

Memo aan: Netbeheer Nederland

Memo Nr.: 10132353-PSA 21-0725 rev. 3

Van: Energy Systems

Datum: 17-7-2025

Opgesteld. door: Wim Kuijpers

Toelichting BLOS load flow tool Type B PGM revisie 17-7-2025

1 INLEIDING

In het Netbeheer Nederland document "Power-Generating Modules compliance verification" voor Type B, C en D wordt een simulatie voorgeschreven om aan te tonen dat aan de Netcode-eisen voor blindvermogen (reactive power capability) wordt voldaan. Deze BLOS tool type **B LO**ad flow **S**imulatie) is ontwikkeld als hulpmiddel in het Compliance proces voor Type B Power Park Modules. Deze kan hiervoor gebruikt worden als het een "basispark Type B" (definitie zie hieronder) betreft. De tool berekent op basis van de in te vullen nominale capaciteiten van de omvormers (PV inverter, windturbine), transformatoren en kabels het werkzame en blindvermogen (MW, Mvar) op het overdrachtpunt en laat de resultaten in tabel- en grafiekvorm zien. Hiermee wordt beoordeeld of aan de eisen van Netcode wordt voldaan.

Opmerking: de PPM eigenaar/ontwikkelaar blijft verantwoordelijk voor het aantonen van Compliance aan de netbeheerder en kan geen rechten ontleen of zich beroepen op de toepassing of uitkomsten van deze tool. DNV is niet aansprakelijk voor eventuele directe of indirecte gevolgen bij het gebruik. Het is niet toegestaan om deze tool te gebruiken voor andere doeleinden dan als hulpmiddel voor Type B compliance activiteiten, te kopiëren en/of te delen met andere partijen dan de netbeheerder.

2 BLOS LOAD FLOW TOOL VOOR BASISPARK PPM TYPE B

In deze tool kan een eenvoudige parknetconfiguratie worden gemodelleerd als dit net voldoet aan de uitgangspunten van een basispark, zie hoofdstuk 3.: overdrachtpunt - MS-verbinding - MS-installatie – MS verbinding - MS/LS transformator – LS-verbinding – omvormers. Een MS of LS-verbinding bestaat uit één of meerdere parallelle driefasen kabels of, ingeval van enkel-aderige kabels, één of meerdere parallelle driefase-circuits. De eventueel aanwezige MS-verbinding tussen het Overdrachtpunt en het centrale middenspanning-verdeelstation op het park wordt apart gemodelleerd. Verder wordt uitgegaan van de gemiddelde lengte van de MS- en LS-verbindingen naar de transformatoren in het park. Het aantal parallelle kabels tussen transformatoren en centrale MS-installatie specificeren we in het model per transformator. Hetzelfde geldt voor de LS-verbinding, die de transformator met de omvormers verbindt.

We specificeren het aantal transformatoren. In het basispark gaan we uit van gelijke transformatoren die zijn verbonden met een gelijk aantal parallelle MS-kabels naar het centrale MS-verdeelstation en een gelijk aantal parallelle LS-kabels naar de omvormers. Korte LS-kabels van de individuele inverter naar een verzamelkast worden verwaarloosd.

Het totaal aantal te specificeren omvormers is het totale aantal in het hele PV-park, dus niet per transformator. Het aantal omvormers per transformator wordt dus door een berekening bepaald. Ook hier nemen we voor het model aan dat het aantal omvormers per transformator gelijk is. De in te vullen nominale gegevens van de omvormer dienen afkomstig te zijn van omvormercertificaten/data sheets.

De transformatoren zijn meestal voorzien van een aftakschakelaar. We gaan uit van een aftakschakelaar met 5 standen met een spanningsverandering aan de middenspanningszijde van 2,5% per stap. De gekozen stand dient overeen te komen met de werkelijke stand in de installatie. Indien geen aftakschakelaar aanwezig is, dan stand 0 kiezen. Verstelling van stand geeft een verandering van 2,5% per stap in de primaire spanning en resulteert in een verschuiving van het Q-U venster. Dit kan nodig zijn om conformiteit aan te tonen.

3 UITGANGSPUNTEN VOOR GEBRUIK

3.1 Basispark

Uitgangspunten voor gebruik van deze eenvoudige BLOS load flow tool en configuratie basispark dat schematisch is weergegeven in Figuur 1 (bovenste schema) zijn:

