



**System
Elektroenergetyczny:
Bezpieczeństwo
Operacyjne i Rynkowe**

Magazyny energii elektrycznej – wymagania techniczne a bezpieczeństwo pracy KSE

Dr inż. Łukasz Topolski

Kazimierz Dolny, 17–19 marca 2026 r.

Agenda



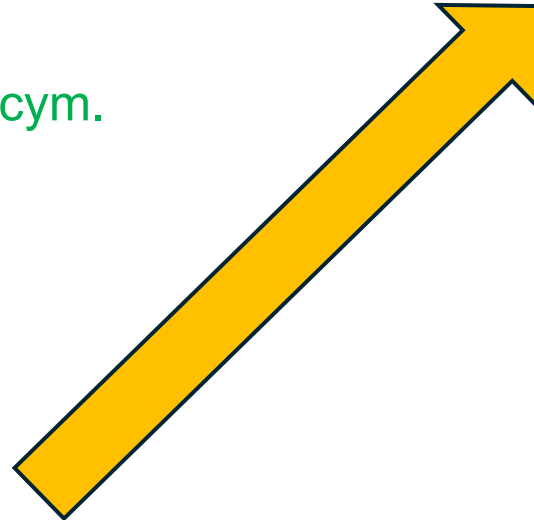
- Aktualny stan regulacyjny – wymagania techniczne dla MEE,
- Wymagania techniczne mające wpływ na bezpieczeństwo pracy KSE,
- Podsumowanie,
- Grupa robocza przy Polskim Stowarzyszeniu Magazynowania Energii (PSME).

Jak magazyny energii są postrzegane przez Inwestorów?



Co Inwestor rozumie pod pojęciem „Magazyn energii elektrycznej”:

- Udział MEE w arbitrażu,
- Udział MEE w rynku mocy,
- Udział MEE w rynku bilansującym.
- Udział MEE w rynku usług elastyczności



Z czego Inwestor nie zdaje sobie sprawy:

- Wymagania w zakresie współpracy MEE z siecią elektroenergetyczną:
 - Rozruch autonomiczny,
 - Praca wyspowa,
 - Inercja syntetyczna,
 - Tłumienie oscylacji
 - itd. (lista dodatkowych wymagań jest długa ...).
- Dostosowanie sterownika EMS do realizowania funkcji rynkowych oraz zapewnienie poprawnej integracji MEE z siecią.

Gdyby Inwestor miał świadomość tych wymagań, to zapewne nie budowałby MEE ...

Aktualny stan regulacyjny – wymagania techniczne dla MEE



Jubileusz:

ROZPORZĄDZENIE KOMISJI (UE) 2016/631

z dnia 14 kwietnia 2016 r.

ustanawiające kodeks sieci dotyczący wymogów w zakresie przyłączenia jednostek wytwórczych do sieci

(Tekst mający znaczenie dla EOG)

Aktualny stan regulacyjny – wymagania techniczne dla MEE



Jubileusz:

2. Niniejsze rozporządzenie nie ma zastosowania do:
 - d) urządzeń magazynowania, z wyjątkiem szczytowo-pompowych modułów wytwarzania energii zgodnie z art. 6 ust. 2.

Aktualny stan regulacyjny – wymagania techniczne dla MEE



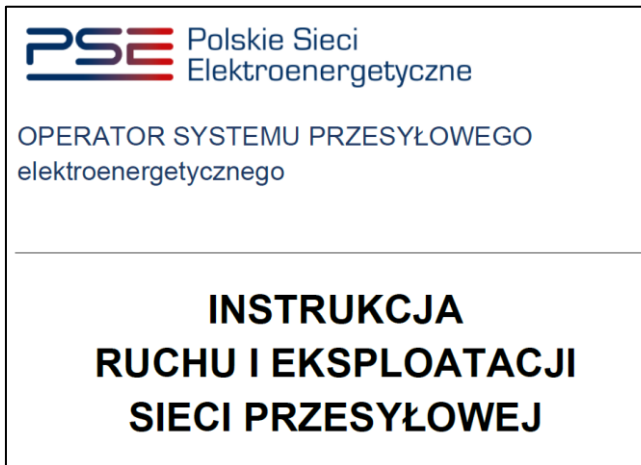
Obecnie wymagania techniczne dla MEE są rozproszone w różnych dokumentach:



