 | Przegląd systemu zarządzania |
| | ZA 5650 | Nie zgodność oraz działania korekcyjne i prewencyjne |
| | ZA 5660 | Poprawa |
| ZA 5700 | Standard | |
| ZA 5800 | Definicja | |

**NORMY IEEE
(ANG. *INSTITUTE OF ELECTRICAL
AND ELECTRONICS ENGINEERS*)
ODNOSZĄCE SIĘ DO CZĘŚCI
ELEKTRYCZNEJ, UKŁADÓW
POMIAROWYCH ORAZ AKPIA
ELEKTROWNI JĄDROWEJ.
OPRACOWANO NA PODSTAWIE [8]**

G-1. Standardy jądrowe IEEE

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|---------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla urządzeń elektrycznych | IEEE 1205 | IEEE 1205 Guide for Assessing, Monitoring, and Mitigating Aging Effects on Electrical Equipment Used in Nuclear Power Generating Stations and Other Nuclear Facilities (Wytyczne w zakresie oceny, nadzorowania i ograniczania efektów starzenia się urządzeń elektrycznych wykorzystywanych w elektrowniach jądrowych i innych obiektach jądrowych) | Standard zawiera wytyczne w zakresie oceny, monitoringu oraz ograniczania efektów związanych ze starzeniem się urządzeń elektrycznych zainstalowanych w obiektach jądrowych. |
| Standard jądrowy dla urządzeń elektrycznych | IEEE 308 | IEEE 308 Standard Criteria for Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations (Standardowe kryteria dla urządzeń klasy 1E dla elektrowni jądrowych) | Standard określa kryteria techniczne dla należących do Klasy 1E części układów zasilania prądem stałym i prądem zmiennym potrzebnych własnych elektrowni jądrowych. |
| Standard jądrowy dla urządzeń elektrycznych | IEEE 317 | IEEE 317 Electrical Penetration Assemblies in Containment Structures for Nuclear Power Generating Stations (Przepusty elektryczne w konstrukcjach obudów bezpieczeństwa elektrowni jądrowych) | Standard określa kryteria projektowania konstrukcji przepustów przewodów elektrycznych przecinających powłokę obudowy bezpieczeństwa elektrowni jądrowej. Opisane standardem przepusty obejmują skrzynki zaciskowe, złącza i wsporniki przewodów. |
| Standard jądrowy dla urządzeń elektrycznych | IEEE 323 | IEEE 323 Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations (Norma dla kwalifikacji urządzeń Klasy 1E dla elektrowni jądrowych) | Standard określa zasadnicze wymogi dla kwalifikacji urządzeń zaliczanych do Klasy 1E stosowanych w elektrowniach jądrowych oraz interfejsów tych urządzeń. Opisane zasady, metody i procedury stosuje się do |

| | | | |
|----------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla urządzeń elektrycznych | IEEE 334 | IEEE 334 Standard for Type Tests of Continuous Duty Class 1E Motors for Nuclear Power Generating Stations (<i>Norma dla prób homologacyjnych silników elektrycznych klasy 1E pracujących w reżimie ciągłym w elektrowniach jądrowych</i>) | kwalifikacji urządzeń i utrzymywania kwalifikacji w wypadku wprowadzenia modyfikacji konstrukcyjnych. Spełnienie opisanych wymagań dowodzi zdolności urządzenia do realizacji funkcji związanej z bezpieczeństwem w odpowiednich warunkach eksploatacyjnych. Standard określa metody i wymogi dla prób homologacyjnych silników elektrycznych klasy 1E przewidzianych do pracy ciągłej. Wymogi obejmują zasady, procedury i metodykę kwalifikacji i dotyczą silników klatkowych. |
| Standard jądrowy dla urządzeń elektrycznych i AKPIA | IEEE 336 | IEEE 336 Recommended Practice for Installation, Inspection, and Testing for Class 1E Power, Instrumentation, and Control Equipment at Nuclear Facilities (<i>Rekomendowane praktyki prowadzenia montażu, przeglądów i prób układów zasilania, aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki w instalacjach jądrowych</i>) | Standard określa zalecane praktyki w zakresie prac przygotowawczych do montażu, przeglądów i prób należących do klasy 1E urządzeń elektroenergetycznych oraz AKPIA obiektów jądrowych. Standard ma zastosowanie do elektrowni jądrowych a także zakładów związanych z jądrowym cyklem paliwowym. |
| Standard jądrowy dla kwalifikacji sejsmicznej urządzeń elektrycznych | IEEE 344 | IEEE 344 Standard for Seismic Qualification of Equipment for Nuclear Power Generating Stations (<i>Zasady kwalifikacji sejsmicznej urządzeń dla elektrowni jądrowych</i>) | Standard określa zalecane praktyki w zakresie wdrażania procedur pozwalających na pozyskanie danych dowodzących, iż urządzenia klasy 1E są w stanie osiągać wymagane parametry pracy podczas i w następstwie maksymalnego obliczeniowego bezpieczeństwa trzęsienia ziemi powodującego wyłączenie elektrowni jądrowej, następującego po kilku wstrząsach podczas których utrzymywany jest ruch. |

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla urządzeń elektrycznych | IEEE 381 | IEEE 381 Standard Criteria for Type Tests of Class 1E Modules Used in Nuclear Power Generating Stations (<i>Standardowe kryteria dla prób homologacyjnych modułów Klasy 1E wykorzystywanych w elektrowniach jądrowych</i>) | Standard określa podstawowe wymogi dla programu prób homologacyjnych mających na celu wykazanie, iż moduł wykorzystywany jako element Klasy 1E w elektrowni jądrowej spełnia co najmniej założone wymogi projektowe. |
| Standard jądrowy dla urządzeń elektrycznych | IEEE 382 | IEEE 382 Standard for Qualification of Safety-Related Actuators for Nuclear Power Generating Stations (<i>Standard dla kwalifikacji związanych z bezpieczeństwem siłowników dla elektrowni jądrowych</i>) | Standard określa wymogi w zakresie kwalifikacji związanych z bezpieczeństwem jądrowym siłowników oraz ich elementów stosowanych w elektrowniach jądrowych. |
| Standard jądrowy dotyczący wymogów kwalifikacyjnych przewodów elektrycznych dla elementów pierwszej klasy bezpieczeństwa | IEEE 383 | IEEE 383 Standard for Qualifying Class 1E Electrical Cables and Field Splices for Nuclear Power Generating Stations (<i>Kable elektryczne Klasy 1E oraz ich złącza w elektrowniach jądrowych</i>) | Standard określa ogólne wymogi i metody kwalifikacji kabli elektrycznych i ich złącz stosowanych w elektrowniach jądrowych. Standard ma zastosowanie do kabli znajdujących się poza urządzeniami podlegającymi osobnej kwalifikacji. |
| Standard jądrowy dla układów awaryjnego zasilania | IEEE 384 | IEEE 384 Standard Criteria for Independence of Class 1E Equipment and Circuits (<i>Standardowe kryteria w zakresie niezależności urządzeń i obwodów Klasy 1E</i>) | Standard określa wymogi w zakresie niezależności poszczególnych układów elektrycznych Klasy 1E, w tym w zakresie fizycznej separacji oraz separacji galwanicznej. |

| | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla układów zasilania awaryjnego elektrowni jądrowych | IEEE 387 | IEEE 387 Standard Criteria for Diesel-Generator Units Applied as Standby Power Supplies for Nuclear Power Generating Stations (<i>Kryteria dla dieslowskich agregatów prądotwórczych stosowanych jako zasilanie rezerwowe elektrowni jądrowych</i>) | Standard określa kryteria stosowania oraz prowadzenia prób zespołów prądotwórczych Klasy 1E wykorzystujących tłokowe silniki wysokoprężne. |
| Standard jądrowy dotyczący wymogów dla sterowników, rozdzielni i szaf kontrolnych dla elektrowni jądrowych | IEEE 420 | IEEE 420 Standard for the Design and Qualification of Class 1E Control Boards, Panels, and Racks Used in Nuclear Power Generating Stations (<i>Norma projektowania i kwalifikacji rozdzielnic, sterowników i szaf kontrolnych wykorzystywanych w elektrowniach jądrowych</i>) | Standard określa wymogi projektowe dla nowych oraz modernizowanych rozdzielnic, sterowników i szaf kontrolnych Klasy 1E instalowanych w elektrowniach jądrowych. |
| Standard jądrowy opisujący wymogi projektowe i montażowe baterii kwasowo-ołowiowych, wentylowanych | IEEE 484 | IEEE 484 Recommended Practice for Installation Design and Installation of Vented Lead-Acid Batteries for Stationary Applications (<i>Rekomendowane praktyki projektowania instalacji oraz montażu akumulatorów kwasowo-ołowiowych w zastosowaniach stacjonarnych</i>) | Standard określa zalecane praktyki i procedury projektowe dla projektowania i realizacji stacji akumulatorów kwasowo-ołowiowych w zastosowaniach stacjonarnych. |
| Standard jądrowy opisujący wymogi rozmiarów baterii dla elektrowni jądrowych | IEEE 485 | IEEE 485 Recommended Practice for Sizing Lead-Acid Batteries for Stationary Applications (<i>Zalecane praktyki dla doboru parametrów akumulatorów kwasowo-ołowiowych w zastosowaniach stacjonarnych</i>) | Standard określa metody dla doboru obciążenia statoprowadowego oraz wymiarowania stacjonarnych baterii akumulatorów kwasowo-ołowiowych. |

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla urządzeń elektrycznych | IEEE 494 | IEEE 494 Standard Method for Identification of Documents Related to Class 1E Equipment and Systems for Nuclear Power Generating Station <i>(Standardowe metody identyfikacji dokumentów związanych z urządzeniami i układami Klasy 1E dla elektrowni jądrowej)</i> | Standard wprowadza kryteria dla jednorodnej identyfikacji dokumentacji ważnej dla projektowania, realizacji, prowadzenia prób i eksploatacji urządzeń i układów elektrycznych klasy 1E. |
| Standard jądrowy dla akumulatorów | IEEE 535 | IEEE 535 Standard for Qualification of Class 1E Lead Storage Batteries for Nuclear Power Generating Stations <i>(Norma w zakresie kwalifikacji akumulatorów kwasowych Klasy 1E dla elektrowni jądrowych)</i> | Standard zawiera wytyczne w zakresie procesu kwalifikacyjnego mającego na celu wykazanie, że zainstalowane baterie akumulatorów zgodne są z wymogami stawianymi urzędzeniom Klasy 1E w ciągu zakładanego okresu eksploatacji. |
| Standard jądrowy dla układów bezpieczeństwa elektrowni jądrowych | IEEE 603 | IEEE 603 Standard Criteria for Safety Systems for Nuclear Power Generating Stations <i>(Standardowe kryteria dla układów bezpieczeństwa elektrowni jądrowych)</i> | Standard określa minimalne kryteria funkcjonalne i projektowe dla układów zasilania oraz aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki dla układów bezpieczeństwa elektrowni jądrowych. Kryteria mają zastosowanie do układów, których praca niezbędna jest dla ochrony zdrowia i bezpieczeństwa publicznego poprzez ograniczenie konsekwencji projektowej awarii instalacji jądrowej. |
| Standard jądrowy dla układów elektrycznych | IEEE 628 | IEEE 628 Standard Criteria for the Design, Installation, and Qualification of Raceway Systems for Class 1E Circuits for Nuclear Power Generating Stations | Standard określa minimalne wymogi w zakresie doboru montażu oraz kwalifikacji tras dla obwodów Klasy 1E w elektrowniach jądrowych. |

| | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dotyczący klasyfikacji transformatorów elementów pierwszej klasy bezpieczeństwa | IEEE 638 | <p>(Standardowe kryteria dla projektowania, montażu i kwalifikacji tras kablowych dla obwodów Klasy 1E w elektrowniach jądrowych)</p> <p>IEEE 638 Standard for Qualification of Class 1E Transformers for Nuclear Power Generating Stations (Norma dla kwalifikacji transformatorów Klasy 1E dla elektrowni jądrowych)</p> | Standard określa procedury potwierdzania spełniania przez nowe transformatory Klasy 1E wymogów w zakresie realizacji funkcji związanych z bezpieczeństwem w postulowanych warunkach eksploatacji. Standard obejmuje transformatory jedno- i trójfazowe o napięciach od 601 V do 15 kV po stronie górnej oraz o mocach do 2500 kVA. |
| Standard jądrowy dla urządzeń elektrycznych | IEEE 649 | <p>IEEE 649 Standard for Qualifying Class 1E Motor Control Centers for Nuclear Power Generating Stations (Standardy kwalifikacji rozdzielnic napędowych Klasy 1E dla elektrowni jądrowych)</p> | Standard określa podstawowe zasady, wymogi i metody w zakresie kwalifikacji rozdzielnic napędowych Klasy 1E dla zastosowań w łagodnych i surowych warunkach otoczenia w elektrowniach jądrowych. Poza określeniem konkretnych wymogów kwalifikacyjnych dla rozdzielnic i ich elementów, standard podaje wytyczne tworzące program kwalifikacyjny dla wykazywania odpowiednich parametrów rozdzielnic napędowych stosowanych w układach Klasy 1E elektrowni jądrowych. |
| Standard jądrowy dla urządzeń elektrycznych | IEEE 650 | <p>IEEE 650 Standard for Qualification of Class 1E Static Battery Chargers and Inverters for Nuclear Power Generating Stations (Norma dla kwalifikacji statycznych układów ładowania akumulatorów oraz inwerterów klasy 1E dla elektrowni jądrowych).</p> | Standard określa metody kwalifikacji statycznych układów ładowania akumulatorów oraz inwerterów dla układów Klasy 1E zlokalizowanych poza obudową bezpieczeństwa reaktora w elektrowniach jądrowych. Metody te mogą być także |