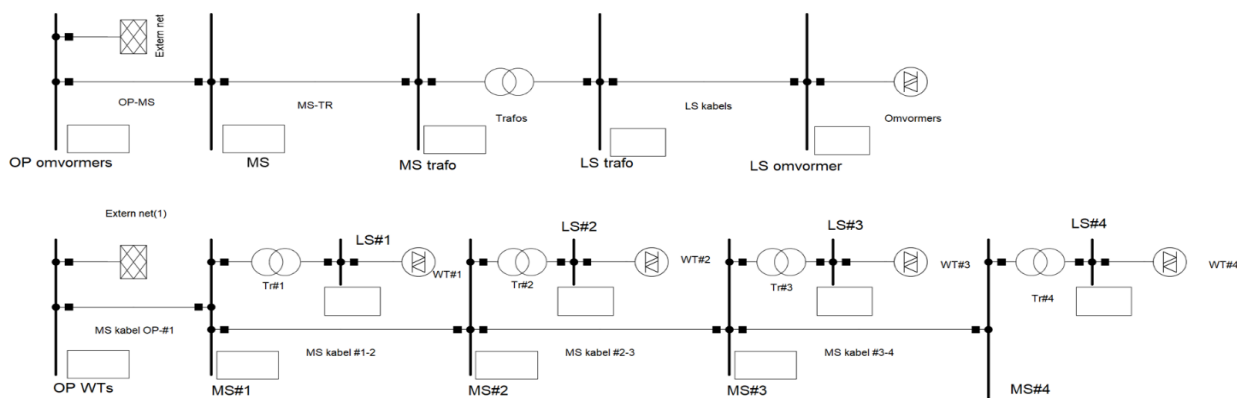
- Omvormers van één type
- Aansluiting omvormers op MS/LS transformatoren via LS-kabel (één of meerdere parallel) (LS-kabels). Maximale lengte LS-kabels: 500 meter
- Een of meerdere MS/LS transformatoren van één type, voorzien van een aftakschakelaar. Indien geen aftakschakelaar voorzien is, dan stand 0 kiezen
- Gelijke verdeling omvormers over MS/LS transformatoren. Een verschil in verdeling van maximaal 2 omvormers per transformator is acceptabel
- Aansluiting individuele MS/LS transformatoren via MS-kabel (MS-TR) op een centraal MS-verdeelstation (MS). Eén of meerdere kabels parallel. Lengte MS-kabel maximaal 2 km
- Aansluiting centraal MS-verdeelstation (MS) via MS-kabels (OP-MS) op het overdrachtspunt (OP). Eén of meerdere parallel. Lengte MS-kabel maximaal 10 km
- Inkoopstation (aansluitpunt/overdrachtspunt) (OP)
- Radiaal kabelnetwerk, niet vermaasd, geen dwarsverbanden
- Geen blindstroomcompensatiemiddelen

3.2 Deelparken en rijgleiding

Het komt voor dat een parkopbouw niet voldoet aan de uitgangspunten voor een basispark, maar bestaat uit secties ("deelparken") die wel hieraan voldoen. In dat geval kan per deelpark een BLOS model gemaakt worden. Indien alle deelparken voldoen, dan voldoet ook het hele park. De BLOS tools voor alle deelparken dienen dan verstrekt te worden aan de netbeheerder.

Bij uitzondering kan de BLOS tool ook gebruikt worden voor een park, waarbij de transformatoren door een gemeenschappelijke middenspanningsverbinding (rijgleiding) gekoppeld zijn aan het overdrachtspunt. Dit is in het onderste schema in Figuur 1 weergegeven voor de verbindingen MS kabel #1-2/#2-3/#3-4. De totale lengte van de rijgleiding tussen 1^{ste} transformator (MS#1) en laatste transformator (MS#4) mag echter niet meer bedragen dan 2000 meter. Bij de invoer van kabelverbinding OP-MS dient dan gekozen te worden voor het kabeltype dat aangesloten wordt op het overdrachtspunt (inkoopstation) met een lengte van het inkoopstation tot het eerste transformatorstation (MS#1) plus de helft van de totale lengte van de rijgleiding van transformatorstation MS#1 t/m MS#4 (maximaal 1000 meter). De MS-TR kabel in dit geval op 0 meter instellen.

Indien het PV-/windturbinepark niet aan deze uitgangspunten voldoet, dient u een netberekeningspakket te gebruiken.



Figuur 1 Schematische weergave van de basisparken

3.3 3-wikkelingstransformatoren

Bij opslaginstallaties en deels ook bij PV-installaties is het gebruikelijk om 3-wikkelingstransformatoren met 1 primaire (middenspanning) wikkeling en 2 secundaire (laagspanning) wikkelingen toe te passen. Hoewel de BLOS tool hiervoor niet is opgezet, kan onder voorwaarden deze tool toch gebruikt worden. De voorwaarden zijn:

- Het nominale vermogen van de beide secundaire wikkelingen is identiek en is de helft van het vermogen van de primaire wikkeling
- Beide laagspanningswikkelingen hebben dezelfde nominale spanning
- De kortsluitspanning tussen primaire en de individuele secundaire wikkelingen is identiek
- De kortsluitspanning tussen de 2 secundaire wikkelingen onderling is méér dan 1,5 maal de kortsluitspanning tussen de primaire en één secundaire wikkeling, gebaseerd op het nominale vermogen van de secundaire wikkeling. Deze waarde ontbreekt meestal in de datasheet en dient dan door de leverancier van de transformator verstrekt te worden.
- Datasheet, fabriekstesten of andere fabrikantendocumentatie toont aan dat aan bovenstaande voorwaarden is voldaan.

Indien aan deze voorwaarden voldaan is dient in de BLOS tool een "eigen type " transformator ingevuld te worden. De parameters hiervoor zijn af te leiden uit een datasheet of fabriekstestrapport met:

- Vermogen: vermogen primaire wikkeling in kVA
- Nullastverlies: conform datasheet
- Kortsluitverlies: conform datasheet waarbij de transformator nominaal belast is met het vermogen van de primaire wikkeling
- Kortsluitspanning: de kortsluitspanning gemeten met beide secundaire wikkelingen kortgesloten. Dit is meestal de kortsluitspanning conform de datasheet indien er maar 1 kortsluitspanning in de datasheet is opgegeven.