Załącznik 1

SZCZEGÓŁOWE WYMAGANIA TECHNICZNE DLA JEDNOSTEK WYTWÓRCZYCH ORAZ MAGAZYNÓW ENERGII ELEKTRYCZNEJ PRZYŁĄCZANYCH I PRZYŁĄCZONYCH DO SIECI DYSTRYBUCYJNEJ

10. WYMAGANIA TECHNICZNE DLA MAGAZYNÓW ENERGII ELEKTRYCZNEJ PRZYŁĄCZANYCH LUB PRZYŁĄCZONYCH DO SIECI DYSTRYBUCYJNEJ TAURON DYSTRYBUCJA.



3.5. Wymagania dla MEE przyłączonych przez układy energoelektroniczne do sieci o napięciu 110 kV lub wyższym

Aktualny stan regulacyjny – wymagania techniczne dla MEE



Obecnie wymagania techniczne dla MEE są rozporoszone w różnych dokumentach:

PSE Polskie Sieci
Elektroenergetyczne

Warszawa, dnia 28 kwietnia 2023 r.

Poz. 819

ROZPORZĄDZENIE
MINISTRA KLIMATU I ŚRODOWISKA¹⁾

z dnia 22 marca 2023 r.

w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego^{2), 3)}

Załącznik 1

WYMAGANIA TECHNICZNE DLA PRZYŁĄCZANYCH DO SIECI URZĄDZEŃ, INSTALACJI I SIECI ORAZ WYMAGANIA TECHNICZNE DOTYCZĄCE FUNKCJONOWANIA SIECI ELEKTROENERGETYCZNYCH I ZAPEWNIANIA PRZEZ NIE BEZPIECZEŃSTWA PRACY KRAJOWEGO SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO

CZĘŚĆ III. WYMAGANIA TECHNICZNE DLA MAGAZYNÓW ENERGII ELEKTRYCZNEJ, PRZYŁĄCZONYCH DO SIECI POPRZEC UKŁADY ENERGOELEKTRONICZNE

KRYTERIA I WYMAGANIA TECHNICZNE DLA OBIEKTÓW WCHODZĄCYCH W SKŁAD „WYKAZU SGU ODPOWIEDZIALNYCH ZA WDROŻENIE W SVOICH INSTALACJACH ŚRODKÓW WYNIKAJĄCYCH Z OBOWIĄZKOWYCH WYMOGÓW OKREŚLONYCH W ROZPORZĄDZENIACH (UE) 2016/631, (UE) 2016/1388 I (UE) 2016/1447 LUB Z PRZEPISÓW KRAJOWYCH ORAZ WYKAZ ŚRODKÓW, KTÓRE MAJĄ BYĆ WDRAŻANE PRZEZ PRZEDMIOTOWYCH SGU OKREŚLONYCH PRZEZ OSP ZGODNIE Z ART. 11 UST. 4 LIT. C) I ART. 23 UST. 4 LIT. C) (ROZPORZĄDZENIA KOMISJI (UE) 2017/2196 Z DNIA 24 LISTOPADA 2017 R. USTANAWIAJĄCEGO KODEKS SIECI DOTYCZĄCY STANU ZAGROŻENIA I STANU ODBUDOWY SYSTEMÓW ELEKTROENERGETYCZNYCH)”

