

Instalación de un Sistema AGC (Automatic Generation Control) en un Smartgrid para mejorar la Eficiencia de la Operación Económica del SEIN

Expositor:

Ing. Manuel Luque Casanave
Consultora VERMAN / UNI-FIM



Introducción

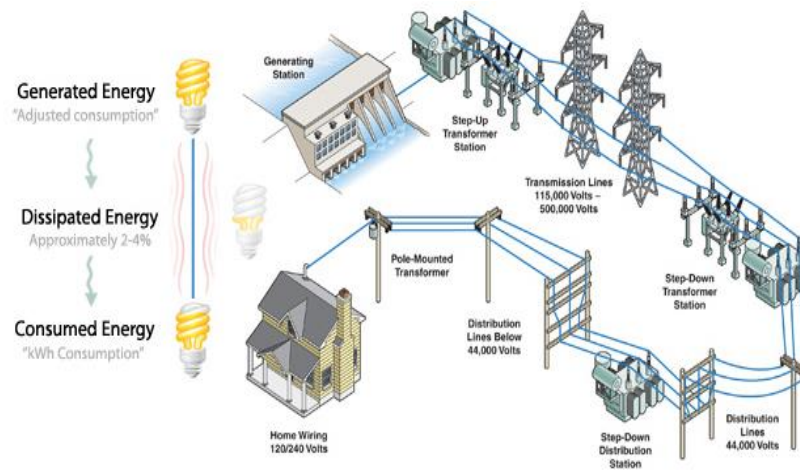
- El país cuenta con una red eléctrica nacional que interconecta a las centrales de generación eléctrica con los usuarios a través de las empresas distribuidoras. Para ello se cuenta con una vasta red de líneas de transmisión con tensiones de 500, 220, 138, 66, 60, 50, 33 kV, conformando así el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).
- El Comité de Operación Económica del Sistema (COES) se encarga de operar el SEIN a través del Centro Coordinador Nacional y de administrar el Mercado de Corto Plazo (MCP). Realiza el planeamiento de la transmisión eléctrica mediante un plan vinculante de transmisión.

- Son integrantes del COES las empresas de generación de electricidad, transmisión eléctrica, distribución eléctrica y los usuarios libres (grandes consumidores)
- La programación y coordinación de la operación integrada de los recursos de generación y transmisión del SEIN la realiza el COES de acuerdo con lo estipulado en la Ley de Concesiones Eléctricas (LCE) y la Ley para Asegurar el Desarrollo Eficiente de la Generación Eléctrica (Ley N° 28832), cumpliendo con sus respectivos reglamentos y con los procedimientos técnicos aprobados por el OSINERGMIN.