Daarnaast dient datasheet, fabriekstestrapport of andere fabrikantendocumentatie met opgave van de kortsluitspanning tussen de secundaire wikkelingen van de transformator bij het definitieve PGMD-formulier gevoegd te worden.

4 BLADEN IN BLOS TOOL

4.1 Blad Invoer en resultaten

4.1.1 Invoergegevens

In het "Invoer en resultaten" blad dienen de gegevens van het park te worden ingevoerd: omvormers/windturbine, laag- en middenspanningskabels en transformator. Het invoerveld is afgebeeld in Figuur 2. Er is een interne bibliotheek met kabels en transformatoren, waaruit gekozen kan worden. Daarnaast is het mogelijk om zelf middenspanningskabels (2 typen), laagspanningskabels (1 type) en transformator (1 type) met bijbehorende parameters toe te voegen. De wit gekleurde velden zijn bedoeld om zelf de bijbehorende gegevens in te voeren.

Het blok OP-MS kabels betreft de kabels van overdrachtpunt naar de centrale MS-parkinstallatie. Het blok MS-TR kabels betreft de kabels van de centrale MS-parkinstallatie naar de transformator(en). Als het overdrachtpunt zich op de centrale MS-parkinstallatie bevindt, dan een lengte van 0 meter voor de OP-MS kabels invullen, maar wel een (willekeurig) type kiezen.

Bij de transformator de nominale primaire en secundaire spanning invullen. Er is uitgegaan van een aftakschakelaar met 5 standen (resp. +2, +1, 0, -1, -2). De gekozen stand dient overeen te komen met de werkelijke stand in de installatie. Verstelling van stand geeft een verandering van 2,5% per stap in de primaire spanning en resulteert in een verschuiving van het Q-U venster. Dit kan nodig zijn om conformiteit te bereiken.

Bij ieder invoerveld is een noot opgenomen met korte toelichting. De tekst wordt zichtbaar bij het aanklikken van de cel.

Bijzonderheden:

- Bij omvormers waarden conform fabrikanteninformatie invullen. Bij maximale en minimale spanning rekening houden met instellingen beveiligingen tegen over- en onderspanning
- MS-TR kabels en LS-kabels naar transformatoren kunnen verschillende lengtes hebben. Uitgaan van de gemiddelde lengte van de kabels
- Indien er geen OP-MS kabel is, omdat overdrachtpunt op de centrale MS-installatie van het park is, waarop ook de transformatoren zijn aangesloten, dan voor OP-MS kabel wel een type kiezen maar lengte van 0 meter invullen
- Indien geen aftakschakelaar aanwezig is, dan stand 0 kiezen.

Invoergegevens				
Naam PGM	Demo park			
Type omvormers	Fabricaat/type			
Omvormers	Totaal aantal omvormers	50		
	Schijnbaar vermogen omvormer S _{nom} (kVA)	250		
	Werkzaam vermogen omvormer P _{nom} (kW)	250		
	Maximaal blindvermogen levering omvormer (kvar)	250		
	Maximaal blindvermogen opname omvormer (kvar)	-250		
	Nominale spanning U _{nom} (V)	550		
	Maximale stroom I _{max} (A)	262		
	Maximale spanning U _{max} (V)	605		
	Minimale spanning U _{min} (V)	467		
	Maximale kortsluitstroom (A)	270		
LS kabels	aantal (driefasen)kabels parallel per transformator	10		
	Lengte per kabel (km)	0.20		
Omvormers naar transformatoren	Doorsnede geleider kabel (mm ²)	240 Al		
	aantal transformatoren	5		
MS trafos	Schijnbaar vermogen S (kVA)	2500		
	Nominale spanning primair U _{ms} (kV)	10.50		
	Nominale spanning secundair U _{ls} (kV)	0.55		
	Positie aftakschakelaar (0=nom. overzetverhouding)	+2		
	Aantal (driefasen)kabels parallel per transformator	1		
MS TR kabel	Lengte per kabel (km)	0.50		
	Doorsnede geleider kabel (mm ²)	95 Al		
Transformatoren naar MS verzamelstation	Aantal (driefasen)kabels parallel naar overdrachtpunt	2		
	Lengte per kabel (km)	5.00		
OP-MS kabels	Doorsnede geleider kabel (mm ²)	500 Al		
	Doorsnede geleider kabel (mm ²)	500 Al		
MS verzamelstation naar overdrachtpunt	Doorsnede geleider kabel (mm ²)	500 Al		
	Doorsnede geleider kabel (mm ²)	500 Al		
NET	Toegekende netspanning U _c (kV):	10.50		

Ruimte voor 2 typen eigen MS kabels				
Geleider (mm ²)	Weerstand R (Ω/km)	Reactantie X (Ω/km)	Capaciteit C (μF/km)	Belastbaarheid (A)
830test	0.053	0.106	0.470	580
95test	0.322	0.110	0.230	245

Ruimte voor 1 type eigen LS kabel				
Geleider (mm ²)	Weerstand R (Ω/km)	Reactantie X (Ω/km)	Belastbaarheid (A)	
95test	0.322	0.069	230	

Ruimte voor 1 type eigen Transformator			
Vormgegeven (kVA)	Nulst. verlies (kW)	Kortsluit. verlies (kW)	Kortsluit. spanning (%)
5200test	4.00	42.50	10.00

BLOS Excel load flow tool Type B PGM revisie per 17-07-2025 Alleen voor eenvoudige basisparken/ only for simple basic parks			
--	--	--	--

Figuur 2 Invoergegevens omvormer en netwerk.

