

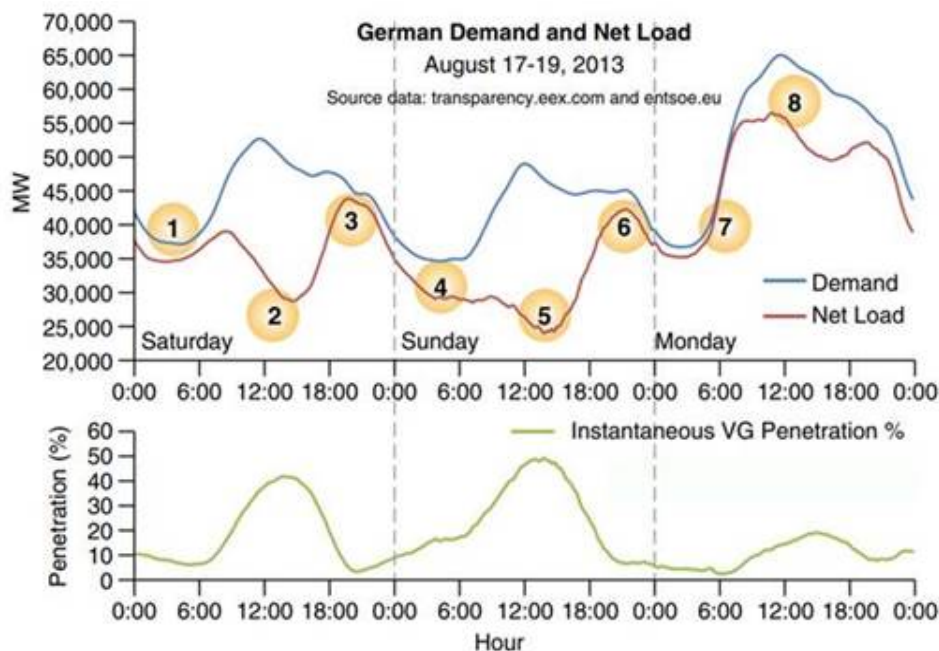
Flexibilidad

Objetivo:

El siguiente documento tiene como objetivo presentar el concepto de flexibilidad en los Sistemas Eléctricos de Potencia-SEP, los elementos que la proporcionan, las metodologías para su evaluación y las diferentes métricas para cuantificarla.

Introducción:

El Electric Power Research Institute-EPRI define la flexibilidad operativa como la habilidad de un SEP para "rampear"¹ o ciclar varios recursos de generación, manteniendo el balance generación-demanda. En la gráfica 1 se observa la producción de las Fuentes Variables de Energía-VRE y el reto que representan para la operación (equilibrio instantáneo, considerando la variabilidad de corto plazo que tienen los recursos primarios de las fuentes renovables no convencionales).



Gráfica 1: Evolución Demanda Neta en el Sistema Alemán (Agosto 17-19 de 2013).

En la medida que la participación instantánea de los recursos intermitentes es alta, se ocasionan secuencias excesivas de rampa para la Demanda Neta, definida como la demanda total menos la generación VRE. Lo anterior no sólo incrementa el riesgo de inestabilidad de los Sistemas Eléctricos de Potencia por el desplazamiento de la generación sincrónica y su inercia asociada, también hace

¹ Variar los recursos de generación de forma positiva o negativa en un intervalo de tiempo definido.

necesario que las plantas controlables, como las hidroeléctricas y térmicas a gas, respondan rápidamente, incrementando su “ciclaje”, implicando ello eventos excesivos de rampa, encendidos y apagados, y en ocasiones, la violación de los tiempos mínimos en línea de las plantas térmicas convencionales.

Por lo anterior, la incorporación de las fuentes VRE y el desplazamiento de la generación controlable por dichos recursos intermitentes son los principales retos para incrementar la flexibilidad de los SEP, respetando claro está sus restricciones, como la inercia mínima requerida y las necesidades de reserva para la regulación primaria y secundaria de frecuencia; y considerando otros factores externos como la integración de mercados, restricciones ambientales en el aprovechamiento de las fuentes hídricas (caudales), el cambio de los patrones de consumo de la demanda, entre otras.

En este sentido, la incorporación de fuentes VRE puede verse limitada por dos razones: el exceso de fuentes energéticas en el sistema, o por la inflexibilidad de los SEP, la cual podría implicar un riesgo para su operación segura y confiable.