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy opisujący wymogi językowe dla pracujących układów w elektrowniach jądrowych | IEEE 716 | IEEE 716 Standard Test Language for All Systems – Common/Abbreviated Test Language for All Systems (C/ATLAS) <i>(Standardowy język testowy dla wszystkich układów)</i> | stosowane do kwalifikacji podobnych urządzeń elektronicznych stosowanych poza obudową bezpieczeństwa, jeśli nie są dla nich dostępne szczególne normy. Metody określone w standardzie stanowią kombinację procedury homologacyjnej oraz metod analitycznych. Standard definiuje język programowania wyższego rzędu wykorzystywany dla prowadzenia prób niezależnych od układu testowego. |
| Standard jądrowy dla układów elektronicznych elektrowni jądrowych | IEEE 7-4.3.2 | IEEE 7-4.3.2 Standard Criteria for Digital Computers in Safety Systems of Nuclear Power Generating Stations <i>(Kryteria dla komputerów cyfrowych stosowanych w układach bezpieczeństwa elektrowni jądrowych)</i> | Standard określa dodatkowe wymogi dla komputerów stosowanych w układach bezpieczeństwa elektrowni jądrowych, wykraczające poza standardowe wymogi i kryteria określone w normie IEEE 603. Standard obejmuje sprzęt komputerowy, oprogramowanie oraz interfejsy. |
| Standard jądrowy dla układów awaryjnego zasilania | IEEE 741 | IEEE 741 Standard Criteria for the Protection of Class 1E Power Systems and Equipment in Nuclear Power Generating Stations <i>(Standardowe kryteria dla zabezpieczeń układów zasilania klasy 1E i ich urządzeń w elektrowniach jądrowych)</i> | Standard określa wymogi w zakresie układów zabezpieczeń dla urządzeń wchodzących w skład układów zasilania Klasy 1E oraz kompletnych układów. Określono cel i sposoby zabezpieczania przed uszkodzeniami elektrycznymi i mechanicznymi oraz awariami, które mogą zaistnieć w okresie krótszym niż czas wymaganej reakcji operatora. Przedstawiono wymogi w zakresie prób i nadzoru. |

| | | | |
|------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla układów zasilania potrzeb własnych elektrowni jądrowych | IEEE 765 | IEEE 765 Standard for Preferred Power Supply (PPS) for Nuclear Power Generating Stations (NPGS) (<i>Norma dla preferowanego układu zasilania elektrowni jądrowych</i>) | Standard określa kryteria projektowe dla podstawowego układu zasilania elektrowni jądrowej oraz jego połączeń z układem elektroenergetycznym Klasy 1E, rozdzielnicami, siecią przesyłową oraz alternatywnym źródłem napięcia przemienneego. |
|------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

G-2. Normy konwencjonalne IEEE i NEMA (National Electrical Manufacturers Association) odnoszące się do części elektrycznej, układów pomiarowych oraz AKPiA elektrowni jądrowej

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Norma konwencjonalna opisująca układy zasilania układów elektronicznych | IEEE 295 | IEEE 295 Standard for Electronics Power Transformers (<i>Standard dla transformatorów mocy w układach elektronicznych</i>) | Norma opisująca transformatory mocy oraz wzbudniki stosowane w urządzeniach elektronicznych, zasilane z linii energetycznych lub generatorów o zasadniczo sinusoidalnym przebiegu lub napięciem wielofazowym. Norma obejmuje zasady stosowania urządzeń oraz procedury prowadzenia ich prób. |
| Norma konwencjonalna opisująca wymogi projektowe dla sieci kablowych | IEEE 422 | IEEE 422 Guide for the Design of Cable Raceway Systems for Electric Generating Facilities (<i>Wytyczne dla projektowania tras kablowych w elektrowniach</i>) | Norma przedstawia wytyczne dla projektowania i montażu tras kablowych dla wszystkich typów elektrowni. Określono zalecenia, metody oraz najlepsze praktyki inżynierskie projektowania tras kablowych, w tym dobór urządzeń i materiałów oraz konfigurację tras. |
| Norma konwencjonalna dla akumulatorów kwasowo-ołowiowych | IEEE 450 | IEEE 450 Recommended Practice for Maintenance, Testing and Replacement of Vented Lead- | Norma określa zalecane praktyki w zakresie konserwacji, planowania prób oraz procedur prowadzenia prób wykorzystywanych |

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | Acid Batteries for Stationary Applications (Zalecane praktyki prowadzenia konserwacji, prób i wymiany wentylowanych akumulatorów kwasowo-ołowiowych w zastosowaniach stacjonarnych) | dla optymalizacji czasu eksploatacji oraz parametrów eksploatacyjnych stacjonarnych baterii akumulatorów kwasowo-ołowiowych. |
| Norma konwencjonalna | IEEE 634 | IEEE 634 Cable Penetration Fire Stop Qualification Test (Próba kwalifikacyjna układów powstrzymywania propagacji pożaru poprzez przepusty kablowe) | Norma określa kryteria techniczne dla urządzeń zabezpieczających przed rozprzestrzenianiem się pożaru w przepustach kablowych wykonanych w ścianach ogniotrwałych. |
| Norma konwencjonalna dla układów zasilania bezprzerwowego | IEEE 944 | IEEE 944 IEEE Recommended Practice for the Application and Testing of Uninterruptible Power Supplies for Power Generating Stations (Zalecane praktyki IEEE w zakresie stosowania i testowania układów zasilania bezprzerwowego dla elektrowni) | Norma określa wymogi dotyczące stosowania i wymagane parametry dla układów zasilania bezprzerwowego niskiego napięcia stosowanych w elektrowniach. Określono wymogi takie jak informacje o obciążeniu, warunki pracy, wymogi dla rutynowych testów dla inwerterów z lub bez prostowników oraz układów załączania rezerwy. Rozważone są tylko układy półprzewodnikowe AC-AC z magazynowaniem w układzie prądu stałego. Szczególną uwagę poświęcono elektrowniom jądrowym. |
| Norma konwencjonalna dla układów zasilania bezprzerwowego – National Electrical Manufacturers Association, USA | NEMA PE 1 | NEMA PE 1 Uninterruptible Power Systems (UPS)— Specification and Performance Verification (Układy zasilania bezprzerwowego (UPS) – Specyfikacja i weryfikacja parametrów) | Dokument przedstawia adresowane do wytwórców i użytkowników kryteria określania i potwierdzania parametrów eksploatacyjnych układów zasilania bezprzerwowego UPS. Opisano także kryteria dotyczące montażu i procesu wytwarzania. |

| | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>Norma konwencjonalna dla układów zasilania bezprzewodowego – National Electrical Manufacturers Association, USA</p> | <p>NEMA PE 5</p> | <p>NEMA PE 5 Utility-Type Battery Chargers (Przemysłowe ładowarki akumulatorów)</p> | <p>Norma określa definicje, minimalne wymogi oraz metody prowadzenia prób stabilizowanych układów ładowania akumulatorów wyposażonych lub niewyposażonych w filtry.</p> |
| <p>Norma konwencjonalna dla kabli średnich napięć</p> | <p>NEMA WC-71</p> | <p>NEMA WC-71 Standard for Nonshielded Cables Rated 2001-5000 Volts for use in the Distribution of Electric Energy (Standard dla nieekranowanych kabli na napięcia od 2-5 kV wykorzystywanych w układach rozdzielczych energii elektrycznej)</p> | <p>Norma określa wymagania dla kabli średnich napięć wykorzystywanych w układach dystrybucji energii elektrycznej.</p> |