4.1.2 Resultaten loadflowberekeningen

Rechts in het blad "Invoer en resultaten" zijn de resultaten van de load flowberekening getoond, zie Figuur . Deze bevatten:

- de resultaten van de 13 loadflowcases uit het "Netbeheer Nederland RfG compliance verification Power generating modules type B, C and D, version 2.0", bladzijde 82
- Pmax case. Uitgangspunt hierbij is het maximale werkzame vermogen dat het PPM kan leveren bij 100% spanning en arbeidsfactor 1 op de klemmen van de opwekeenheid. **Het berekende werkzaam vermogen op het overdrachtpunt voor deze case (cel J15) is de Pmax van de PGM indien aan alle criteria voor alle cases voldaan is (geen rood-gekleurde cellen).**
- loadflowcases 0.4P/+Qm en 0.4Pm/-Qm die punt 3 en4 van de PPM simulaties op bladzijde 79 representeren (30-50% Pmax, maximum lagging/leading). De punten 1, 2, 5, 6 uit deze tabel zijn met load flow cases 1 t/m 4 afgedekt.

Per case worden getoond:

- de berekende en doelwaarde in per unit op het overdrachtpunt van de spanning, werkzaam en blindvermogen
- de berekende waarde in per unit op de klemmen van de opwekeenheid van schijnbaar, werkzaam en blindvermogen, spanning en stroom

De doelwaarden zijn blauwgekleurd. De berekende waarden zijn groengekleurd indien voldaan wordt aan de berekeningsuitgangspunten en de grenswaarden van de omvormer niet overschreden worden. **Indien niet voldaan wordt aan uitgangspunten of grenswaarden worden overschreden verandert de kleur van de betreffende cel in rood.** Er is dan niet voldaan aan de eisen. Er dient, afhankelijk van de afwijking, een aanpassing gedaan te worden in de invoergegevens. Let wel, die aanpassing kan gevolgen hebben voor het maximaal toelaatbare werkzame vermogen van de opwekeenheid, de stand van de aftakschakelaar van de transformator, of verzware van kabels of transformator.

In het onderste gedeelte zijn de berekende waarden van de vermogens op overdrachtpunt en totaal van de omvormers in MW en Mvar getoond. Daaronder een indicatie van de belastingsgraad van de kabels en transformator. Indien de belasting hoger is dan 100% (1 per unit) kleurt de cel oranje. Dit is alleen ter informatie en geldt niet als overschrijding van een toetsingscriterium.

Load Flow Case NBNL CVD	Pmax	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	0.4Pm/+Qm	0.4Pm/-Qm
Evaluatie resultaten en criteria load flow cases																
Netspanning (p.u.)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.10	1.05	0.95	0.95	0.90	0.90	0.85	1.00	1.00
Netspanning doelwaarde NBNL CVD (p.u.)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.10	1.10	1.05	0.95	0.95	0.90	0.90	0.85	1.00	1.00
Werkzaam vermogen overdrachtpunt (P/Pmax)	1.00	0.93	0.93	0.20	0.20	0.00	0.93	1.00	0.93	0.93	0.93	0.88	0.88	0.80	0.40	0.40
Werkzaam vermogen doelwaarde NBNL CVD (p.u.)	1.00	0.93	0.93	0.20	0.20	0.00	0.93	1.00	0.93	0.93	0.93	0.88	0.88	0.80	0.40	0.40
Blindvermogen overdrachtpunt (Q/Pmax)	-0.09	-0.33	0.33	-0.33	0.33	0.00	-0.33	0.00	0.33	0.33	-0.33	0.33	0.00	0.40	0.33	-0.33
Blindvermogen doelwaarde NBNL CVD (p.u.)	-0.09	-0.33	0.33	-0.33	0.33	0.00	-0.33	0.00	0.33	0.33	-0.33	0.33	0.00	0.40	0.33	-0.33
Schijnbaar vermogen omvormer (p.u.)	1.00	0.96	1.01	0.37	0.37	0.01	0.95	0.99	1.00	1.02	0.96	0.98	0.89	0.94	0.51	0.49
Werkzaam vermogen omvormer (p.u.)	1.00	0.93	0.93	0.20	0.20	0.00	0.92	0.99	0.93	0.94	0.94	0.89	0.88	0.82	0.39	0.39
Blindvermogen omvormer (p.u.)	0.00	0.22	0.39	0.31	0.31	0.01	0.24	0.07	0.38	0.41	0.21	0.41	0.09	0.48	0.32	0.29
Klempanning omvormer (p.u.)	1.00	0.98	1.05	0.93	1.00	0.95	1.07	1.11	1.09	1.00	0.94	0.96	0.92	0.92	1.01	0.94
Stroom omvormer(p.u.)	1.00	0.98	0.97	0.39	0.37	0.01	0.89	0.90	0.92	1.02	1.03	1.02	0.96	1.03	0.51	0.52
Belangrijke parameters load flow cases																
Werkzaam vermogen overdrachtpunt (MW)	11.74	10.92	10.92	2.35	2.35	0.00	10.92	11.74	10.92	10.92	10.33	10.33	9.40	4.70	4.70	
Blindvermogen overdrachtpunt(Mvar)	-1.11	-3.88	3.88	-3.88	3.88	0.00	-3.88	0.00	3.88	3.88	-3.88	3.88	0.00	4.70	3.88	-3.88
Werkzaam vermogen omvormers totaal (MW)	12.50	11.65	11.64	2.48	2.47	0.02	11.53	12.37	11.58	11.71	11.72	11.13	11.04	10.20	4.91	4.92
Blindvermogen omvormers totaal (Mvar)	0.00	-2.81	4.93	-3.84	3.90	-0.15	-3.05	0.84	4.80	5.07	-2.67	5.10	1.06	5.95	4.05	-3.69
Belasting kabel naar overdrachtpunt (p.u.)	0.68	0.67	0.68	0.26	0.26	0.01	0.61	0.62	0.65	0.72	0.71	0.73	0.67	0.73	0.35	0.35
Belasting MS kabel transformator (p.u.)	0.57	0.56	0.55	0.22	0.21	0.01	0.51	0.51	0.53	0.58	0.58	0.58	0.55	0.59	0.29	0.30
Belasting transformator (p.u.)	1.00	0.92	0.95	0.37	0.36	0.01	0.84	0.86	0.90	1.00	0.97	1.01	0.93	1.03	0.49	0.49
Belasting LS kabel omvormer (p.u.)	0.55	0.55	0.55	0.22	0.21	0.01	0.50	0.51	0.52	0.58	0.58	0.59	0.55	0.59	0.28	0.29
Kleurcodering																
Doelwaarde volgens Netbeheer Nederland PGM Compliance Verification Document tabellen "Reactive power capability Simulations"																
Wordt voldaan aan Netcode Compliance-eis en geen overschrijding van de grenzen van de omvormers																
Wordt niet voldaan aan Netcode Compliance-eis of boven grenswaarde van de omvormer																
Overschrijding van grenzen transformatoren of kabels																