- 5.1. jako SGU istotne dla Planu obrony systemu, zgodnie z art. 11 ust. 4 lit. c) NC ER – zostają wskazane Magazyny Energii Elektrycznej o mocy równej 10 MW lub wyższej i pojemności 40 MWh lub wyższej, przy czym oba te warunki muszą być spełnione łącznie,
- 5.2. jako SGU istotne dla Planu odbudowy, zgodnie z art. 23 ust. 4 lit. c) NC ER – zostają wskazane Magazyny Energii Elektrycznej o mocy równej 10 MW lub wyższej i pojemności 40 MWh lub wyższej, przy czym oba te warunki muszą być spełnione łącznie, a także Magazyny Energii Elektrycznej dostawców usług w zakresie odbudowy,
- 5.3. jako środki techniczne, które muszą być wdrożone przez SGU wymienionych w pkt. 5.1 i 5.2 (zgodnie z art. 11 ust. 4 lit. c) i art. 23 ust. 4 lit. c) NC ER) – zostają wskazane wybrane wymagania techniczne zawarte w Instrukcji Ruchu i Eksploatacji Sieci Przesyłowej (IRiESP) oraz Załączniku do Rozporządzenia MKiS z dnia 22 marca 2023 r. w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego.

Aktualny stan regulacyjny – wymagania techniczne dla MEE



Operatorzy sieciowi traktują MEE następująco:

Operatorzy Systemów Dystrybucyjnych



- ✓ Obowiązuje podział MEE na typu A, B, C oraz D,
- ✓ Dla MEE typu B i C obowiązuje procedura PGMD,
- ✓ Dla MEE typu D obowiązuje procedura EON, ION oraz FON

Operator Systemu Przesyłowego



- ✓ MEE nie są traktowane jak moduły wytwarzania energii zgodnie z kodeksem sieci NC RfG,
- ✓ Operator określa wymagania dla MEE w Warunkach Przyłączenia bazując na zapisach IRiESP, Rozporządzenia systemowego oraz kodeksu sieci NC ER (SGU)
- ✓ Brak standardowych programów ramowych testów,
- ✓ Każdy program testów jest indywidualnie opracowywany i uzgadniany z OSP.

Aktualny stan regulacyjny – wymagania techniczne dla MEE



Operatorzy sieciowi traktują MEE następująco:

Operatorzy Systemów Dystrybucyjnych

CO Z OSDn ?

- ✓ Obowiązuje podział MEE na typu A, B, C oraz D,
- ✓ Dla MEE typu B i C obowiązuje procedura PGMD,
- ✓ Dla MEE typu D obowiązuje procedura EON, ION oraz FON

Operator Systemu Przesyłowego

PSE Polskie Sieci
Elektroenergetyczne



- ✓ MEE nie są traktowane jak moduły wytwarzania energii zgodnie z kodeksem sieci NC RfG,
- ✓ Operator określa wymagania dla MEE w Warunkach Przyłączenia bazując na zapisach IRIESP, Rozporządzenia systemowego oraz kodeksu sieci NC ER (SGU)
- ✓ Brak standardowych programów ramowych testów,
- ✓ Każdy program testów jest indywidualnie opracowywany i uzgadniany z OSP.

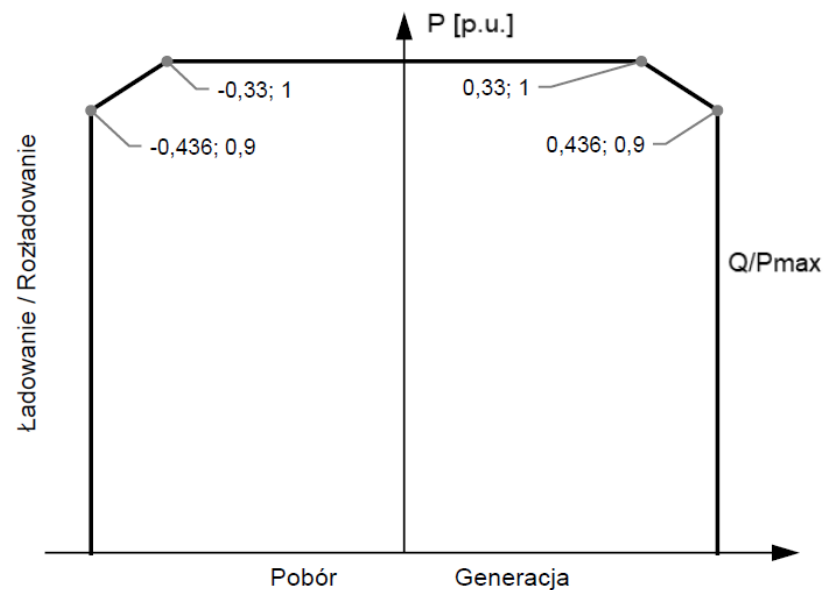
Wymagania techniczne mające wpływ na bezpieczeństwo pracy KSE