**NORMY JĄDROWE NIEMIECKIE
KTA I DIN DOTYCZĄCE ZAGADNIENÍ
UKŁADÓW ELEKTRYCZNYCH,
POMIAROWYCH, OPROGRAMOWANIA
KOMPUTEROWEGO ORAZ AKPIA
ELEKTROWNI JĄDROWEJ.
OPRACOWANO NA PODSTAWIE [8]**

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (niemiecki/angielski i polski) | Opis |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla oprogramowania – Deutsches Institut für Normung | DIN 25478 | DIN 25478 Einsatz von Berechnungssystemen beim Nachweis der Kritikalitätssicherheit (Stosowanie kodów komputerowych dla oceny zabezpieczeń przed przypadkową krytycznością) | Standard określa zasady stosowania oprogramowania komputerowego do oceny ochrony przed zaistnieniem przypadkowej reakcji łańcuchowej. |
| Standard jądrowy dotyczący zabezpieczenia odgromowego elektrowni jądrowej – Kerntechnischer Ausschuss | KTA 2206 | KTA 2206 Design of Nuclear Power Plants Against Damaging Effects from Lightning (Konstrukcja elektrowni jądrowej zabezpieczająca przed szkodliwymi skutkami wyładowań atmosferycznych) | Standard określa zasady ochrony odgromowej elektrowni jądrowych, w tym zasady projektowania, budowy, montażu i prób układów zapewniających ochronę odgromową budynków i układów elektrycznych. |
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej- Kerntechnischer Ausschuss | KTA 3502 | KTA 3502 Accident Measuring Systems (Układy pomiarowe dla sytuacji awaryjnej) | Standard określa kryteria dla układów pomiarowych pracujących w sytuacjach awaryjnych stosowanych w stacjonarnych elektrowniach jądrowych z reaktorami lekkowodnymi. |
| Standard jądrowy opisujący wymogi testowe dla elementów elektrycznych układów bezpieczeństwa reaktora- Kerntechnischer Ausschuss | KTA 3503 | KTA 3503 Type testing of electrical modules for the safety related instrumentation and control system (Homologacja modułów elektrycznych związanych z bezpieczeństwem układu aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki) | Standard określa kryteria prowadzenia próby homologacyjnej dla elektrotechnicznych urządzeń wchodzących w skład układów AKPiA mających wpływ na bezpieczeństwo jądrowe w elektrowni jądrowej. Próby należy prowadzić dla tych urządzeń, dla których nie da się jednoznacznie wykażać innymi metodami (wg KTA 3501). |
| Standard jądrowy dla urządzeń elektrycznych | KTA 3504 | KTA 3504 Electrical Drive Mechanisms of the Safety | Standard określa kryteria dla napędów elektrycznych stanowiących część układów |

| | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>– Kerntechnischer Ausschuss</p> | | <p>System in Nuclear Power Plants (<i>Mechanizmy napędów elektrycznych w układzie bezpieczeństwa elektrowni jądrowej</i>)</p> | <p>bezpieczeństwa elektrowni jądrowej: siłowników, elektromagnesów sterujących pracą zaworów, napędów urządzeń pozostających w ciągłym ruchu oraz mechanizmów sterowania prętami pochłaniającymi reaktora.</p> |
| <p>Standard jądrowy dotyczący testów sensorów i przetworników związanych z układem bezpieczeństwa – Kerntechnischer Ausschuss</p> | KTA 3505 | <p>KTA 3505 Type testing of measuring sensors and transducers of the safety related instrumentation and control systems (<i>Homologacja czujników i przetworników związanych z bezpieczeństwem układu aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki</i>)</p> | <p>Standard określa kryteria prowadzenia próby homologacyjnej czujników i przetworników stosowanych w układach aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki mających wpływ na bezpieczeństwo w elektrowni jądrowej.</p> |
| <p>Standard jądrowy dotyczący testów urządzeń pomiarowych kluczowych dla układu bezpieczeństwa – Kerntechnischer Ausschuss</p> | KTA 3506 | <p>KTA 3506 System testing of the instrumentation and control equipment important to safety of nuclear power plants (<i>Systemowe próby aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki ważnej dla bezpieczeństwa elektrowni jądrowych</i>)</p> | <p>Standard określa kryteria prowadzenia prób kompletnych układów AKPiA ważnych dla bezpieczeństwa jądrowego elektrowni jądrowych. Dotyczą one układów realizujących funkcje kategorii A, B lub C wg KTA 3501. Próby takie prowadzone są dla potwierdzenia, że układy zostały wytworzone i zamontowane zgodnie z wymogami projektowymi oraz że poprawnie realizują zadane funkcje.</p> |
| <p>Standard jądrowy dla układów AKPiA – Kerntechnischer Ausschuss</p> | KTA 3507 | <p>KTA 3507 Factory Tests, Post-repair Tests and Certification of Satisfactory Performance in Service of Modules and Devices of the Safety-Related Instrumentation and Control System (<i>Próby fabryczne, próby porontowe oraz certyfikacja zgodności z wymaganymi parametrami pracy dla modułów</i>)</p> | <p>Standard określa kryteria i zasady prowadzenia prób fabrycznych nowych oraz naprawianych elementów aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki stosowanych w elektrowniach jądrowych.</p> |

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (niemiecki/angielski i polski) | Opis |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | <i>i urządzeń bezpieczeństwa związanych z bezpieczeństwem aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki)</i> | |
| Standard jądrowy dla układów zasilania potrzeb własnych elektrowni jądrowych – Kerntechnischer Ausschuss, | KTA 3701 | KTA 3701 General requirements for the electrical Power Supply in Nuclear Power plants (Wymogi ogólne dla układu zasilania elektrowni jądrowych w energię elektryczną) | Standard określa wymogi dla elektroenergetycznych układów zasilania potrzeb własnych elektrowni jądrowych z reaktorami wodnymi ciśnieniowymi bądź wrzącymi. |
| Standard jądrowy dla układów zasilania awaryjnego elektrowni jądrowych – Kerntechnischer Ausschuss | KTA 3702 | KTA 3702 Emergency power generating facilities with diesel generator units in nuclear power plants (Awaryjne instalacje prądotwórcze z dieslowskimi agregatami prądotwórczymi w elektrowniach jądrowych) | Standard określa wymogi dla awaryjnych instalacji prądotwórczych opartych o agregaty prądotwórcze z silnikami wysokoprężnymi i generatorami synchronicznymi prądu przemiennego wykorzystywanymi do zasilania układów bezpieczeństwa elektrowni jądrowych z reaktorami wodnymi ciśnieniowymi i wrzącymi. |
| Standard jądrowy dla układów zasilania awaryjnego elektrowni jądrowych – Kerntechnischer Ausschuss | KTA 3703 | KTA 3703 Emergency power facilities with batteries and AC/DC converters in nuclear power plants (Układy zasilania awaryjnego elektrowni jądrowych z akumulatorami i przetwornikami AC/DC) | Standard określa wymogi dla układów zasilania bezprzewodowego wykorzystywanych do zasilania układów bezpieczeństwa elektrowni jądrowych z reaktorami wodnymi ciśnieniowymi i wrzącymi – baterii akumulatorów oraz przetworników umożliwiających uzyskanie niezbędnego zasilania urządzeń prądem przemiennym do momentu rozruchu awaryjnych agregatów prądotwórczych. |
| Standard jądrowy dla układów zasilania awaryjnego | KTA 3704 | KTA 3704 Emergency power facilities with static and rotating AC/DC converters in nuclear power | Standard określa wymogi dla układów zasilania bezprzewodowego wykorzystywanych do zasilania układów bezpieczeństwa elektrowni |