Finalmente, vale la pena mencionar que las autoridades regulatorias en USA, por ejemplo, han exigido a los planificadores contemplar requerimientos de flexibilidad en sus procedimientos (Integrated Resource Planning (IRP)). Como referencia, CAISO ha desarrollado el criterio “Flexible Resource Adequacy”, el cual busca asegurar la capacidad flexible que necesita su sistema para operar de una manera segura y confiable. Esto también conlleva cambios en la estructura tarifaria y del mercado, ya que se definen elementos conexos, como la obligatoriedad de ofertas para nuevos productos, como la flexibilidad, y el ajuste del mercado de capacidad (Long Term Procurement Planning-LTPP). Asimismo, desde la ley se ha exigido a los reguladores desarrollar nuevos productos de mercado, para establecer y asignar metas de almacenamiento.

Definición de flexibilidad:

Teniendo en cuenta lo anterior, la flexibilidad en los SEP se refiere a la habilidad que tienen los mismos para responder a varias condiciones de cambio en el balance generación-demanda, en todas las escalas y horizontes de tiempo.

Fuentes de flexibilidad:

Desde el punto de vista de la oferta, las principales fuentes de flexibilidad son:

- Unidades de generación con niveles de producción controlables y tiempos de respuesta cortos (arranques, paradas, rampas, tiempos en línea y fuera de línea, entre otros).
- Sistemas de transmisión robustos que minimicen las restricciones operativas.
- Interconexiones internacionales fuertes que incrementen la inercia del sistema.

- Sistemas de almacenamiento de gran escala (baterías, embalses y acople de sectores como el "Power To Gas"²) que minimicen los requerimientos de rampas de generación, disminuyan la congestión de los sistemas de transmisión y distribución, y proporcionen energía al sistema en cortos periodos de tiempo.

Desde el punto de vista del consumidor, las fuentes de flexibilidad son:

- Respuesta de la demanda.
- Demanda desconectable voluntaria.
- Sistemas de almacenamiento a pequeña escala, con operación controlable.

Metodologías de evaluación de la flexibilidad:

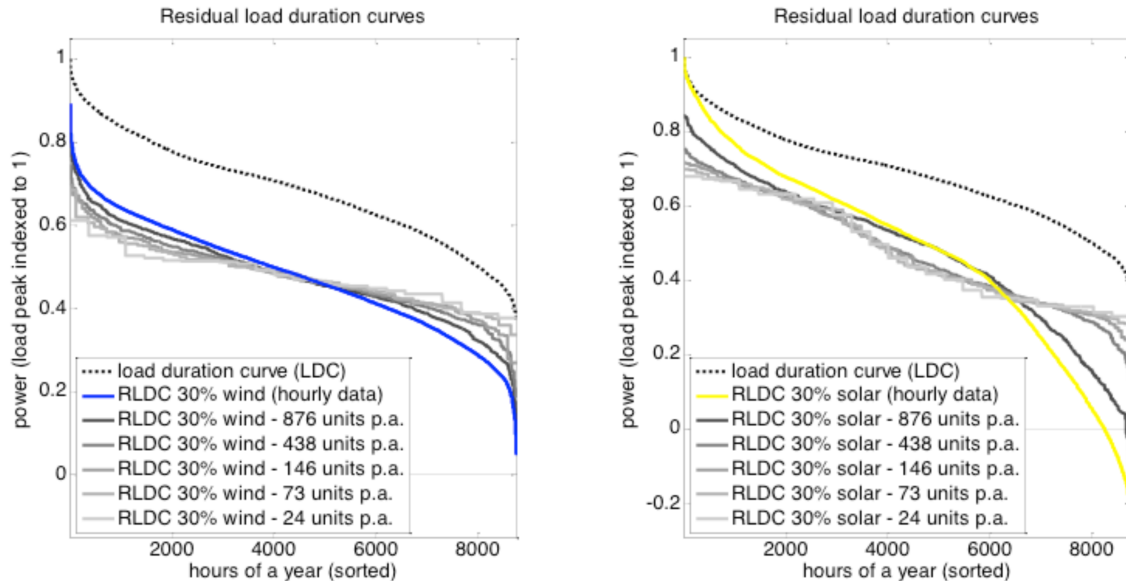
Existen varias metodologías de evaluación de la flexibilidad en los SEP, desde las más sencillas como la construcción de las curvas de duración de la demanda neta, hasta las más elaboradas como la simulación de la operación a través de un enfoque unit commitment (modelos de producción teniendo en cuenta todas las restricciones del sistema).