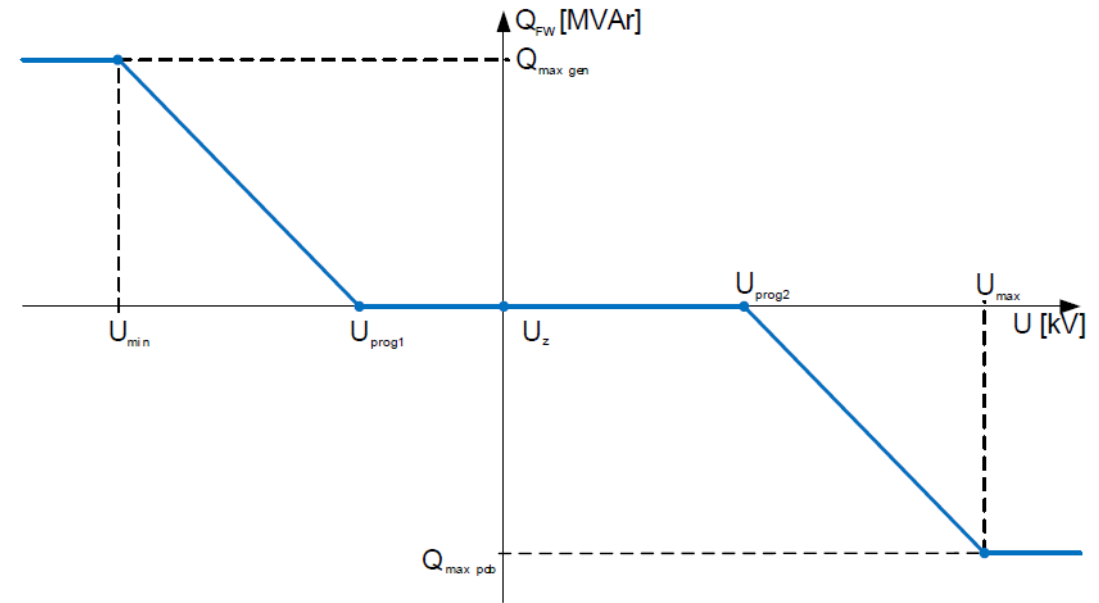
Wymagania techniczne dla MEE można podzielić na:

1. Wymagania w stanie ustalonym:

- Zdolność do pracy w trybie regulacji mocy czynnej, mocy biernej, współczynnika mocy oraz napięcia przez operatora sieciowego, do którego jest przyłączony MEE



Wymagany profil P-Q/Pmax w trybie ładowania i rozładowania dla MEE przyłączonych do sieci o napięciu ≥ 110 kV



Wymagany profil $Q(U)$ dla MEE przyłączonych do sieci o napięciu ≥ 110 kV

Wymagania techniczne mające wpływ na bezpieczeństwo pracy KSE



Wymagania techniczne dla MEE można podzielić na:

1. Wymagania w stanie ustalonym:

➤ Zdolność do pracy w szerokim zakresie napięć i częstotliwości

Dla napięcia przyłączenia 110 kV lub 220 kV

Zakres napięcia [j.w.]	Czas pracy [min]
0,85–0,90	60
0,90–1,118	nieograniczony
1,118–1,15	60

Dla napięcia przyłączenia 400 kV

Zakres napięcia [j.w.]	Czas pracy [min]
0,85–0,90	60
0,90–1,05	nieograniczony
1,05–1,10	60

Wymagany zakres pracy przy zmianach częstotliwości

Zakres [Hz]	Czas pracy [min]
47,5–48,5	30
48,5–49,0	30
49,0–51,0	nieograniczony
51,0–51,5	30