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| elektrowni jądrowych – Kerntechnischer Ausschuss | | plants (<i>Układy zasilania awaryjnego elektrowni jądrowych ze statycznymi i wirującymi przetwornicami AC/DC</i>) | jądrowych z reaktorami wodnymi ciśnieniowymi i wrzącymi – statycznych i wirujących przetwornic AC/DC umożliwiających uzyskanie niezbędnego zasilania urządzeń prądem przemiennym do momentu rozruchu awaryjnych agregatów prądotwórczych. |
| Standard jądrowy dla układów zasilania układów bezpieczeństwa elektrowni jądrowych – Kerntechnischer Ausschuss | KTA 3705 | KTA 3705 Switchgears facilities, transformers and distribution networks for the electrical power supply of the safety system in nuclear power plants (<i>Rozdzielnice, transformatory i sieci rozdzielcze układu zasilania układów bezpieczeństwa elektrowni jądrowych</i>) | Standard określa kryteria dla urządzeń elektrotechnicznych oraz aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki stosowanych w układach zasilania układów awaryjnych elektrowni jądrowych z reaktorami lekkowodnymi – sieci dystrybucyjnych, aparatury rozdzielczej oraz transformatorów. |
| Standard jądrowy dla układów zasilania układów bezpieczeństwa elektrowni jądrowych – Kerntechnischer Ausschuss | KTA 3706 | KTA 3706 Ensuring the Loss-of-coolant-accident resistance of electro-technical components and of components in instrumentation and controls of operating nuclear power plants (<i>Zapewnienie odporności urządzeń elektrotechnicznych oraz aparatury kontrolno-pomiarowej i automatyki czynnych elektrowni jądrowych na awarie związane z utratą chłodziwa</i>) | Standard określa kryteria prowadzenia prób urządzeń elektrotechnicznych wykorzystywanych w układach AKPiA elektrowni jądrowych potwierdzających ich zdolność do prawidłowej pracy w warunkach awarii jądrowej polegającej na utracie chłodziwa z obiegu pierwotnego lekkowodnego reaktora jądrowego. |
| Standard jądrowy dla układów komunikacji i łączności w elektrowniach jądrowych – Kerntechnischer Ausschuss, | KTA 3901 | KTA 3901 Communication means for nuclear power plants (<i>Środki łączności dla elektrowni jądrowych</i>) | Standard opisuje wymogi stawiane ukłdom łączności i komunikacji na terenie elektrowni jądrowych. |

**NORMY JĄDROWE
KANADYJSKIE CSA N
(ANG. *CANADIAN STANDARDS
ASSOCIATION – NUCLEAR*)
DOTYCZĄCE ZAGADNIENÍ
UKŁADÓW ELEKTRYCZNYCH,
POMIAROWYCH, OPROGRAMOWANIA
KOMPUTEROWEGO ORAZ AKPIA
ELEKTROWNI JĄDROWEJ.
OPRACOWANO NA PODSTAWIE [8]**

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|---------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla oprogramowania | CSA N286.7 | CSA N286.7 Quality Assurance of Analytical, Scientific and Design Computer Programs for Nuclear Power Plants <i>(Zapewnienie jakości oprogramowania komputerowego wykorzystywanego w pracach analitycznych, naukowych i projektowych na rzecz elektrowni jądrowych)</i> | Standard określa wymogi dla programu zapewnienia jakości na etapie opracowania, utrzymania, aktualizacji i wykorzystania analitycznych, naukowych i projektowych programów komputerowych wykorzystywanych na rzecz elektrowni jądrowych. Programy takie wykorzystywane są do prowadzenia lub wspierania procesu projektowania oraz analiz urządzeń i układów bezpieczeństwa, prowadzenia deterministycznych i probabilistycznych analiz bezpieczeństwa, obliczeń fizyki reaktora i symulacji wypalenia paliwa jądrowego oraz przenoszenia i obróbki danych uzyskanych w takich procesach. |
| Standard jądrowy dla układów bezpieczeństwa | CSA N290.0 | CSA N290.0 General requirements for safety systems of nuclear power plants <i>(Ogólne wymogi dla systemów bezpieczeństwa elektrowni jądrowych)</i> | Standard określa ogólne wymogi dla wszystkich systemów bezpieczeństwa stosowanych w elektrowni jądrowej. Standard powinien być stosowany wspólnie z wymogami szczegółowymi przedstawionymi w CSA N290.2 oraz CSA N290.3. |
| Standard jądrowy dla układów bezpieczeństwa | CSA N290.1 | CSA N290.1 Requirements for reactor heat removal capability during outage of nuclear power plants <i>(Wymogi dla systemów odprowadzania ciepła z reaktora podczas postoju elektrowni jądrowych)</i> | Standard określa wymogi dla projektowania, kwalifikacji, montażu, uruchamiania, konserwacji, przeglądów oraz dokumentacji układów odprowadzania ciepła z reaktora podczas jego postoju, od rdzenia reaktora aż do ostatecznego dolnego źródła ciepła. Standard ma zastosowanie do instalacji z reaktorami chłodzonymi wodą lekką lub ciężką. |

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla oprogramowania | CSA N290.14 | CSA N290.14 Qualification of Pre-Developed Software for Use in Safety-Related Instrumentation and Control Applications in Nuclear Power Plants <i>(Kwalifikacja gotowego oprogramowania dopuszczająca je do wykorzystania w układach aparatury kontrolno pomiarowej i automatyki związanych z bezpieczeństwem w elektrowniach jądrowych)</i> | Standard wprowadza proces kwalifikacji gotowego oprogramowania dopuszczającej do wykorzystania w układach AKPIA mającej wpływ na bezpieczeństwo w elektrowniach jądrowych. Standard obejmuje zarówno oprogramowanie wbudowane jak i samodzielne. |
| Standard jądrowy dla układów AKPIA | CSA N290.4 | CSA N290.4 Requirements for reactor control systems of nuclear power plants <i>(Wymogi dla układów sterowania reaktora w elektrowniach jądrowych)</i> | Standard określa wymogi dla systemów sterowania reaktora jądrowego typu CANDU. Dotyczy wszystkich elementów systemu sterowania wykorzystywanych do sterowania strumieniem neutronów i mocą cieplną reaktora, w tym urządzeń mechanicznych, technologicznych, elektrycznych, oprogramowania oraz aparatury pomiarowej. |
| Standard jądrowy dla układów elektrycznych i pneumatycznych (elektrownie CANDU) | CSA N290.5 | CSA N290.5 Requirements for Electrical Power and Instrument Air Systems of CANDU Nuclear Power Plants <i>(Wymagania dla układów zasilania w energię elektryczną oraz sieci sprężonego powietrza AKPIA w elektrowniach jądrowych z reaktorami CANDU)</i> | Standard określa zasady projektowania, zakupów, kwalifikacji, budowy, montażu, inspekcji oraz dokumentacji układów elektroenergetycznych oraz sprężonego powietrza AKPIA w elektrowniach jądrowych z reaktorami CANDU. Układy elektroenergetyczne oraz układy sprężonego powietrza AKPIA obejmują wszelkie konstrukcje, systemy, urządzenia i podzespoły, które są niezbędne do pracy systemów mających wpływ na bezpieczeństwo. Systemy elektroenergetyczne podzielone są na cztery klasy bezpieczeństwa oraz systemy niesklasyfikowane. |