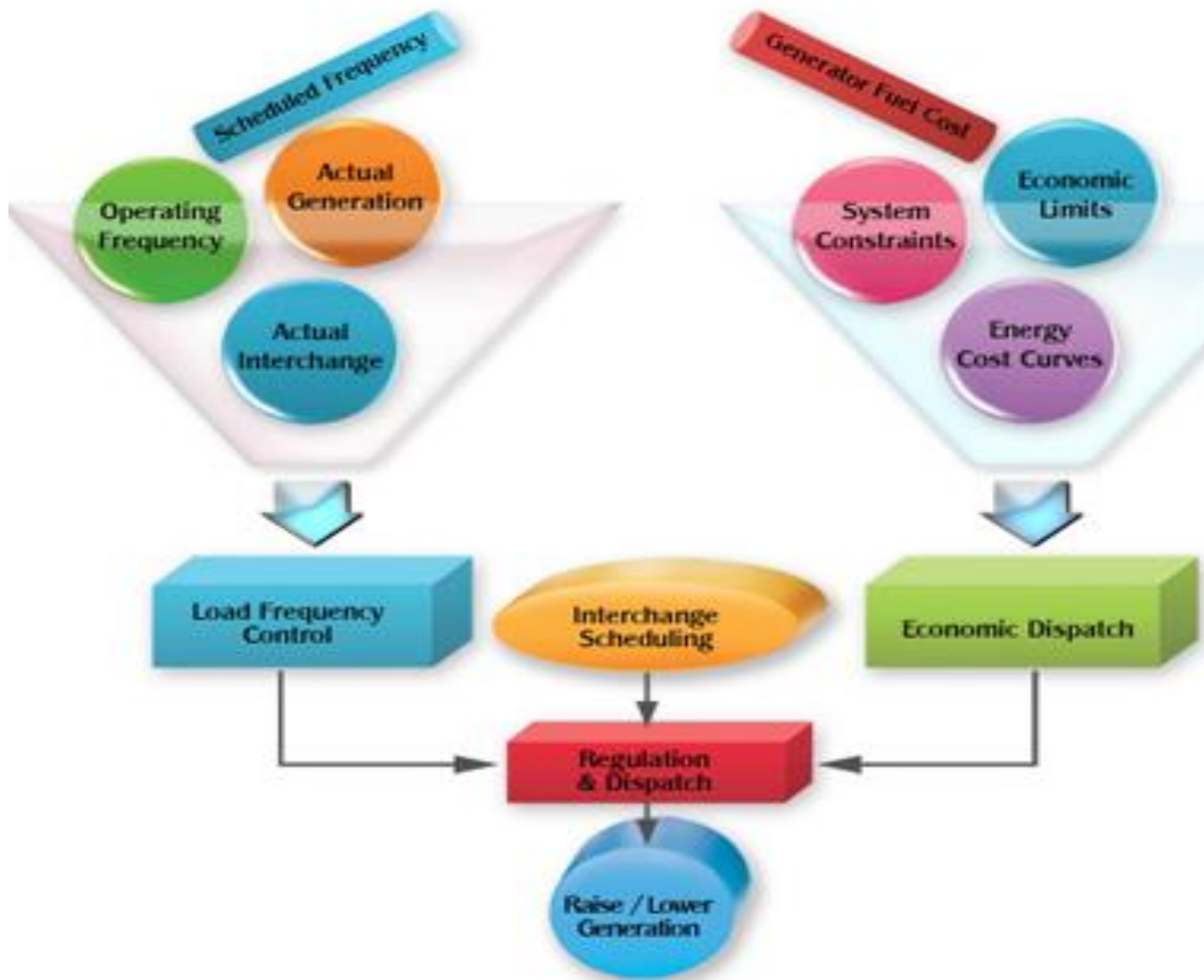
- En la zona central del país la red eléctrica está fortalecida por las múltiples interconexiones tipo malla con un buen número de centrales de generación.
- En cambio en la zona norte y sur del país se tienen líneas de transmisión de larga extensión de centenares de km que alimentan pocas cargas desde las generadoras del centro del país.

AUTOMATIC GENERATION CONTROL

AGC



- En la red de un sistema eléctrico interconectado hay diferentes tipos de generadores y diversidad de cargas.
- Para una operación eficiente los generadores deben ser controlados para mantener una operación oportuna y estable del sistema.
- Una de las maneras eficaces de hacerlo es a través de la instalación de un sistema de control automático de generación AGC (Automatic Generation Control).



Objetivos básicos de un AGC :

- Mantener la frecuencia del sistema en un valor muy cercano al nominal.
- Mantener el valor correcto de los intercambios de potencia en las líneas de enlace entre áreas de control.
- Mantener la generación de cada unidad en el “valor más económico”.

- Por la características y topología de la red del SEIN, con el fin de asimilar -con mejores resultados operativos- la variabilidad de entregas de energía y variabilidad de cargas, es necesario que se cuente con un sistema de control automático de generación Automatic Generation Control- AGC
- Con un AGC se logran respuestas oportunas ante la variabilidades súbitas que podrían presentarse.
- Se controlan las potencias de salida de los generadores eléctricos para mantener la estabilidad de la red, la frecuencia del sistema y se programan automáticamente las secuencias y operaciones de despachos.



