

ZAKRES I WARUNKI WYKONANIA EKSPERTYZY

1. Specyfikacja techniczna źródła.

- 1.1. Przyłączenie elektrowni fotowoltaicznej Chabielice o mocy przyłączeniowej wprowadzanej 8 MW (moc zainstalowana 8 MW) zlokalizowanej w miejscowości Chabielice, woj. łódzkie, powiat bełchatowski, Gmina Szczerców, obręb Chabielice - dz. nr 663/3, 677/2, 687/5, 687/6, 687/8, 714/2, 738/3, 918, 925, obręb Chabielice Kolonia - dz. nr 1357, 1358, 208/3, 209/4, 210/2, 211/2, 217/2, 217/4, 218, 221, 870, 871/5, 1474, 413/21, 413/24, 413/27, 413/29, 413/4, 414/2, 415/2, 416/2, 467/3, 550/6, 551, 552/3, 554/6, 555/6, 556/6, 557/11, 557/14, 558/6, 559/6, 560/6, 561/6, 562/6, 563/6, 564/12 - na potrzeby własne PGE GiEK S.A. Oddziału Kopalnia Węgla Brunatnego Bełchatów.
- 1.2. Planowane miejsce przyłączenia:
 - słup linii kablowo-napowietrznej 30kV w linii 30kV nr LK44, zasilany ze stacji 110/30kV SGS-5 „Chabielice”.
- 1.3. Miejsce odbioru/dostarczania energii elektrycznej:
 - stacja transformatorowo-rozdzielcza 110/30kV SGS-5 „Chabielice” (SGS - stacja główna systemowa).
- 1.5. W celu poprawnej rejestracji i późniejszej identyfikacji farmy fotowoltaicznej w opracowanej ekspertyzie należy się posługiwać nazwą: elektrownia fotowoltaiczna „EF Chabielice”.
- 1.6. Schemat: planowane miejsce przyłączenia i rozgraniczenia własności:

2. Analiza rozptyłów mocy czynnej i biernej.

2.1. Analiza rozptyłów mocy w ciągu liniowym SN i sekcji stacji 110/30kV współpracującymi z przyłączanym źródłem - analiza ma wykazać wpływ źródła na rozptyły mocy czynnej i biernej oraz na poziomy napięcie na szynach SN - 30 kV stacji 110/30 kV (system nr 1I), do której planowane jest przyłączenie.

a. Analizę należy wykonać na podstawie zamodelowanego układu sieci SN w układzie normalnym, uwzględniającej długości i przekroje poszczególnych odcinków linii SN, przy założeniu utrzymywania stałej wartości napięcia na szynach SN w SGS,

b. Analiza powinna zostać wykonana w następujących wariantach:

- W-1 - obciążenie minimalne, praca sieci bez analizowanego źródła, pozostałe elektrownie 100 % generacji przy $\cos\varphi=0,93$;
- W-2 - obciążenie minimalne, praca sieci z analizowanym źródłem; pozostałe elektrownie 100% generacji przy $\cos\varphi=0,93$;
- W-3; obciążenie maksymalne, praca sieci z analizowanym źródłem, pozostałe elektrownie 100% generacji przy $\cos\varphi=0,93$;

2.2. Obliczenia należy wykonać dla: szczytu zimowego, szczytu letniego i doliny letniej. Analiza winna obejmować niezbędny zakres sieci dystrybucyjnej umożliwiający:

a. właściwą ocenę ewentualnych zagrożeń wynikających z przyłączenia do niej planowanego źródła,

b. wyprowadzenie pełnej mocy ze źródła w stanach normalnych i n-1 (odstawiony jeden z transformatorów 110/30 kV w stacji SGS 110/30 kV).