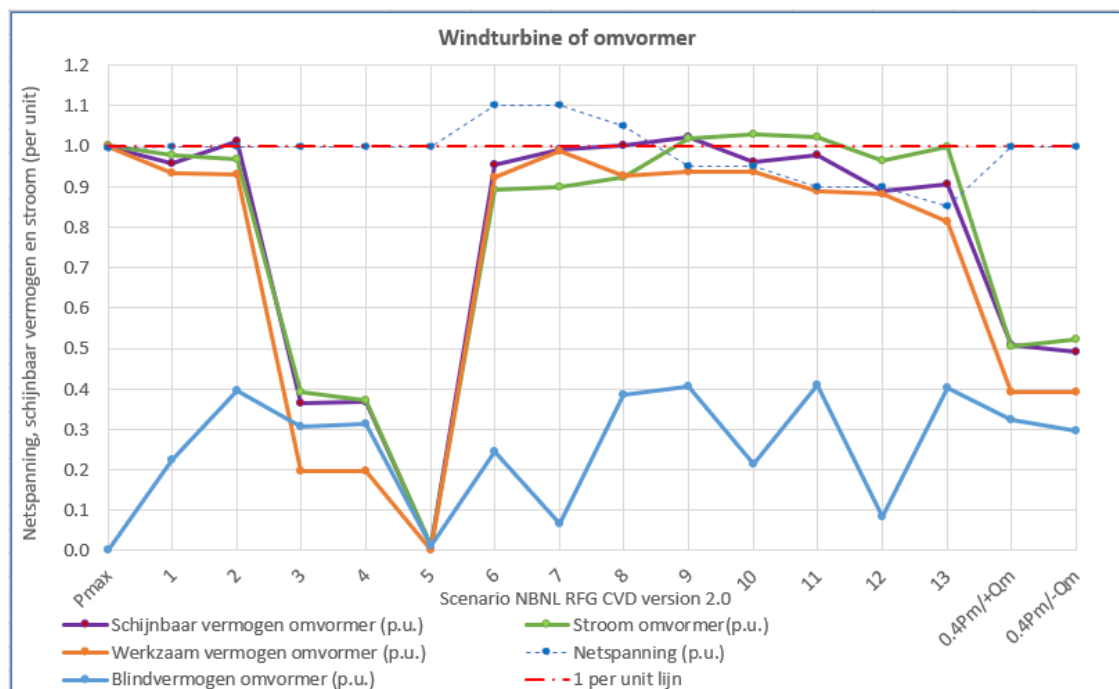
Figuur 3 Resultaten loadflowberekeningen.