II CONGRESO
MANTENIMIENTO
ELÉCTRICO

EXPOFERIA EXPOSICIÓN DE EQUIPOS, MATERIALES Y SOLUCIONES EN INSTALACIONES
DE GENERACIÓN, TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA



2014

- El control automático de generación (AGC) es un sistema on-line para ajustar la potencia de salida de múltiples generadores de diferentes plantas de energía, en respuesta a los cambios en la carga. Realiza los ajustes necesarios en forma frecuente a la salida de los generadores para que la generación y la carga se equilibren en todo momento.
- EL AGC calcula el valor de los parámetros para optimizar el funcionamiento de las unidades de generación. Utiliza datos en tiempo real, como la frecuencia, la generación actual, los flujos de carga en las líneas de transmisión de enlace, la situación operativa de las unidades de generación, a fin de proporcionar los cambios requeridos en la generación para cubrir la demanda.
-

- Cuando la red tiene interconexiones vinculantes con áreas adyacentes de control, el AGC ayuda a mantener los intercambios de energía sobre las líneas de enlace al nivel programado. El AGC toma acción inmediata y oportuna para mantener en todo momento la generación que se requiere para cubrir la económicamente la demanda del sistema
- Con sistemas de control on-line distribuido basados en computadoras y múltiples entradas de información de las características de las unidades de generación, el AGC tiene en cuenta las unidades más económicas para asignar automáticamente la generación, tanto térmica, hidroeléctrica, renovables u otros tipos de generación, considerando las restricciones de cada unidad, la topología de la red, las limitaciones relacionadas con la estabilidad del sistema y la capacidad de subestaciones y de las interconexiones, así como las capacidades disponibles de las líneas de transmisión.



- Con el AGC se podrá mantener la estabilidad del SEIN frente a entregas de potencia variables -como el caso de las generadoras eólicas- y no ser afectado por cargas fluctuantes en dos parámetros básicos: frecuencia y tensión.
- La frecuencia del sistema es el parámetro que define la condición de equilibrio, así si se incrementa se está generando más energía que la demandada y todas las máquinas en el sistema estarían acelerando. Si la frecuencia del sistema está disminuyendo es debido a que hay exceso de carga respecto a la generación instantánea que el sistema puede proporcionar.
-
- En ambos casos el AGC toma acción inmediata y oportuna para mantener en todo momento la generación que se requiere para cubrir la económicamente la demanda del sistema.
- El AGC es ideal para operar en una red con generación distribuida.

- Sin AGC, una unidad de generación en un sistema se designa como la unidad de regulación y se ajusta manualmente para controlar el equilibrio entre generación y carga a fin de mantener la frecuencia del sistema en el valor deseado. Las demás unidades de generación se controlan en forma proporcional a su participación con la carga según su potencia.
- Con el AGC muchas unidades en el sistema pueden participar en la regulación, reduciendo el desgaste de máquina por el control con una sola unidad, incrementando así la eficiencia global, la estabilidad y la economía del sistema.

SMARTGRID



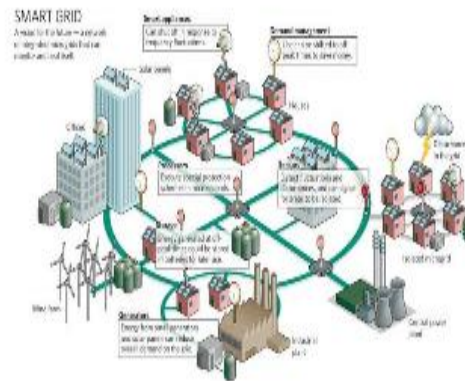
- Smartgrid (red eléctrica inteligente) es la integración dinámica de los desarrollos en redes eléctricas y los avances de las tecnologías de la información y comunicación (TICs), dentro de un sistema de gestión de la energía eléctrica : generación, transmisión, distribución y comercialización, incluyendo las energías alternativas; permitiendo que las áreas de coordinación de protecciones, control, instrumentación, medida, calidad y administración de energía, sean concatenadas en un solo sistema de gestión con el objetivo de realizar un uso eficiente y racional de la energía.
- La red eléctrica inteligente es una forma de gestión eficiente de la electricidad que utiliza la tecnología informática para optimizar la producción y la distribución de electricidad con el fin de equilibrar mejor la oferta y la demanda entre productores y consumidores.