2.3. Wyniki obliczeń należy zamieścić w formie tabelarycznej wg. Tabeli 1 i Tabeli 2 przedstawionej poniżej, ze wskazaniem przyczyny przeciążeń poszczególnych elementów analizowanego układu sieciowego (np. urządzenia i aparatura itp.),

Tabela nr 1: Wyniki analiz rozptylowych w układzie normalnym pracy sieci SN (w stacji 110/30 kV - pracujące dwa transformatory T1 i T2) – W-1; W-2

| Element | Wariant | Model obliczeniowy | Obciążenie | | | | Zakres prac dostosowawczych |
|----------------|---------------------|--------------------|------------------|-----|------------------|-----|-----------------------------|
| | | | Źródło wyłączone | | Źródło załączone | | |
| | W-1, W-2, W-3 | ZS, LS, LD | [A] | [%] | [A] | [%] | - |
| - | 1 | 2 | 3 | | 4 | | 5 |
| TR1 | W-1, W-2 | LD | | | | | brak |
| TR2 | W-1, W-2 | LD | | | | | brak |
| Wyjście linii | W-1, W-2 | LD | | | | | brak |
| Linia przy PCC | W-1, W-2 | LD | | | | | brak |

Tabela nr 2: Wyniki analiz rozptylowych w układzie n-1 pracy sieci SN (w stacji 110/30 kV odstawiony transformator T1 lub T2) – W-1; W-2

PGE GÓRNICSTWO I ENERGETYKA KONWENCJONALNA SPÓŁKA AKCYJNA ODDZIAŁ KOPALNIA WĘGLA BRUNATNEGO BEŁCHATÓW, 97-400 BEŁCHATÓW, SKR. POCZT. 100, UL. ŚW. BARBARY 3, ROGOWIEC

PGE GÓRNICSTWO I ENERGETYKA KONWENCJONALNA SPÓŁKA AKCYJNA Z SIEDZIBĄ W BEŁCHATOWIE, 97-400 BEŁCHATÓW
 UL. WĘGLOWA 5, WPISANA DO KRAJOWEGO REJESTRU SĄDOWEGO PROWADZONEGO PRZEZ SĄD REJONOWY DLA
 ŁÓDZI-ŚRÓDMIEŚCIA, XX WYDZIAŁ GOSPODARCZY W ŁÓDZI KRS: 0000032334,
 NIP: 769-050-24-95, KAPITAŁ ZAKŁADOWY: 6.450.307.050,00 ZŁ, KAPITAŁ W CAŁOŚCI WPLĄCONY, www.pgegiek.pl

| Element | Wariant | Model obliczeniowy | Obciążenie | | | | Zakres prac dostosowawczych |
|----------------|---------------------|--------------------|------------------|-----|------------------|-----|-----------------------------|
| | | | Źródło wyłączone | | Źródło załączone | | |
| | W-1, W-2, W-3 | ZS, LS, LD | [A] | [%] | [A] | [%] | - |
| - | 1 | 2 | 3 | | 4 | | 5 |
| TR1 | W-1, W-2 | LD | - | - | - | - | brak |
| TR2 | W-1, W-2 | LD | - | - | - | - | brak |
| Wyjście linii | W-1, W-2 | LD | | | | | brak |
| Linia przy PCC | W-1, W-2 | LD | | | | | brak |

3. Spełnienie zapasu mocy w węźle WN/SN (stacji 110/30 kV).

3.1 Ocenę dokonuje się dla stanu n-1 stacji SGS 110/30 kV tj. przy pracy jednego transformatora o najmniejszej mocy, zakładając, że długotrwały stopień obciążenia transformatora WN/SN nie może przekroczyć 100%. Porównuje się moc jednostki transformatorowej o najmniejszej mocy w stacji 110/30 kV, powiększoną o minimalne łączne obciążenie mocą czynną transformatora 110/30 kV z sumą mocy czynnych źródeł przyłączonych i planowanych do przyłączenia do sieci SN zasilanej z tej stacji 110/30 kV. Maksymalna moc czynna źródeł przyłączonych i planowanych do przyłączenia nie powinna być większa od sumy mocy znamionowej pozornej transformatora (pomniejszonej o założony $\cos\varphi$ odbioru) oraz minimalnego obciążenia mocą czynną transformatora. Przedmiotowe kryterium jest spełnione gdy spełniona jest poniższa nierówność:

$$P_{(\text{dopuszczalna moc źródeł})} \leq S_{\text{trafo}} \cdot \cos\varphi + P_{\text{min_obc_SGS}}$$

gdzie: $P_{(\text{dopuszczalna moc źródeł})}$ – suma mocy czynnych źródeł,

S_{trafo} - moc pozorna jednostki transformatorowej o najmniejszej mocy w stacji 110/30 kV ,