4.2 Blad Criteria vensters

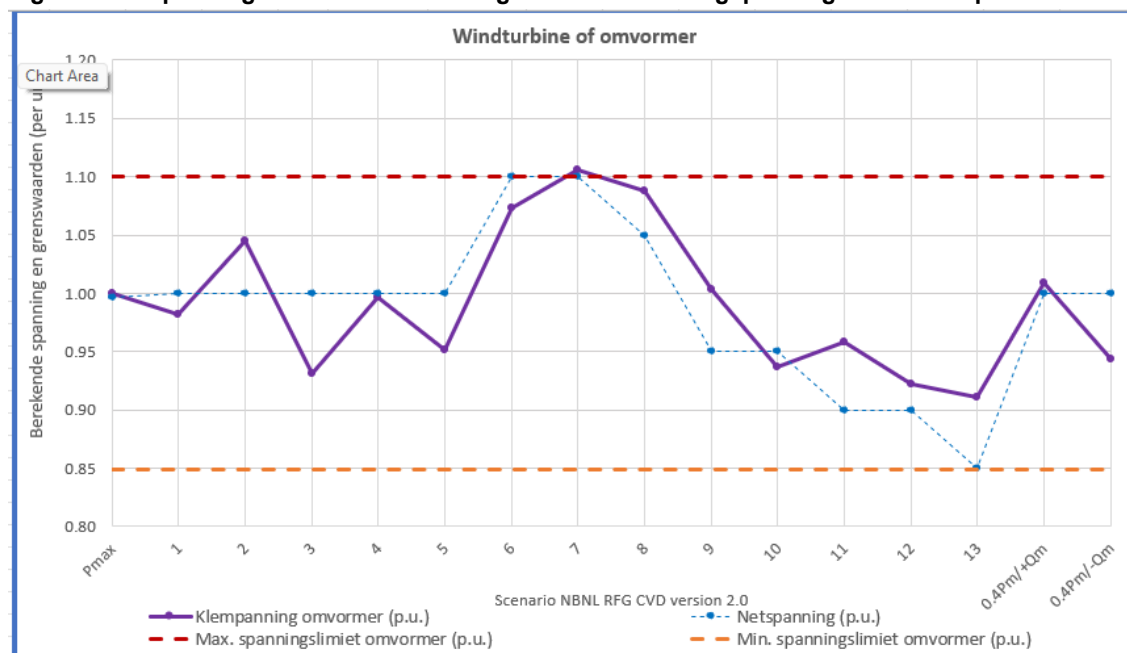
Het blad "Criteria vensters" bevat naast de tabel met berekeningsresultaten (zie 4.1.2) ook een grafische presentatie van de resultaten.

Figuur 4 laat in een oogopslag zien of de maximale waarden voor schijnbaar, werkzaam en blindvermogen en stroom van de opwekseenheid is overschreden (groter dan 1.0 per unit).

In Figuur 5 is eenvoudig te constateren of de berekende spanningen op de laagspanningsklemmen van de opwekseenheid binnen de toelaatbare grenswaarden blijven.



Figuur 4 Netspanning en berekende vermogens en stroom laagspanningsklemmen opwekseenheid