Wymagania techniczne mające wpływ na bezpieczeństwo pracy KSE



Wymagania techniczne dla MEE można podzielić na:

1. Wymagania w stanie ustalonym:

- Zdolność do pracy w trybie LFSM-O, LFSM-U oraz FSM

Wymagania Operatorów Systemów Dystrybucyjnych

Tryb LFSM-O

Magazyny energii elektrycznej, które są w trybie ładowania, w momencie, gdy częstotliwość przekroczy próg częstotliwości dla trybu LFSM-O (50,2 Hz – 50,5 Hz, wartość domyślna 50,2 Hz) nie powinny zmniejszać mocy ładowania poniżej chwilowej mocy czynnej, dopóki częstotliwość nie powróci poniżej progu częstotliwości. Zaleca się, aby magazyny energii elektrycznej zwiększały moc ładowania zgodnie ze skonfigurowanym statyzmem (w zakresie 2 do 12%, wartość domyślna 5%). Dopuszcza się zmniejszenie mocy ładowania w przypadku osiągnięcia maksymalnej pojemności ładowania oraz w celu uniknięcia wystąpienia wzrostu ryzyk uszkodzenia sprzętu lub zagrożeń otoczenia.

Magazyny energii elektrycznej, które są w trybie rozładowania, w odpowiedzi na przekroczenie progu częstotliwości, powinny zmniejszać moc rozładowania zgodnie ze skonfigurowanym statyzmem.

Tryb LFSM-U

Magazyny energii elektrycznej, które są w trybie rozładowania, w momencie, gdy częstotliwość przekroczy próg częstotliwości dla trybu LFSM-U (49,8 Hz - 49,5 Hz, wartość domyślna 49,8 Hz) nie powinny zmniejszać mocy rozładowania poniżej chwilowej mocy czynnej, dopóki częstotliwość nie powróci powyżej progu częstotliwości. Zaleca się, aby magazyny energii elektrycznej zwiększały moc rozładowania zgodnie ze skonfigurowanym statyzmem (w zakresie 2 do 12%, wartość domyślna 5%). Dopuszcza się zmniejszenie mocy rozładowania w przypadku osiągnięcia minimalnej pojemności oraz w celu uniknięcia wystąpienia wzrostu ryzyk uszkodzenia sprzętu lub zagrożeń otoczenia.

Magazyny energii elektrycznej, które są w trybie ładowania w odpowiedzi na przekroczenie progu częstotliwości powinny obniżać moc ładowania zgodnie ze skonfigurowanym statyzmem.

Wymagania techniczne mające wpływ na bezpieczeństwo pracy KSE



Wymagania techniczne dla MEE można podzielić na:

1. Wymagania w stanie ustalonym:

- Zdolność do pracy w trybie LFSM-O, LFSM-U oraz FSM

Wymagania Operatorów Systemów Dystrybucyjnych

Tryb FSM

- ✓ Brak zdefiniowanych wymagań w tym zakresie,
- ✓ Czy tryb FSM również powinien być parametryzowany jak tryby LFSM-O i LFSM-U, tj. osobno dla generacji i poboru energii ???

Wymagania Operatora Systemu Przesyłowego

Tryb LFSM-O, LFSM-U oraz FSM

- ✓ Brak zdefiniowanych wymagań w tym zakresie,
- ✓ Czy tryby LFSM-O, LFSM-U oraz FSM powinny być konfigurowane osobno dla generacji i poboru energii ???