$\cos\varphi$ - współczynnik mocy, należy przyjąć $\cos\varphi$ odpowiadający $\tan\varphi=0,4$,

$P_{\text{min_obc_SGS}}$ - minimalne obciążenie stacji 110/30 kV mocą czynną,

4. Dopuszczalne zmiany napięcia w sieci elektroenergetycznej wynikające z pracy źródła.

4.1. Ocena możliwości wprowadzenia mocy do węzła będącego miejscem przyłączenia źródła w zakresie dopuszczalnych stanów pracy (wartości napięć) sieci

4.2. Analiza zmian statycznych napięcia w miejscu przyłączenia źródła / (PCC). W przypadku źródła fotowoltaicznego obliczenia należy wykonać dla obciążenia szczytowego (przyjmować obciążenie w okresie letnim w godzinach 08:00-16:00). Dla pozostałych rodzajów źródeł obliczenia przeprowadza się dla obciążenia minimalnego i szczytowego linii.

Wyniki obliczeń przedstawić w formie tabelarycznej wg podanego poniżej wzoru:

Tabela nr 3: Statyczne zmiany napięcia w PCC, stan normalny pracy sieci.

| Element | Wariant W-1, W-2, W-3 | Model | Napięcie przed | | Napięcie po | | ΔU [kV] | δU [%] |
|--|--------------------------|--------------|----------------|---|--------------|---|--------------------|-------------------|
| | | obliczeniowy | przyłączeniem | | przyłączeniu | | | |
| | | ZS, LS, LD | Skrót źródła | | Skrót źródła | | | |
| | | | kV | % | kV | % | | |
| Praca badanej elektrowni z $\cos \phi = 0,93$ poj. | | | | | | | | |
| Szyna SN | W-3 | LS | | | | | | |
| PCC | W-3 | LS | | | | | | |
| Praca badanej elektrowni z $\cos \phi = 0,93$ ind. | | | | | | | | |
| Szyna SN | W-3 | LS | | | | | | |
| PCC | W-3 | LS | | | | | | |

gdzie: ΔU - bezwzględna statyczna zmiana napięcia w [kV],

δU - względna statyczna zmiana napięcia w [%],

Względna statyczna zmiana napięcia na szynach SN w stacji 110/30 kV powinna być mniejsza niż 2%

Wartość napięcia dla każdego węzła ciągu liniowego SN, dla źródeł przyłączanych w głębi przedmiotowego ciągu nie może przekroczyć $\pm 10\%$.

W przypadku przyłączenia bezpośrednio do szyn rozdzielni SN w stacji 110/30 kV, zakłada się że w czasie normalnej pracy, napięcie na szynach rozdzielni SN w stacji 110/30 kV po przyłączeniu źródła, powinno zmieniać się tylko w zakresie jednego stopnia (zaczepu) regulacji transformatora WN/SN.

4.3. Analiza zmian dynamicznych napięcia w miejscu przyłączenia źródła przy nagłym odłączeniu i załączeniu źródeł.

Wyniki obliczeń przedstawić w formie tabelarycznej wg podanego poniżej wzoru:

Tabela nr 4: Dynamiczne zmiany napięcia w PCC (układ normalny pracy stacji 110/30 kV – pracujące dwa transformatory T1 i T2)

| Lp. | Wariant W-1, W-2, W-3 | $\cos \phi$ źródła | ΔU_{dyn} | $\Delta_d U_{dyn}$ |
|---|--------------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| Odlączenie Skróć źródła z mocą Moc przyłączeniowa MW | | | | |
| 1 | W-3 | 0,93 poj. | Wartość% | 3% |
| 2 | W-3 | 0,93 ind. | % | |

gdzie: Ψ_K - kąt fazowy impedancji sieci w miejscu przyłączenia [°],

k_ψ - współczynnik przetężenia podczas operacji łączeniowej,

ΔU_{dyn} - dynamiczna zmiana napięcia wywołana procesem łączeniowym w [%],

$\Delta_d U_{dyn}$ - dopuszczalna wartość dynamicznej zmiany napięcia wywołana procesem łączeniowym w PCC w [%] powinna być mniejsza niż 3%

- 4.4. Jednoznaczna ocena wpływu pracy źródła na możliwość wprowadzania mocy czynnej i biernej istniejących jednostek wytwórczych przyłączonych do sieci SN tego samego węzła.
- 4.5. Analiza wpływu regulacji mocy biernej na poziomy napięcie w miejscu przyłączenia.
- 4.6. Wyniki należy przedstawić dla następujących wariantów pracy źródła z: $\cos\varphi = 1$, $\cos\varphi = 0,93$ (pojemnościowy), $\cos\varphi = 0,93$ (indukcyjny)

5. Ocena wahań napięcia (tylko dla farm wiatrowych). Obliczenia wykonać w PCC oraz w węźle bilansowym SN SGS-u (jeżeli źródło przyłączone jest w głębi sieci SN).

Analiza winna być przeprowadzona dla następujących stanów pracy źródła / magazynu:

- a. Wskaźnik migotania światła P_{st} , P_{lt} przy pracy ciągłej,
- b. Wskaźnik migotania światła P_{st} , P_{lt} z uwzględnieniem wpływu procesów łączeniowych,
- c. Względna zmiana napięcia d wskutek procesu łączeniowego pojedynczej elektrowni wiatrowej.

Wyniki obliczeń przedstawić w formie tabelarycznej wg podanego poniżej wzoru:

Tabela nr 5: Wahania napięcia w PCC i na szynach SN w stacji 110/30 kV (układ normalny pracy stacji 110/30 kV – pracujące dwa transformatory T1 i T2 i układ n-1, pracujący jeden transformator)

| Lp. | Minimalna moc zwarciova w PCC | Wariant W-1, W-2, W-3 | Ψ_K | k_f | $c(\Psi_K, v_a)$ | Wartości dopuszczalne | | | P_{st} | P_{lt} | d |
|---|-------------------------------------|-----------------------------|----------|-------|------------------|--------------------------|----------|---|----------|----------|---|
| | | | | | | P_{st} | P_{lt} | d | | | |
| Analiza w PCC; stan pracy źródła | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | |
| Analiza na szynach SN w stacji 110/30 kV; stan pracy źródła | | | | | | | | | | | |
| 1 | | | | | | | | | | | |

gdzie: Ψ_K – kąt fazowy impedancji sieci w miejscu przyłączenia [°],

$k_f(\Psi_K)$ - skokowy wskaźnik migotania światła z pojedynczej elektrowni wiatrowej

$k_u(\Psi_K)$ –wskaźnik zmian napięcia elektrowni wiatrowej przy danym kącie fazowym Ψ_K impedancji sieci w miejscu przyłączenia

$c(\Psi_K, v_a)$ -wskaźnik migotania światła dla pojedynczej elektrowni wiatrowej przy danym kącie fazowym Ψ_K impedancji sieci w miejscu przyłączenia oraz danej średniorocznej szybkości wiatru v_a ,

P_{st} - wskaźnik krótkookresowego migotania światła (wartość dopuszczalna $P_{st} \leq 0,45$),

P_{lt} - wskaźnik długookresowego migotania światła (wartość dopuszczalna $P_{lt} \leq 0,35$),

d- względna zmiana napięcia wskutek procesu łączeniowego pojedynczej elektrowni wiatrowej (wartość dopuszczalna $d \leq 2,5\%$),

