

Bogotá D. C., 24 de julio de 2020

Señor
German Corredor Avella
Director Ejecutivo
Asociación de Energías Renovables de Colombia - SER
Ciudad

Asunto: Respuesta a solicitud de interpretación del Acuerdo CNO 1258 y
revisión de los límites para protecciones.

Estimado Señor Corredor:

El Consejo Nacional de Operación-CNO en ejercicio de las funciones que la Ley 143 de 1994 le ha asignado, de acordar los aspectos técnicos para garantizar que la operación integrada del Sistema Interconectado Nacional-SIN sea segura, confiable y económica, y ser el organismo ejecutor del Reglamento de Operación, a continuación da respuesta a cada una de las inquietudes de la comunicación del asunto:

"(...) Teniendo en cuenta el numeral 6 del Acuerdo CNO 1258, el cual, establece que: La capacidad total de potencia en MW que se conecta a un nodo eléctrico puede ser una sola unidad de generación o la suma agregada de todos los recursos de generación en el mismo punto eléctrico de conexión. Para sistemas de generación conectados a los niveles de tensión 1, 2 y 3 solo se permitirá la conexión monofásica de inversores hasta una potencia máxima de 10 kW (...); quisiéramos saber si el entendimiento que tenemos a lo descrito aplica de la siguiente manera:

- 1. En una instalación monofásica bifilar, es permitido una conexión de sistemas de autogeneración con una potencia máxima agregada de generación de hasta de 10 kW.*
- 2. En una instalación monofásica trifilar, es permitido una conexión de sistemas de autogeneración con una potencia máxima agregada de generación de 10 kW por fase, es decir, un agregado máximo de generación de 10 kW.*

3. *Un usuario con un sistema trifásico puede conectar un agregado de generación con inversores monofásicos de hasta 30 kW, distribuidos en 10 kW por fase, es decir, un sistema de generación mayor a 30 kW deberá usar inversores trifásicos.*
4. *Según lo dispuesto en acuerdo no sería posible desarrollar proyectos de más de 10 kW en el sector rural en donde la mayoría de las redes de distribución son monofásicas bifilares y los usuarios se conectan a través de transformadores monofásicos en el nivel de tensión 1 (...)."*

Al respecto es importante aclarar que, para dar respuesta a las inquietudes, se considera lo previsto en el Acuerdo 1322 del 30 de junio de 2020 el cual sustituyó el Acuerdo 1258.

Respuesta:

I Capacidad máxima de conexiones monofásicas al nivel de tensión 1.

En el numeral 6 del Acuerdo 1322 de 2020 se especificó que:

"La capacidad total de potencia en MW que se conecta a un nodo eléctrico puede ser una sola unidad de generación o la suma agregada de todos los recursos de generación en el mismo punto eléctrico de conexión. Para sistemas de generación conectados al nivel de tensión 1 se permitirá la conexión monofásica (una fase y neutro) de inversores hasta una potencia máxima de 10 kW por cada fase, para conexiones monofásicas trifilares (dos fases y neutro) y tetrafilares (tres fases y neutro) se permite la conexión de 10 kW por fase, sin exceder los límites de capacidad establecidos por la regulación vigente" (Resolución 030 de 2018, artículo 5).

Para establecer la capacidad máxima de las conexiones monofásicas de sistemas de generación basados en inversores al nivel de tensión 1, se tuvieron en cuenta las siguientes cuatro (4) consideraciones técnicas:

- a. La capacidad máxima de los equipos de medida directa. Según información suministrada por algunos de los Operadores de Red - ORs, la capacidad máxima para un medidor de medida directa es de 100 A, si la tensión es de 120 V, se podrían conectar hasta 12 kW en forma monofásica. Sin embargo, si la tensión es de 240 V se podría llegar a conectar hasta 24 kW.
- b. La capacidad del conductor típico secundario de los transformadores. Según información suministrada por algunos de los ORs, el calibre de los conductores

típicos en el nivel de tensión 1 corresponden a calibres N2 y N4, razón por cual la capacidad máxima sería de 95 A y 70 A, respectivamente. Si la tensión es de 120 V, se tendría una potencia máxima de 11,4 kW y 8,4 kW, respectivamente.