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (angielski i polski) | Opis |
|------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla układów AKPIA | CSA N290.6 | CSA N290.6 Requirements for monitoring and display of nuclear power plant safety functions in the event of an accident <i>(Wymogi dotyczące monitoringu i prezentacji funkcji bezpieczeństwa w elektrowni jądrowej w sytuacji awaryjnej)</i> | Standard przedstawia wymogi dla projektowania, prób, montażu i kwalifikacji urządzeń prezentujących informacje dotyczące bezpieczeństwa elektrowni jądrowej w stanach awaryjnych. Standard dotyczy urządzeń, które pozwalają operatorowi elektrowni nadzorować pracę systemów bezpieczeństwa po zaistnieniu sytuacji awaryjnej oraz określić moment, w którym konieczne jest podjęcie działań nadzwyczajnych poza terenem elektrowni. |
| Standard jądrowy w zakresie bezpieczeństwa cybernetycznego | CSA N290.7 | CSA N290.7 Cyber security for nuclear power plants and small reactor facilities <i>(Bezpieczeństwo cybernetyczne elektrowni jądrowych i obiektów z małymi reaktorami jądrowymi)</i> | Standard określa wymogi w zakresie opracowania i wdrażania właściwych praktyk w kierowaniu obiektami jądrowymi zapewnianymi utrzymanie właściwego poziomu bezpieczeństwa cybernetycznego. Standard ma zastosowanie do elektrowni jądrowych oraz instalacji z reaktorami badawczymi i odzwierciedla doświadczenia eksploatacyjne kanadyjskiego przemysłu jądrowego. |
| Standard jądrowy dla ochrony przeciwpożarowej | CSA N293 | CSA N293 Fire protection for nuclear power plants <i>(Ochrona przeciwpożarowa elektrowni jądrowych)</i> | Standard przedstawia minimalne wymogi w zakresie ochrony przeciwpożarowej dla projektowania, budowy, uruchomienia, eksploatacji i likwidacji elektrowni jądrowych, obejmując konstrukcje, systemy i elementy bezpośrednio wpływające na pracę elektrowni i obszaru objętego szczególną ochroną. Standard ma charakter neutralny technologicznie i może mieć zastosowanie do obiektów wykorzystujących różne technologie reaktorowe. |

**NORMY JĄDROWE ROSYJSKIE
GOST (ROS. ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ) I PNAE (ROS. ПРАВИЛА
И НОРМЫ В АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКЕ)
DOTYCZĄCE ZAGADNIEN
UKŁADÓW ELEKTRYCZNYCH,
POMIAROWYCH, OPROGRAMOWANIA
KOMPUTEROWEGO ORAZ АКPIA
ELEKTROWNI JĄDROWEJ.
OPRACOWANO NA PODSTAWIE [8]**

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (rosyjski i polski) | Opis |
|-------------------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej | GOST 23765 | GOST 23765 Аппаратура контроля радиационной безопасности на атомных станциях. Общие технические требования к каналу передачи данных (<i>Aparatura do monitoringu bezpieczeństwa radiologicznego w elektrowniach jądrowych.</i> <i>Ogólne wymogi techniczne dla kanału transmisyjnych danych</i>) | Standard określa wymogi dla kanałów transmisyjnych z aparatury dokonyjącej pomiarów w zakresie bezpieczeństwa radiologicznego w elektrowni jądrowej i w jej otoczeniu. |
| Standard jądrowy dla układów АКРА | GOST 25804.1 | GOST 25804.1 Аппаратура, приборы, устройства и оборудование систем управления технологическими процессами атомных электростанций. Основные положения (<i>Aparatura, przyrządy, urządzenia i wyposażenie systemów sterowania procesami technologicznymi elektrowni jądrowych.</i> <i>Zasady ogólne</i>) | Standard przedstawia wymogi dotyczące urządzeń wchodzących w skład systemów sterowania procesami technologicznymi elektrowni jądrowych. Część 1 określa wymogi o charakterze ogólnym. |
| Standard jądrowy dla układów АКРА | GOST 25804.2 | GOST 25804.2 Аппаратура, приборы, устройства и оборудование систем управления технологическими процессами атомных электростанций. Требования по надежности (<i>Aparatura, przyrządy, urządzenia i wyposażenie systemów sterowania procesami technologicznymi elektrowni jądrowych.</i> <i>Wymagania w zakresie niezawodności</i>) | Standard przedstawia wymogi dotyczące urządzeń wchodzących w skład systemów sterowania procesami technologicznymi elektrowni jądrowych. Część 2 określa wymogi w zakresie niezawodności urządzeń. |

| | | | |
|-----------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla układów АКРА | GOST 25804.3 | <p>GOST 25804.3 Аппаратура, приборы, устройства и оборудование систем управления технологическими процессами атомных электростанций. Требования по стойкости, прочности и устойчивости к внешним воздействующим факторам (<i>Aparatura, przyrządy, urządzenia i wyposażenie systemów sterowania procesami technologicznymi elektrowni jądrowych. Wymagania w zakresie wytrzymałości, trwałości i odporności na czynniki zewnętrzne</i>)</p> | Standard przedstawia wymogi dotyczące urządzeń wchodzących w skład systemów sterowania procesami technologicznymi elektrowni jądrowych. Część 3 określa wy- mogi w zakresie wytrzymałości, trwałości i odporności na czynniki zewnętrzne |
| Standard jądrowy dla układów АКРА | GOST 25804.4 | <p>GOST 25804.4 Аппаратура, приборы, устройства и оборудование систем управления технологическими процессами атомных электростанций. Общие конструктивно-технические требования (<i>Aparatura, przyrządy, urządzenia i wyposażenie systemów sterowania procesami technologicznymi elektrowni jądrowych. Ogólne wymogi konstrukcyjno-techniczne</i>)</p> | Standard przedstawia wymogi dotyczące urządzeń wchodzących w skład systemów sterowania procesami technologicznymi elektrowni jądrowych. Część 4 określa wy- mogi techniczne dla projektowania. |
| Standard jądrowy dla układów АКРА | GOST 25804.5 | <p>GOST 25804.5 Аппаратура, приборы, устройства и оборудование систем управления технологическими процессами атомных электростанций. Общие правила проведения испытаний и приемки опытных образцов и серийной продукции (<i>Aparatura, przyrządy, urządzenia</i>)</p> | Standard przedstawia wymogi dotyczące urządzeń wchodzących w skład systemów sterowania procesami technologicznymi elektrowni jądrowych. Część 5 określa zasady poddawania próbom prototypów i egzemplarzy seryjnych urządzeń. |