En la gráfica 2 se presentan las curvas de duración de la demanda neta para un sistema de referencia, considerando una penetración del 30 % de plantas eólicas (figura izquierda) y solares fotovoltaicas (figura derecha), normalizadas respecto al pico de potencia de la demanda total (1 en p.u.). La diferencia entre 1 p.u. y el mayor valor nominal de la curva de duración de la demanda neta, indica la cantidad de potencia asociada a plantas convencionales que son necesarias para garantizar el abastecimiento energético. Por otro lado, un valor negativo permite conocer de manera muy sencilla la cantidad de potencia renovable no convencional que no se podría incorporar al sistema, que a su vez implicaría vertimientos renovables.

Si bien las curvas de duración de la demanda neta representan una forma sencilla para evaluar la flexibilidad, estas no contemplan las limitaciones de transporte, requerimientos de reserva e inercia, entre otras restricciones fundamentales.

En este contexto, la evaluación de la flexibilidad de los Sistemas Eléctricos de Potencia implica el análisis detallado de su operación, considerando menores resoluciones temporales (horas o incluso minutos), en contraste con las que tradicionalmente son tenidas en cuenta en los análisis del planeamiento operativo (meses y semanas). Adicionalmente, es necesario incluir las características técnicas de los sistemas que impactan de forma directa, positiva o negativamente, su flexibilidad operativa.

² Tecnología que convierte potencia eléctrica en gas combustible.



Gráfica 2: Curvas de duración de la demanda neta (horaria) considerando una participación del 30 % de plantas eólicas y solares fotovoltaicas.

Para evaluar la flexibilidad a través de modelos de producción es indispensable considerar:

- Análisis cronológico con resolución mínima horaria.
- Sistema de transmisión y sus restricciones (capacidad de transmisión, cortes eléctricos, etc.).
- Restricciones operativas (condiciones mínimas y/o máximas).
- Restricciones técnicas de las unidades de generación (arranques, paradas, mínimos técnicos, tiempos mínimos en línea y fuera de línea, etc.).
- Requerimientos de inercia y reservas (al menos reserva primaria y secundaria para regulación de frecuencia).
- Escenarios de demanda y producción de fuentes renovables con la misma resolución temporal del análisis.

Métricas para cuantificación de la flexibilidad:

Las métricas son fundamentales para establecer los requerimientos de flexibilidad de los SEP. A continuación se mencionan algunas de las más utilizadas en la literatura. Estas se enfocan en dos aspectos: cuantificar los recursos disponibles y medir el nivel de estrés del sistema.

Desde el punto de vista de los recursos, las principales variables a observar son:

- Reservas de generación (frías: capacidad disponible de las unidades fuera de línea; calientes: capacidad disponible de las unidades en línea acotada por su rampa de generación).

- Demanda no suministrada (valor absoluto y valor relativo con respecto a la demanda total del sistema) y número de periodos con déficit.
- Vertimientos de generación hidráulica, eólica y solar (valor absoluto y valor relativo con respecto a su nivel máximo de producción y a la demanda del sistema).
- Disponibilidad de combustibles, por ejemplo, estableciendo el nivel de uso de los combustibles.
- Intercambios con otros países en caso de considerar sistemas interconectados, por ejemplo, a través del nivel de uso de la interconexión.
- Generación total renovable no convencional por áreas (en caso de existir) y generación total del sistema para evaluar su complementariedad.

Para la valoración del nivel de estrés del sistema, las principales variables a seguir son:

- Número de arranques y paradas de las unidades de generación térmicas, en el horizonte de análisis.
- Variaciones inter-temporales (rampas) de la demanda neta del sistema (valores esperados, magnitud, frecuencia y duración).
- Número de secuencias de rampa.
- Uso de las rampas.
- Uso de la red de transmisión.

Al margen del referenciamiento anterior, las métricas deberán ser definidas por la entidad competente, ya sea el CNO, la UPME, el CND o la CREG.

Conclusiones:

Los procedimientos de planificación de la operación y expansión comúnmente no contemplan el atributo de flexibilidad en sus metodologías. Si bien la idea es determinar a partir de una proyección de demanda y generación renovable, cuál podría ser la condición operativa y las futuras necesidades del sistema, evaluando ciertos indicadores, las metodologías comúnmente empleadas no tienen en cuenta la variabilidad e incertidumbre de las fuentes VRE en el muy corto plazo, al igual que las inflexibilidades de las plantas convencionales (rampas, tiempos de arranque, tiempo mínimo en línea, entre otras).

En este sentido, dichas metodologías de planificación operativa y de la expansión de los Sistemas Eléctricos de Potencia deben considerar el concepto/criterio de flexibilidad.