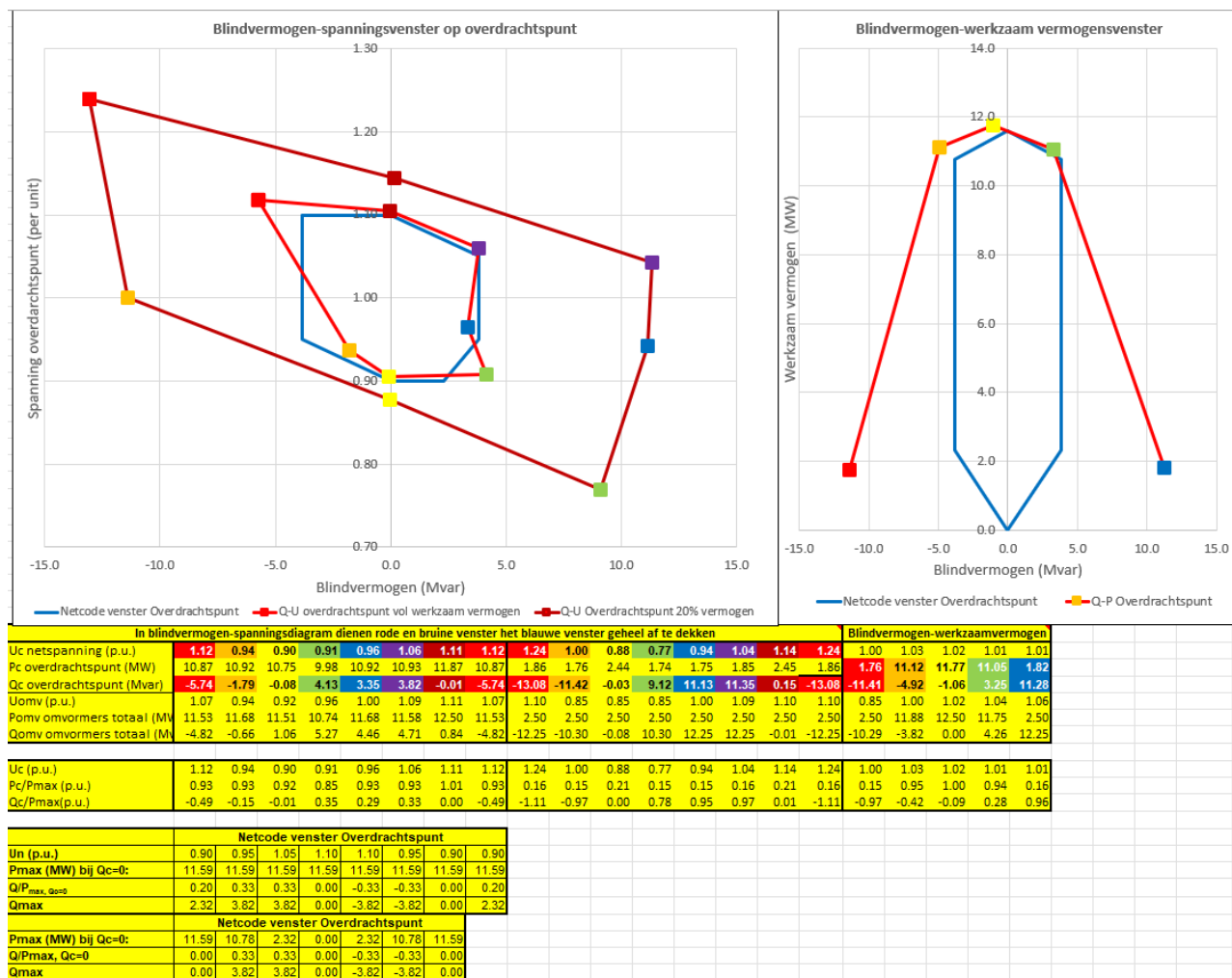


Figuur 5 Berekende en grenswaarde spanning laagspanningsklemmen opwekseenheid

4.3 Blad Q-U en Q-P vensters

In het blad "Q-U en Q-P vensters" is het blindvermogensbereik van de PGM op het overdrachtspunt getoond ter indicatie, zie Figuur 6. Dit is bedoeld als informatie en niet maatgevend voor de toetsing of voldaan wordt aan de compliance eisen.

Het blauwe venster komt overeen met de minimale eisen van de netcode. Het rode en bruine venster zijn berekende waarden van het park op het overdrachtspunt, op basis van de ingevoerde gegevens, bij maximaal (rekening houdende met toegelaten reductie) resp. 20% van het maximale werkzame vermogen van het park.



Figuur 6 Berekende Q-U en Q-P vensters

4.4 Blad LF-model CVD 2.0 cases

Dit blad bevat de berekeningen en – formules van de 15 loadflowcases conform NBNL RFG CVD 2.0 en Pmax case. Uitgegaan wordt van de spanning op het overdrachtspunt en de eisen aan werkzaam en blindvermogen op het overdrachtspunt. Berekend worden spanningen, stromen en vermogens voor omvormers, kabels en transformator. Ook zijn de vermogensverliezen in kabels en transformator berekend. De berekende resultaten zijn verwerkt in het "Invoer en resultaten" en "Criteria vensters" blad.

Pagina 8 van 8

Een voorbeeld van de presentatie van de rekenresultaten is weergegeven in Figuur 7. De belangrijkste uitkomsten van de berekeningen in de kolommen L t/m AC in blad "LF-model Q-U en Q-P vensters" worden automatisch voorzien van een celkleur. De betekenis daarvan staat toegelicht onder de tabel. Bij een oranje kleur ligt het bedrijfspunt van de opwekeenheden precies op de grens of is de begrenzing actief. Voor kabels en transformator is een oranje kleur een indicatie voor mogelijke overbelasting. Als een cel roodgekleurd is dient een aanpassing plaats te vinden door bijvoorbeeld meer opwekeenheden, kabels of transformatoren te installeren, het maximale werkzame vermogen per opwekeenheden te verlagen, de aftakschakelaar te verstellen.

Het 1^{ste} blok, met indices "c" betreft de berekende waarden op het overdrachtspunt.

Het 2^{de} blok, met indices "ms-op" betreft de kW en kvar verliezen in de kabels van overdrachtspunt naar de MS-parkinstallatie. Tevens is de relatieve belasting van de kabels vermeld. Op de MS-parkinstallatie zijn de transformatoren via MS-TR kabels aangesloten (3^{de} blok, indices ms-tr). Hiervan zijn eveneens de kW en kvar verliezen en de relatieve belasting van de kabels berekend. De kvar verliezen kunnen negatief zijn: in dat geval wekt de MS-kabel méér blindvermogen op dan wordt verbruikt.

Het 4^{de} blok, met indices "tr", betreft kW en kvar verliezen en de relatieve belasting van de transformatoren. De relatieve spanning op MS resp. LS-zijde van de transformatoren staat in de regel boven (Ums), resp. onder (Uls) dit blok.

Het 5^{de} blok, met indices "ls", betreft kW en kvar verliezen en de relatieve belasting van de kabels tussen transformatoren en omvormers/windturbines.

Het 6^{de} en 7^{de} blok, met indices "omv", betreffen het opgewekte werkzame, blind- en schijnbare vermogen van alle opwekeenheden samen resp. van de individuele opwekeenheden. Daaronder zijn de absolute (Uomv (V)) en relatieve (Uomv (p.u.)) spanning en de relatieve stroom (Iomv (p.u.)) van de omvormer/windturbine vermeld.