- c. La capacidad máxima de los transformadores monofásicos y trifásicos conectados en la red del SDL. Según información suministrada por algunos de los ORs, se identificó que la mayoría de los transformadores monofásicos y trifásicos instalados en redes de distribución tienen capacidades cercanas a 100 kVA y 150 KVA, respectivamente. Según la resolución CREG 030 de 2018:

"La sumatoria de la potencia instalada de los GD o AGPE que entregan energía a la red debe ser igual o menor al 15% de la capacidad nominal del circuito, transformador o subestación donde se solicita el punto de conexión. La capacidad nominal de una red está determinada por la capacidad del transformador".

Por lo anterior, debe considerarse también el valor de la capacidad del transformador para la definición del límite de una conexión monofásica en el nivel de tensión 1.

- d. Referencia de otros países de conexiones monofásicas permitidas en redes de distribución. En la Tabla 1 se presenta la máxima capacidad de conexiones monofásicas de generadores conectados en el nivel de tensión 1 en redes de otros países: Chile, España (Endesa), Australia (Ausgrid) y Reino Unido.

Tabla 1. Referenciamiento conexiones monofásicos conectados en el nivel de tensión 1

REG.	CAPACIDAD CONEXIÓN	REFERENCIA
CHILE [1]	10 KW	"Si el Empalme del Usuario Final es monofásico en BT, la Capacidad Instalada del EG debe ser menor a 10 kW. Cuando la Capacidad Instalada de la totalidad de los EG conectados en un mismo Empalme sea mayor o igual a 10 kW, deberá ser conectado a la red como generador trifásico simétrico. Esta exigencia puede ser cumplida mediante una Conexión Comunicativa entre los EG monofásicos o bien mediante el uso de EG trifásicos. Se deberá garantizar que el desbalance sea inferior o igual a 5 kVA por fase...".
ENDESA (España) [2]	5 KW	"...Si la potencia nominal de la instalación de generación es superior a 5 kW, su conexión deberá ser trifásica, admitiéndose un desequilibrio de fases inferior a 5 kW. En cualquier caso, para conexiones trifásicas mediante inversores monofásicos deberá instalarse al menos un inversor en cada una de las fases...".

REG.	CAPACIDAD CONEXIÓN	REFERENCIA										
AUSGRID (Australia) [3]	10 kW	PV installations have been classified according to their inverter rating as shown in the table below. <table><tr><th>Class</th><th>Inverter Nameplate Rating (Total connected generation capacity)</th></tr><tr><td>1</td><td>Up to 10kW single phase or 30 kW three phase</td></tr><tr><td>2</td><td>Above 30 kW up to 60 kW three phase</td></tr><tr><td>3</td><td>Above 60 kW up to 120 kW three phase</td></tr><tr><td>4</td><td>Above 120 kW up to 200 kW three phase</td></tr></table>	Class	Inverter Nameplate Rating (Total connected generation capacity)	1	Up to 10kW single phase or 30 kW three phase	2	Above 30 kW up to 60 kW three phase	3	Above 60 kW up to 120 kW three phase	4	Above 120 kW up to 200 kW three phase
Class	Inverter Nameplate Rating (Total connected generation capacity)											
1	Up to 10kW single phase or 30 kW three phase											
2	Above 30 kW up to 60 kW three phase											
3	Above 60 kW up to 120 kW three phase											
4	Above 120 kW up to 200 kW three phase											
ENA (UK) [4]	17 KW	7.6.2 There is no requirement to provide intertripping between single phase inverters where these are installed on multi-phase supplies up to a limit of 17kW per phase (subject to balance of site output as per section 7.5). A single phase 17kW connection may result in an imbalance of up to 17kW following a Distribution System or Generating Unit outage. However the connection design should result in imbalance under normal operation to be below 16A between phases as noted above. 7.6.3 Power Stations with a capacity above 17kW per phase are expected to comprise three phase units. The requirement to disconnect all phases following a fault in the Customers Installation or a Distribution System outage applies to three phase inverters only and will be tested as part of the type testing of the Generating Unit. In some parts of the country where provision of three phase networks is costly then the DNO may be able to provide a solution using single or split phase networks for Power Stations above the normal limits as set out above.										