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (rosyjski i polski) | Opis |
|------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla układów АКPIА | GOST 25804.6 | <p><i>i wyposażenie systemów sterowania procesami technologicznymi elektrowni jądrowych. Ogólne zasady prowadzenia prób i odbiorów egzemplarzy doświadczalnych i produktów seryjnych)</i></p> <p>GOST 25804.6 Аппаратура, приборы, устройства и оборудование систем управления технологическими процессами атомных электростанций. Методы оценки соответствия требованиям по надежности (Апаратура, przyrządy, urządzenia i wyposażenie systemów sterowania procesami technologicznymi elektrowni jądrowych. Metody oceny zgodności z wymaganiami dotyczącymi niezawodności)</p> | Standard przedstawia wymogi dotyczące urządzeń wchodzących w skład systemów sterowania procesami technologicznymi elektrowni jądrowych. Część 6 określa zasady weryfikacji zgodności wyrobów z wymogami w zakresie niezawodności podanymi w części 2. |
| Standard jądrowy dla układów АКPIА | GOST 25804.7 | <p>GOST 25804.7 Аппаратура, приборы, устройства и оборудование систем управления технологическими процессами атомных электростанций. Методы оценки соответствия требованиям по стойкости, прочности и устойчивости к внешним воздействиям факторам (Апаратура, przyrządy, urządzenia i wyposażenie systemów sterowania procesami technologicznymi elektrowni jądrowych. Metody oceny zgodności z wymogami w zakresie wytrzymałości, trwałości i odporności na czynniki zewnętrzne)</p> | Standard przedstawia wymogi dotyczące urządzeń wchodzących w skład systemów sterowania procesami technologicznymi elektrowni jądrowych. Część 7 określa zasady weryfikacji zgodności wyrobów z wymogami w zakresie wytrzymałości, trwałości i odporności na czynniki zewnętrzne podanymi w części 3. |

| | | | |
|-----------------------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla układów АКРА | GOST 25804.8 | GOST 25804.8 Аппаратура, приборы, устройства и оборудование систем управления технологическими процессами атомных электростанций. Методы оценки соответствия общим конструктивно-техническим требованиям <i>(Aparatura, przyrządy, urządzenia i wyposażenie systemów sterowania procesami technologicznymi elektrowni jądrowych. Metody oceny zgodności z ogólnymi wymogami konstrukcyjnymi i technicznymi)</i> | GOST 25804.8 Standard przedstawia wymogi dotyczące urządzeń wchodzących w skład systemów sterowania procesami technologicznymi elektrowni jądrowych. Część 8 określa zasady weryfikacji zgodności wyrobów z wymogami projektowymi podanymi w części 4. |
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej | GOST 26344.0 | GOST 26344.0 Аппаратура ядерного приборостроения для атомных станций. Основные положения <i>(Jądrowa aparatura pomiarowa dla elektrowni jądrowych. Zasady ogólne)</i> | Standard określa zasady dla jądrowej aparatury pomiarowej stosowanej w elektrowniach jądrowych w układach sterowania, regulacji i zabezpieczeń reaktorów jądrowych oraz monitoringu bezpieczeństwa jądrowego w elektrowniach jądrowych. |
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej | GOST 27452 | GOST 27452 Аппаратура контроля радиационной безопасности на атомных станциях. Общие технические требования <i>(Aparatura do monitoringu bezpieczeństwa radiologicznego w elektrowniach jądrowych. Ogólne wymogi techniczne)</i> | Standard określa wymogi techniczne dla aparatury wykorzystywanej do monitoringu bezpieczeństwa radiologicznego poprzez pomiar parametrów charakteryzujących pola i źródła promieniowania jonizującego oraz efekty oddziaływania promieniowania na środowisko, stosowanej w elektrowniach jądrowych i w ich otoczeniu. |
| Standard jądrowy w zakresie kompatybilności elektromagnetycznej | GOST 32137 | GOST 32137 Совместимость технических средств электромагнитная. Технические средства для атомных станций. Требования и методы испытаний | Standard wprowadza wymogi w zakresie kompatybilności elektromagnetycznej wszelkich urządzeń stosowanych w elektrowniach jądrowych oraz metodykę weryfikacji takiej kompatybilności. |

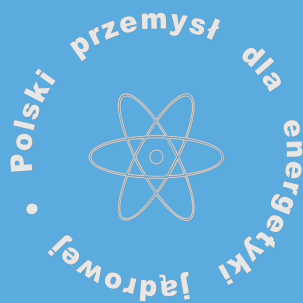
| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (rosyjski i polski) | Opis |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | <i>(Elektromagnetyczna kompatybilność środków technicznych. Środki techniczne dla elektrowni jądrowych. Wymogi i metody prób)</i> | |
| Standard jądrowy dla aparatury pomiarowej | GOST R 8.565 | Государственная система обеспечения единства измерений. Метрологическое обеспечение атомных станций. Основные положения (Państwowy system zapewnienia zgodności pomiarów. Zasady metrologii stosowane w elektrowniach jądrowych. Zasady ogólne) | Standard wprowadza podstawowe zasady i wymogi w zakresie urządzeń pomiarowych stosowanych w elektrowniach jądrowych i ich eksploatacji. |
| Standard jądrowy dla układów AKPIA | GOST R MEK 60709 | Атомные станции. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Разделение (Elektrownie jądrowe. Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka istotna z punktu widzenia bezpieczeństwa. Separacja) | Implementacja IEC 60709. Standard definiuje wymogi techniczne dla układów AKPIA ważnych dla zachowania bezpieczeństwa jądrowego oraz okablowania tych układów mające na celu osiągnięcie wystarczającej fizycznej separacji pomiędzy redundantnymi elementami systemu oraz pomiędzy różnymi systemami. |
| Standard jądrowy dotyczący oprogramowania stosowanego w systemach bezpieczeństwa | GOST R MEK 60880 | Атомные электростанции. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Программное обеспечение компьютерных систем, выполняющих функции категории А (Elektrownie jądrowe. Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka istotna dla zapewnienia bezpieczeństwa. Aspekty programowe systemów komputerowych pełniących funkcje kategorii А) | Implementacja IEC 60880. Standard określa wymogi dla oprogramowania układów AKPIA stosowanych w systemach bezpieczeństwa elektrowni jądrowych należących do kategorii А zgodnie z definicją IEC 61226. Przedstawiono wymogi mające na celu uzyskanie oprogramowania o wysokiej niezawodności. W standardzie opisano wszystkie etapy tworzenia oprogramowania oraz jego dokumentacji, w tym wymogi dla specyfikacji, projektu, wdrożenia, weryfikacji, walidacji oraz użytkowania. |