Resultaten loadflow	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	40%Pmax-Qmax	40%Pmax-Qmax
Uc netspanning (p.u.)	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Uc netspanning (kV)	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500	10.500
Pc overdrachtspunt (MW)	11.74	10.92	10.92	2.35	2.35	0.00	10.92	11.74	10.92	10.92	10.92	10.92	10.92	9.40	4.70
Qc overdrachtspunt (p.u.)	-0.09	-0.33	0.33	-0.33	0.33	0.00	-0.33	0.00	0.33	0.33	-0.33	0.33	0.00	0.40	-0.33
Qc overdrachtspunt (Mvar)	-1.11	-3.88	3.88	-3.88	3.88	0.00	-3.88	0.00	3.88	3.88	-3.88	3.88	0.00	4.70	-3.88
Sc overdrachtspunt (MVA)	11.80	11.59	11.59	4.53	4.53	0.00	11.59	11.74	11.59	11.59	11.59	11.04	10.33	10.50	6.09
Ic overdrachtspunt (A)	651	637	637	249	249	0	579	587	607	671	671	674	631	680	335
Pms-op (kW)	259.4	249.7	249.7	38.2	38.2	0.0	206.4	211.9	226.5	276.7	276.7	279.7	245.2	284.0	69.0
Qms-op (kVar)	217.2	209.1	209.1	-82.4	-82.4	-135.0	121.1	128.7	163.3	259.5	259.5	276.0	226.5	293.8	-40.0
Ims-op kabelstroom totaal (A)	639.2	634.2	634.2	255.6	243.0	7.4	581.8	586.7	603.9	667.7	672.5	671.2	630.8	675.7	339.6
Ims-op kabelstroom (p.u.)	0.66	0.67	0.66	0.26	0.26	0.01	0.61	0.62	0.65	0.72	0.71	0.73	0.67	0.73	0.35
Ums-op-tr (kV)	10.62	10.83	10.44	10.65	10.50	11.66	11.77	11.34	10.32	10.10	9.80	9.89	9.31	10.70	10.49
Pms-tr (kW)	52.5	50.4	49.6	8.1	7.3	0.0	41.7	42.4	45.0	55.0	55.8	55.5	49.1	56.3	14.2
Qms-tr (kVar)	-1.5	-1.9	-3.0	-16.0	-17.1	-19.0	-8.9	-9.1	-6.5	0.7	1.8	2.7	0.9	4.6	-14.0
Ims-tr kabelstroom (A)	639.2	634.2	634.2	255.6	243.0	7.4	581.8	586.7	603.9	667.7	672.5	671.2	630.8	675.7	339.6
Ims-tr kabelstroom (p.u.)	0.57	0.56	0.55	0.22	0.21	0.01	0.51	0.51	0.53	0.58	0.58	0.58	0.55	0.59	0.29
Ums (kV)	10.658	10.876	10.444	10.663	10.496	11.690	11.807	11.381	10.373	10.143	9.855	9.732	9.356	10.720	10.501
Ums (p.u.)	1.019	1.015	1.036	0.995	1.016	1.000	1.113	1.125	1.084	0.988	0.966	0.939	0.891	1.021	1.000
Ptr (kW)	112.9	110.4	109.9	35.4	34.9	21.5	99.7	101.5	104.0	117.2	117.7	116.2	104.4	115.6	46.0
Qtr (kVar)	750.1	715.3	704.1	114.4	103.3	0.1	592.4	602.6	638.4	760.4	791.6	789.5	696.4	799.2	201.8
Itr (A)	631.7	650.6	651.2	248.4	248.4	7.5	576.1	590.7	618.2	686.7	683.9	682.1	636.2	702.2	338.0
Itr (p.u.)	1.00	0.92	0.95	0.37	0.36	0.01	0.84	0.86	0.90	1.00	0.97	1.01	0.93	1.03	0.49
Uls (V)	535	527	559	511	543	523	579	594	583	535	502	510	492	499	547
Uls (p.u.)	0.974	0.959	1.017	0.929	0.988	0.951	1.052	1.081	1.061	0.973	0.913	0.928	0.895	0.888	0.995
Pls (kW)	331.2	316.1	310.3	51.1	45.5	0.1	262.3	266.5	281.6	343.5	349.4	346.8	307.1	350.9	84.3
Qls (kVar)	148.8	142.0	139.4	22.9	20.4	0.0	117.8	119.7	126.5	154.3	156.9	155.8	136.0	157.6	37.9
Ils-kabelstroom (A)	13116.8	13052.8	13052.8	5161.5	4907.9	171.5	11900.4	12037.8	12405.9	13770.2	13826.7	13857.4	13010.2	13958.8	6714.3
Ils-kabelstroom (p.u.)	0.55	0.55	0.55	0.22	0.21	0.01	0.50	0.51	0.52	0.58	0.58	0.59	0.55	0.59	0.28
Pomv omvormers totaal (MW)	12.50000	11.64858	11.64157	2.48150	2.47471	0.02156	11.53220	12.36855	11.57913	11.71444	11.72157	11.13297	11.04055	10.20207	4.91030
Qomv omvormers totaal (MVar)	0.00000	-2.81113	4.92520	-3.83687	3.89950	-0.15391	-3.05321	0.84189	4.79721	5.07043	-2.66571	5.99854	1.96374	5.95282	-3.68736
Somv omvormers totaal (MVA)	12.50	11.98	12.64	4.57	4.62	0.16	11.93	12.40	12.53	12.76	12.62	11.95	11.81	11.81	6.15
Pomv omvormer (kW)	250	233	233	59	49	0	221	247	232	234	234	223	221	204	99
Qomv omvormer (kVar)	0	-56	99	-77	78	-3	-61	17	96	101	-53	102	21	119	-81
Somv omvormer (kVA)	250	240	253	91	92	3	239	248	251	255	240	245	222	236	127
Uomv (V)	550	540	575	512	548	523	590	603	598	552	515	527	507	505	555
Uomv (p.u.)	1.000	0.982	1.045	0.931	0.997	0.951	1.073	1.108	1.088	1.004	0.937	0.958	0.922	0.919	1.009
Iomv (p.u.)	1.00	0.98	0.97	0.39	0.37	0.01	0.89	0.90	0.92	1.02	1.03	1.02	0.96	1.03	0.51

Figuur 7 Berekeningen loadflowcases NBNL CVD 2.0 en Pmax