Wymagania techniczne mające wpływ na bezpieczeństwo pracy KSE



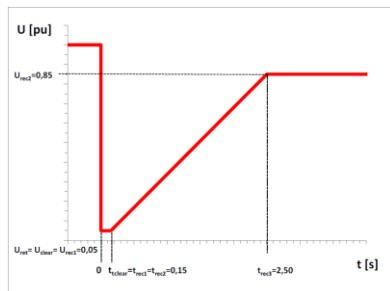
Wymagania techniczne dla MEE można podzielić na:

2. Wymagania w stanie dynamicznym:

- Zdolność do pracy w trybie FRT, pozwarcowego odtworzenia mocy czynnej oraz wprowadzania szybkiego prądu zwarcowego

Wymagania Operatorów Systemów Dystrybucyjnych

- ✓ Obowiązują wymagania wynikające z kodeksu sieci NC RfG (**tylko w zakresie generacji energii**)



$$\Delta I_{Q1} = K_1 \cdot \Delta U_1, \text{ gdzie: } \Delta U_1 = \begin{cases} 0; & U_1 \geq U_{trig} \\ \frac{U_1 - \overline{U}_1}{U_n}; & U_1 < U_{trig} \end{cases}$$

$$\Delta I_{Q2} = K_2 \cdot \Delta U_2, \text{ gdzie } \Delta U_2 = \frac{(U_2 - \overline{U}_2)}{U_n}$$

Wymagania Operatora Systemu Przesyłowego

- ✓ Obowiązują wymagania wynikające z rozporządzenia systemowego tylko w zakresie FRT i **tylko dla generacji energii**,
- ✓ **Czy zdolność do wprowadzania szybkiego prądu zwarcowego nie jest wymagana ???**
- ✓ **Czy zdolność do pozwarcowego odtworzenia mocy czynnej nie jest wymagana ???**

✓ **Czy powyższe zdolności nie powinny być również zdefiniowane dla poboru energii ???**

Wymagania techniczne mające wpływ na bezpieczeństwo pracy KSE



Wymagania techniczne dla MEE można podzielić na:

3. Wymagania w zakresie odbudowy systemu

Wymagania Operatora Systemu Przesyłowego

- ✓ Zgodnie z dokumentem „*Kryteria i wymagania techniczne dla obiektów wchodzących w skład SGU*”, MEE o mocy ≥ 10 MW i pojemności ≥ 40 MWh (oba warunki muszą być spełnione łącznie) są traktowane jako SGU, tj. muszą spełniać dodatkowe wymagania z planu odbudowy systemu. Takie MEE muszą posiadać zdolność do:
- **Rozruchu autonomicznego (*blackstart*)**, gdzie czas trwania liczony od otrzymania polecenia uruchomienia do zasilenia rozdzielni sieciowej, do której jest przyłączony MEE, powinien być nie dłuższy niż 15 minut,
 - **Podania napięcia na będące w stanie bez napięcia szyny rozdzielni sieciowej**, do której przyłączony jest MEE,
 - **Pracy wyspowej.**

Wymagania techniczne mające wpływ na bezpieczeństwo pracy KSE



Wymagania techniczne dla MEE można podzielić na:

3. Wymagania w zakresie odbudowy systemu

Wymagania Operatora Systemu Przesyłowego

- ✓ Obecnie w wydawanych Warunkach Przyłączenia OSP oczekuje od MEE również zdolności do pracy w trybie kształtowania parametrów sieci (*Grid-forming*) polegającej na:
 - Zachowaniu MEE jako źródła napięciowego,
 - Zapewnieniu inercji syntetycznej,
 - Tłumieniu oscylacji.

Obecnie żaden dokument (np. Wymogi Ogólnego Stosowania 2.0, Rozporządzenie systemowe, IRiESP) nie zawiera kryteriów parametryzacji oraz aktywacji ww. funkcjonalności !!!

Podmiot przyłączany dostaje jedynie enigmatyczną informację, że szczegółowy zakres rozwiązań technicznych, w tym sposób sterowania i aktywacji powyższych trybów należy uzgodnić z OSP na etapie projektowania MEE !!!

W jaki sposób producenci MEE (falowników, EMS-ów, DCS-ów) mają spełnić powyższe wymagania bez znajomości kryteriów ???

Podsumowanie



- Brak jednolitych wymagań dla MEE w zakresie wymaganych przez OSD i OSP zdolności w stanie ustalonym, dynamicznym oraz w zakresie odbudowy systemu,
- Brak zdefiniowanych części wymagań uniemożliwia producentom MEE dostosowanie swoich produktów do potrzeb KSE,
- Biorąc pod uwagę skalę wydanych warunków przyłączenia dla MEE, sytuacja ta będzie niestety prowadzić do pogorszenia bezpieczeństwa pracy systemu.