6. Ocena odkształceń napięcia.

W obliczeniach uwzględnia się moce przyłączonych i planowanych do przyłączenia źródeł w sieci WN, moce przyłączonych i planowanych do przyłączenia źródeł po stronie SN rozpatrywanego SGS-u, konfigurację sieci dystrybucyjnej WN w bezpośrednim sąsiedztwie analizowanego SGS-u oraz sieci SN zasilanej z rozpatrywanego węzła SN, emisję harmoniczną i interharmoniczną przez przyłączone i planowane do przyłączenia źródła,

Wyniki obliczeń przedstawić w formie tabelarycznej wg podanego poniżej wzoru:

Tabela nr 6: Odkształcenia napięcia w PCC i na szynach SN w stacji 110/30 kV (układ normalny pracy stacji 110/30 kV – pracujące dwa transformatory T1 i T2 i układ n-1, pracujący jeden transformator)

| Analiza na szynach SN w stacji 110/30 kV | | | | | | |
|--|-------------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|
| h | iHd_u - T1 + T2 | | iHd_u - T1 | | iHd_u - T2 | |
| | PCC | Szyna SN | PCC | Szyna SN | PCC | Szyna SN |
| 2 | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| 50 | | | | | | |

gdzie: h - rząd harmonicznej w zakresie od 2 do 50,

$$iHD_u = \frac{U_h}{U_1} - \text{napięcie h-tej harmonicznej [\%],}$$

$iHD_u|_d$ - wartość dopuszczalna napięcia h-tej harmonicznej [%] (wartość dopuszczalna $\leq 1,5\%$),

THD_U - całkowity współczynnik odkształcenia napięcia harmonicznymi [%],

$THD_U|_d$ - wartość dopuszczalna całkowitego współczynnika odkształcenia napięcia harmonicznymi [%] (wartość dopuszczalna $\leq 4\%$),

7. Spełnienie warunków zwarciovych

Analizę przeprowadza się w celu sprawdzenia:

- zdolności elementów sieci (linii napowietrznych i kablowych SN) do bezpiecznego przeniesienia cieplnych obciążeń zwarciovych do czasu skutecznego wyłączenia zwarcia, określonego nastawami czasowymi zabezpieczeń, czasami własnymi zabezpieczeń oraz czasami wyłączenia zwarcia wyłączników.
- zdolności wyłączeniowej aparatury zainstalowanej w polach SN w stacji 110/30 kV.

7.1. Moc zwarciova w punkcie przyłączenia PCC i na szynach SN w stacji 110/30 kV.

W obliczeniach należy uwzględnić źródła przyłączone i planowane do przyłączenia do danej stacji 110/30 kV.

Na szynach SN w stacji należy wyznaczyć maksymalny i minimalny poziom mocy zwarciovej.

Do wyznaczenia maksymalnego poziomu mocy zwarciovej przyjmuje się:

- Układ maksymalny po stronie WN (załączone wszystkie linie 110 kV wprowadzone do stacji 110/30 kV oraz łącznik szyn 110 kV są zamknięte)

- Układ n-1 pracuje jeden transformator 110/30 kV mający większy wpływ na wielkość mocy zwarciowej po stronie SN,
 - Załączony łącznik sekcyjny (systemowy) rozdzielni SN.
- Do wyznaczenia minimalnego poziomu mocy zwarciowej przyjmuje się:
- Układ minimalny po stronie WN (załączona jedna linia 110 kV wprowadzone do stacji 110/30 kV o najmniejszym wpływie na moc zwarciową)
 - Układ n-1 pracuje jeden transformator 110/30 kV mający mniejszy wpływ na wielkość mocy zwarciowej po stronie SN,
 - Załączony łącznik sekcyjny (systemowy) rozdzielni SN
- 7.2. Sprawdzenie odporności elementów liniowych sieci SN na zakłócenia zwarciowe
Sprawdzeniu podlegają wszystkie linie wyprowadzone z rozdzielni SN w stacji 110/30 kV (ciągi główne bez odgałęzień). Obliczenia wykonuje się bez i z planowanym do przyłączenia źródłem wytwórczym.
W obliczeniach należy przyjąć konfigurację maksymalną i czasy nastaw zabezpieczeń w tym SPZ zgodnie z dokumentacją techniczną OSD.
- 7.3. Sprawdzenie zdolności wyłączeniowej aparatury zainstalowanej w polach SN w stacji 110/30 kV.