Por lo anterior, el valor establecido en el Acuerdo 1322 para la conexión monofásica de sistemas de generación basados en inversores en el nivel de tensión 1, permite mantener la confiabilidad de la red, respetar los límites técnicos constructivos de los equipos existentes, y, además se alinea con los valores establecidos en otras regulaciones en el mundo.

II Requisitos de protecciones por capacidad del inversor.

En Colombia, considerando las simulaciones realizadas, el nivel de interconexión de muchas de las redes del SDL y STR, y los impactos en la seguridad y confiabilidad del sistema y la protección de las vidas humanas, se concluyó en el Acuerdo CNO 1322 de 2020 que, en las condiciones actuales, a partir de 250 kW se debe disponer de medición y equipos de protección en el punto de conexión o en el mismo nivel de tensión del punto de conexión; para el equipo de corte o interrupción se plantearon diferentes alternativas, según el tipo y capacidad de generación, con opciones de instalar este dispositivo al interior del sistema de generación.

Teniendo en cuenta que, ante fallas en la red de distribución a la cual se conecta el sistema de generación, mientras mayor sea la capacidad del generador menor será la caída de tensión medida a nivel del inversor, y que los inversores solo cuentan con funciones de protección de tensión, frecuencia y anti-isla (algunas basadas solo

en métodos pasivos que dificultan la detección de islas), se definió que para sistemas de generación menores o iguales 250 kW se pueden disponer de las protecciones integradas al propio equipo de generación. Incrementar este valor comprometería la capacidad de los sistemas de generación para detectar y despejar fallas monofásicas, ya que puede no ser suficiente la tensión medida a nivel del inversor para garantizar la desconexión del generador ante falla o condición de isla.

En las tablas 2 y 3 presentamos los principales requisitos de protecciones solicitados en regulaciones de otros países.

Tabla 2. Referenciamiento de requisitos de protecciones para generadores en el punto de conexión en MT

REG.	Medida BT integrada al equipo	PROT PC	EQUIPO DE CORTE	EQUIPO DE MEDIDA	EACP
CHILE [5]	Hasta 500 kW, ver nota (a)	27, 50/50N, 51/51N, 59, 59N, 81 y anti-isla	En el PC excepto para los PMGD menores a 500 kW. Para instalación compartida puede estar en ubicación efectiva con DDT.	PT: La medición deberá implementarse trifásicamente y la tensión se medirá entre fases.	Obligatorio ^(b)
HYDRO-QUEBEC (Canadá) [6]	Hasta 300 kW	27, 50/50N, 51/51N, 59, 81, 21/51V ^(c)	Interruptor	PT: medición por fase, con conexión fase-tierra en el lado del OR. CT por fase, el CT de neutro es opcional. Los PT y CT solo se pueden usar para protección.	Obligatorio
EDISSON ^(d) (USA) [7]	Hasta 200 KW	27/59, 47 y 81.	Interruptor bajo carga (Load break switch)	--	Obligatorio

Tabla 3. Referenciamiento de requisitos de protecciones para generadores en el punto de conexión BT

REG.	Medida BT integrada al equipo	PROT PC	EQUIPO DE CORTE	EQUIPO DE MEDIDA	EACP
CHILE [1]	Hasta 100 kW ^(e)	27, 59, 81 y anti-isla	En el PC excepto para los PMGD	Capacidad igual o menor a 100 kVA se medirá la tensión de cada conductor respecto al neutro.	Obligatorio

REG.	Medida BT integrada al equipo	PROT PC	EQUIPO DE CORTE	EQUIPO DE MEDIDA	EACP
			menores a 500 kW. Para instalación compartida puede estar en ubicación efectiva con DDT.	Capacidad Instalada mayor a 100 kVA, las funciones de protección de tensión deben ser trifásicas. Para ello, las tres tensiones fase-neutro deben ser medidas. Las tres tensiones entre fases pueden ser determinadas aritméticamente a partir de las tres tensiones fase-neutro, o bien, medidas de forma separada. Como sea, se requieren las tensiones de línea y fase neutro para las tres fases.	
HYDRO-QUEBEC (Canadá) [8]	Hasta 300 kW	27, 50/50N, 51/51N ^(a) , 59, 81	Se permiten fusibles coordinados con las protecciones del TR	PT: medición por fase, con conexión fase-tierra en el lado del OR. CT por fase. CT de neutro opcional. Los PT y CT solo se pueden usar para medida.	Obligatorio