| | | | |
|------------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla układów AKPIA | GOST R MEK 60964 | GOST R MEK 60964 Атомные станции. Пункты управления. Проектирование (<i>Elektrownie jądrowe – Nastawnie – Projektowanie</i>) | Implementacja IEC 60964. Standard określa funkcjonalne wymogi projektowe dla głównych nastawni blokowych elektrowni jądrowych zapewniające spełnienie wymogów eksploatacyjnych i związanych z bezpieczeństwem. Przedstawiono także funkcjonalne wymogi dla interfejsu dotyczące obsady nastawni oraz interfejsów człowiek-maszyna. |
| Standard jądrowy dla układów AKPIA | GOST R MEK 60987 | GOST R MEK 60987 Атомные станции. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Требования к разработке аппаратного обеспечения компьютеризованных систем (<i>Elektrownie jądrowe. Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka ważna z punktu widzenia bezpieczeństwa. Wymogi sprzętowe dla układów komputerowych</i>) | Implementacja IEC 60987. Standard określa wymogi dla sprzętu komputerowego stosowanego w układach sterowania Klasy 1 i 2 (wg definicji IEC 61513) w elektrowniach jądrowych. |
| Standard jądrowy dla układów AKPIA | GOST R MEK 61225 | GOST R MEK 61225 Атомные станции. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Требования к электроснабжению (<i>Elektrownie jądrowe. Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka istotna dla bezpieczeństwa. Wymogi w zakresie zasilania</i>) | Implementacja IEC 61225. Standard określa parametry i charakterystyki funkcjonalne układów zasilania w energię elektryczną dla układów AKPIA istotnych dla bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w elektrowniach jądrowych. Standard określa także zalecenia dotyczące możliwości wykorzystania tych samych układów zasilania dla innych systemów AKPIA. Standard określa metody wdrożenia wytycznych MAEA NSG-1.3. |

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (rosyjski i polski) | Opis |
|------------------------------------|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla układów AKPIA | GOST R MEK 61226 | <p>GOST R MEK 61226 Атомные станции. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Классификация функций контроля и управления (<i>Elektrownie jądrowe. Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka istotna dla zapewnienia bezpieczeństwa - Klasyfikacja funkcji AKPIA</i>)</p> | <p>Implementacja IEC 61226. Standard wprowadza zasady klasyfikacji funkcji układów automatyki i sterowania w elektrowniach jądrowych z uwagi na ich istotność dla zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej. Dla poszczególnych klas określone są szczególne kryteria projektowe. Klasyfikacja ma zastosowanie do wszystkich funkcji informatycznych i sterujących oraz układów AKPIA w elektrowniach jądrowych.</p> |
| Standard jądrowy dla układów AKPIA | GOST R MEK 61500 | <p>GOST R MEK 61500 Атомные станции. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Передача данных в системах, выполняющих функции категории А (<i>Elektrownie jądrowe. Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka istotna z punktu widzenia bezpieczeństwa. Przesył danych w systemach realizujących funkcje kategorii A</i>)</p> | <p>Implementacja IEC 61500. Standard określa wymogi dla przesyłu danych wykorzystywanych w systemach realizujących funkcje kategorii A w elektrowniach jądrowych. Określono także wymogi dla interfejsu wymiany danych pomiędzy urządzeniami realizującymi funkcje kategorii A a urządzeniami realizującymi funkcje kategorii B i C niezależnie z punktu widzenia bezpieczeństwa.</p> |
| Standard jądrowy dla układów AKPIA | GOST R MEK 61513 | <p>GOST R MEK 61513 Атомные станции. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Общие требования (<i>Elektrownie jądrowe. Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka dla systemów ważnych z punktu widzenia bezpieczeństwa - Ogólne wymogi dla układów</i>)</p> | <p>Implementacja IEC 61513. Standard określa wymogi i zalecenia dotyczące ogólnej architektury układów AKPIA wykorzystujących urządzenia programowane sprzętowo lub programowo stosowane w elektrowniach jądrowych.</p> |

| | | | |
|------------------------------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dla układów AKPIA | GOST R MEK 62138 | GOST R MEK 62138 Атомные электростанции. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Программное обеспечение компьютерных систем, выполняющих функции категорий В и С (<i>Elektrownie jądrowe. Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka istotna dla zapewnienia bezpieczeństwa. Aspekty programowe systemów komputerowych pełniących funkcje kategorii B lub C</i>) | Implementacja IEC 62138. Standard określa wymogi dla oprogramowania komputerowych systemów AKPIA pełniących funkcje związane z bezpieczeństwem kategorii B lub C zgodnie z klasyfikacją podaną w IEC 61226. Standard stanowi uzupełnienie dokumentu IEC 60880 dotyczącego urządzeń kategorii A oraz uzupełnienie wymogów podanych w IEC 61513. |
| Standard jądrowy dla układów AKPIA | GOST R MEK 62340 | GOST R MEK 62340 Атомные станции. Системы контроля и управления, важные для безопасности. Требования по предотвращению отказов по общей причине (<i>Elektrownie jądrowe. Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka istotna dla zapewnienia bezpieczeństwa - Wymogi w zakresie unikania awarii o wspólnej przyczynie (CCF)</i>) | Implementacja IEC 62340. Standard określa wymogi związane z możliwością wystąpienia awarii o wspólnej przyczynie w układach AKPIA realizujących funkcje kategorii A w elektrowniach jądrowych. |
| Standard jądrowy dla układów AKPIA | GOST R MEK 62385 | GOST R MEK 62385 Атомные станции. Контроль и управление, важные для безопасности. Методы оценки рабочих характеристик измерительных каналов систем безопасности (<i>Elektrownie jądrowe. Aparatura kontrolno-pomiarowa i automatyka istotna dla zapewnienia bezpieczeństwa. Metody oceny jakości działania kanałów pomiarowych системов безопасности</i>) | Implementacja IEC 62385. Standard definiuje wymogi dla weryfikacji prawidłowego działania kanałów aparatury pomiarowej w ramach systemu bezpieczeństwa poprzez sprawdzenie czasu odpowiedzi, weryfikację kalibracji i stosowanie innych środków. Te same wymogi mogą być stosowane do potwierdzenia wystarczającej jakości działania systemów niezwiązanych z bezpieczeństwem i innych torów pomiarowych. |

| Zakres ogólny | Numer normy | Tytuł normy (rosyjski i polski) | Opis |
|------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Standard jądrowy dotyczący układów awaryjnego zasilania elektrowni jądrowych | PNAE G-9-026 | PNAE G-9-026 Общие положения по устройству и эксплуатации систем аварийного электроснабжения атомных станций (<i>Ogólne zasady konstruowania i eksploatacji układów awaryjnego zasilania elektrowni jądrowych</i>) | Standard określa zasadnicze wymogi dla układu awaryjnego zasilania w energię elektryczną układów bezpieczeństwa elektrowni jądrowej stosowane na etapie projektowania, wytwarzania urządzeń, montażu, prób i eksploatacji. |
| Standard jądrowy dotyczący układów awaryjnego zasilania elektrowni jądrowych | PNAE G-9-027 | PNAE G-9-027 Правила проектирования систем аварийного электроснабжения атомных станций (<i>Zasady projektowania układów awaryjnego zasilania elektrowni jądrowych</i>) | Standard określa zasady projektowania układów awaryjnego zasilania w energię elektryczną układów bezpieczeństwa nowobudowanych i modernizowanych elektrowni jądrowych. |



ISBN 978-83-61163-71-8