Konieczne jest bardzo pilne opracowanie jednolitych wymagań dla MEE przyłączanych na wszystkich poziomach napięcia !!!

W proces ten powinny być zaangażowane następujące podmioty:

- Ministerstwo Klimatu i Środowiska,
 - Urząd Regulacji Energetyki,
- Operatorzy Sieciowi (OSD i ODP),
 - Stowarzyszenia branżowe,
- Firmy eksperckie wykonujące testy i symulacje,
- Producenci MEE (falowników, EMS-ów, DCS-ów).

Grupa robocza przy PSME



W odpowiedzi na powyższe wyzwania, w ramach **Polskiego Stowarzyszenia Magazynowania Energii**, powołano **Zespół roboczy ds. Wymagań Technicznych, Modelowania i Testowania Magazynów Energii**.

Celem grupy roboczej jest:

1. Opracowanie jednolitych wymagań technicznych dla MEE,
2. Opracowanie metodyki potwierdzania wymaganych zdolności poprzez testy i symulacje,
3. Opracowanie procedur i metod badań pozakodeksowych (np. rzeczywistej pojemności, sprawności, mocy pobieranej na potrzeby własne),
4. Konsultacja opracowanego materiału z branżą oraz jego implementacja.

Kontakt:

Koordynator grupy roboczej: dr inż. Łukasz Topolski, e-mail: lukasz.topolski@enersim.pl

Zapisy do grupy: Magdalena Statucka, e-mail: magdalena.statucka@psme.org.pl

Serdecznie zapraszamy do zapisywania się do grupy roboczej !!!

Literatura



1. Rozporządzenie Komisji (UE) 2016/631 z dnia 14 kwietnia 2016 roku ustanawiające kodeks sieci dotyczący wymogów w zakresie przyłączania jednostek wytwórczych do sieci, Unia Europejska, 2016.
2. Rozporządzenie Komisji (UE) 2017/2196 z dnia 24 listopada 2017 roku ustanawiające kodeks sieci dotyczący stanu zagrożenia i stanu odbudowy systemów elektroenergetycznych, Unia Europejska, 2017.
3. Wymogi ogólnego stosowania wynikające z Rozporządzenia Komisji (UE) 2016/631 z dnia 14 kwietnia 2016 r. ustanawiającego kodeks sieci dotyczący wymogów w zakresie przyłączenia jednostek wytwórczych do sieci (NC RfG), wersja 2.0., PSE S.A., 2025.
4. Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 22 marca 2023 roku w sprawie szczegółowych warunków funkcjonowania systemu elektroenergetycznego, Dz. U. 2023 poz. 829, Warszawa, 2023.
5. Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej, Tauron Dystrybucja S.A., Kraków, 2025.
6. Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Przesyłowej, PSE S.A., Konstancin-Jeziorna, 2025.
7. Plan Testów na podstawie art. 43 ust. 2 Rozporządzenia Komisji (UE) 2017/2196 z dnia 24 listopada 2017 roku ustanawiającego kodeks sieci dotyczący stanu zagrożenia i stanu odbudowy systemów elektroenergetycznych, PSE S.A., Konstancin-Jeziorna, 2020.
8. Kryteria i wymagania techniczne dla obiektów wchodzących w skład „Wykazu SGU odpowiedzialnych za wdrożenie w swoich instalacjach środków wynikających z obowiązkowych wymogów określonych w rozporządzeniach (UE) 2016/631, (UE) 2016/1388 i (UE) 2016/1447”, PSE S.A., Konstancin-Jeziorna, 2025.
9. Procedura testowania modułów wytwarzania energii wraz z podziałem obowiązków między właścicielem zakładu wytwarzania energii a operatorem systemu na potrzeby testów, wersja 3.0, PTPiREE, 2025.



Dziękuję za uwagę

- Dr inż. Łukasz Topolski
- lukasz.topolski@enersim.pl