Notas:

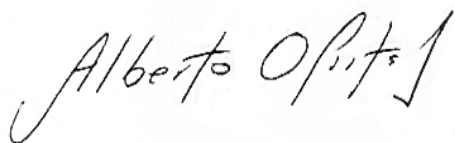
- (a) La Protección RI deberá medir en MT, exceptuándose el caso de PMGD menores a 500 kW en donde se podrá utilizar un esquema de medición en BT siempre que la caída de tensión entre el Punto de Conexión a la red y la protección RI en BT sea inferior del 3%; para los sistemas de generación que aplique esta excepción no requieren protecciones 50N/51N y 59N.
- (b) Se requiere EACP para sistemas de generación mayor a 1.5 MW, o menores a este valor según los resultados de la evaluación del impacto no significativo (INS).
- (c) Las funciones 21, 51V son requeridas si los sistemas de generación aportan bajos valores de cortocircuito, tales como sistemas de generación basados en inversores o de inducción.
- (d) Para sistemas de generación conectados a tensiones mayores a 34.5 kV disponer de 67V, 87L y 50/50N y 51/51N en el punto de conexión.
- (e) Todo EG debe contar con una Protección RI la que podrá ser centralizada o integrada. Si la capacidad instalada de los EGs es superior a 100 kVA la protección RI deberá ser centralizada, si es menor o igual a 100 kVA la RI debe ser integrada a los EG. Asimismo, en el caso de EG sin inversores la protección RI deberá ser del tipo centralizada. Valor definido en la ley 21.118, valores inferiores a la capacidad permitida no requieren obras adicionales, adecuaciones o estudios de impacto. Se podrán conexiones con capacidad instalada mayor a la permitida, para esta opción se deberán realizar estudios de viabilidad y validación de obras o adecuaciones adicionales.
- (f) La protección primaria puede ser reemplazada por fusible, siempre y cuando se encuentren coordinados. También, según el tipo de conexión de la red pueden requerirse las funciones 46 y 59N.

En las referencias consultadas de requerimientos de protecciones para conexión de sistemas de generación basados en inversores, a partir de potencias entre 200 kW y 500 kW, se exige la implementación de protecciones, equipos de medida y elementos de corte de corriente en el punto de conexión del sistema de generación con el sistema de potencia.

De acuerdo con lo expuesto, los requisitos de protecciones definidos en el Acuerdo 1322 para sistemas de generación en el SIN colombiano, especialmente para las nuevas tecnologías conectadas al SDL, están soportados en análisis técnicos, experiencia operativa y referenciamientos internacionales de otros códigos de redes.

Agradecemos a SER sus valiosos aportes y esperamos poder seguir contando con su contribución técnica, y quedamos atentos a cualquier aclaración adicional que se requiera o abrir el espacio de discusión al interior del Subcomité de Protecciones si así lo consideran.

Atentamente,



ALBERTO OLARTE AGUIRRE
Secretario Técnico del CNO

Referencias

- [1] CHILE. Norma técnica de conexión y operación de equipamientos de generación. Chile, 2015.
- [2] ENDESA. Instalaciones privadas conectadas a la red de distribución. Generadores en baja tensión. Julio 2017.
- [3] AUSGRID. 194 – 194A Protection Requirements of Embedded Generators >30kW, Asgrid. Australia, 2013.
- [4] ENA. Recommendation for the connection of generating plant to the distribution systems of licensed distribution network operators, Energy Networks Association. (G58, UK). 2015.
- [5] CHILE. Norma Técnica de Conexión y Operación de PMGD en instalaciones de media tensión. Chile, 2019.
- [6] Exigences relatives au raccordement de la production decentralisee aun reseau de distribution moyenne tension d'Hydro-Quebec. Quebec 2009.
- [7] Distribution Interconnection Handbook. Southern California Edison Company. EDISON 2012.
- [8] Exigences relatives au raccordement de la production decentralisee de 600 KVA et moins aun reseau tension d'Hydro-Quebec. Quebec 2005.