8. Ocena wpływu przyłączenia źródła na warunki pracy elektroenergetycznej automatyki zabezpieczeniowej

Analiza winna wskazać niezbędne zmiany w zakresie wyposażenia oraz nastawień automatyki zabezpieczeniowej, tj. zabudowy odpowiednich układów pomiarowych, zabezpieczeniowych - strażnika mocy, sygnalizacji oraz sterowania.

Należy w ekspertyzie określić progi zabezpieczeń pod- i nad-częstotliwościowych z uwzględnieniem wpływu generacji na poprawne działanie systemu elektroenergetycznego w stanach awaryjnych.

9. Uwagi końcowe.

- 9.1. Ekspertyzę opracować w oparciu o „Kryteria oceny możliwości przyłączenia oraz wymagania techniczne dla jednostek wytwórczych przyłączanych do sieci dystrybucyjnej średniego napięcia Operatora Systemu Dystrybucyjnego” oraz niniejszy zakres
- 9.2. Ekspertyza będzie uwzględniać określone przez OSD miejsce przyłączenia źródła.
- 9.3. Obliczenia należy wykonać dla linii SN oraz stacji SGS 110/30 kV
- 9.4. Wnioski końcowe powinny zawierać:
- a. informację o przeciążanych elementach sieci/niezbędnym zakresie rozbudowy sieci (zakres ustalany przez OSD),
 - b. wymagania dla przyłączanych urządzeń,
 - c. wskazanie ewentualnych ograniczeń w pracy źródła.
 - d. w przypadku braku możliwości przyłączenia pełnej mocy przyłączeniowej źródła, podanie dopuszczalnej wielkości mocy przyłączeniowej źródła możliwej do przyłączenia, dla której oceniane kryteria zostaną spełnione.
- 9.5. W ekspertyzie należy umieścić oświadczenie wykonawcy, iż ponosi on pełną odpowiedzialność za: zachowanie należytej staranności przy wykonywaniu ekspertyzy, wiarygodność zawartych w niej obliczeń, przyjęcie do obliczeń danych potwierdzonych przez OSD i OSP oraz stosowanie się do wymagań zawartych w niniejszym zakresie ekspertyzy i przestrzeganiu poufności otrzymanych danych oraz wyników ekspertyzy.

Dział Nadzoru
Elektrycznego i Teletechnicznego

Kierownik Działu Ruchu
Marcin Okruszek

PGE Górnictwo i Energetyka Konwencjonalna S.A.
Oddział Kopalnia Węgla Brunatnego Bełchatów
Wydział Nadzoru Inwestycji

Główny Inżynier ds. Nadzoru Inwestycji
Rafał Włodarczyk

PGE GÓRNICTWO I ENERGETYKA KONWENCJONALNA SPÓŁKA AKCYJNA ODDZIAŁ KOPALNIA WĘGLA BRUNATNEGO BEŁCHATÓW,
97-400 BEŁCHATÓW, SKR. POCZT. 100, UL. ŚW. BARBARY 3, ROGOWIEC

PGE GÓRNICTWO I ENERGETYKA KONWENCJONALNA SPÓŁKA AKCYJNA Z SIEDZIBĄ W BEŁCHATOWIE, 97-400 BEŁCHATÓW
UL. WĘGLOWA 5, WPISANA DO KRAJOWEGO REJESTRU SĄDOWEGO PROWADZONEGO PRZEZ SĄD REJONOWY DLA
ŁÓDZI-ŚRÓDMIEŚCIA, XX WYDZIAŁ GOSPODARCZY W ŁÓDZI KRS: 0000032334,
NIP: 769-050-24-95, KAPITAŁ ZAKŁADOWY: 6.450.307.050,00 ZŁ, KAPITAŁ W CAŁOŚCI WPLĄCONY, www.pgegiel.pl