- Con el smartgrid se optimiza la producción y distribución de electricidad al equilibrar mejor la oferta y la demanda entre productores y consumidores.
- Se generan ahorros significativos en el sistema eléctrico reduciendo las pérdidas que se producen por el transporte de energía.
- Es la tecnología clave que permite la conexión eficaz y masiva a la red de las energías renovables y de la generación distribuida. Es una tecnología ecoeficiente pues se logra distribuir más energía con más seguridad, con mejor gestión en la producción y demanda de energía, en un escenario de eficiencia energética y con menores costos asociados a las menores pérdidas en la red y a la mejora en la calidad de suministro.

- La irrupción de las energías renovables y la generación distribuida en el panorama energético mundial ha cambiado notablemente los flujos de energía en la red eléctrica. Los usuarios no solo consumen, sino que también producen electricidad a través de la misma red, con flujo de energía bidireccional.
- Una red inteligente envía electricidad desde los proveedores a los consumidores usando una tecnología digital bidireccional para controlar las necesidades del consumidor. Esto ayuda a ahorrar energía, reducir costo, optimizar el uso de la red e incrementar la transparencia del sistema.
- No olvidemos el aspecto ambiental. El usar la energía de manera eficiente ayuda a reducir las emisiones de CO₂ y el calentamiento global.



The University of New Mexico smart grid leverages smart buildings, smart meters, thermal storage, renewable energy, and distributed generation.



Mejoras en la eficiencia de la Operación Económica del SEIN en Perú

- Actualmente los centros de control poseen comunicación con las centrales de generación, con las subestaciones de transporte y con los grandes consumidores, realizando programaciones semanales y diarias, con cálculos de costos marginales, con valoración de las transferencias de energía en el corto plazo, entre otras actividades. De esta forma, se llevan a cabo las funciones de control de la operación del sistema, complementado en algunas ocasiones con acciones manuales, para un despacho económico y seguro.

- Permite la incorporación de la generación de energías renovables con bajo impacto en la red SEIN por variabilidad en el suministro, por huecos de tensión y variaciones en la frecuencia.
- Favorece la implementación de la generación distribuida al permitir equilibrar la producción con la demanda a través de la red inteligente, optimizando el aprovechamiento de los recursos energéticos distribuidos en el sistema.
- Incorporación de equipos de control que permiten actuar de manera eficiente y oportuna frente a fallas.
- Incorporación por parte de los usuarios de electrodomésticos y equipos eléctricos inteligentes, que permiten ajustarse a esquemas de eficiencia energética, nuevas opciones tarifarias inteligentes con seguimiento de programas de operación predefinidos.

- Incorporación futura de aplicaciones que puedan ser parte de soluciones de domótica avanzada, ajustadas a los requerimientos de cada cliente.
- Permite la implementación de sistemas de control inteligentes que logran extender y optimizar los servicios que se puedan intercambiar entre los distintos actores del mercado eléctrico.
- Permite aprovechar eficientemente la capacidad de transmisión de la red.

Infraestructura requerida

- Implementación e integración masiva de sensores, actuadores, de tecnologías de medición cableada e inalámbrica, con esquemas de automatización en lazo (PID, Fuzzy Logic, DCS, otras) en todos los niveles de la red. Sensores cableados e inalámbricos integrados al sistema en plataformas y redes LAN, Ethernet.
- Implementación de una plataforma de comunicación multipropósito con conectividad e tiempo real con todos los sistemas de distribución y sistemas de transmisión. Utilización de redes de fibra óptica (con cables OPGW). Sistemas SCADA
- Red de fibra óptica, que corre al lado de líneas de transmisión



- Creación de un sistema de información e inteligencia distribuidos con los actores que participan en el SEIN. Las técnicas de control hacen uso intensivo de modelos estocásticos y criterios de seguridad y confiabilidad
- Implementación de una red integrada de Telemetría para monitorear y controlar. Entradas de los valores de los parámetros operativos (RTUs) al sistema así como para las salidas a los actuadores.
- Capacitación al personal que se hará cargo del Smartgrid
- A futuro realizar modificaciones a la regulación vigente para permitir que las redes de distribución sean abiertas a un modelo de operación bidireccional, al acceso de los usuarios, a la elección de su suministrador y de un esquema tarifario que incluso pueda ser un esquema diario.

AVANCES DEL COES EN AGC

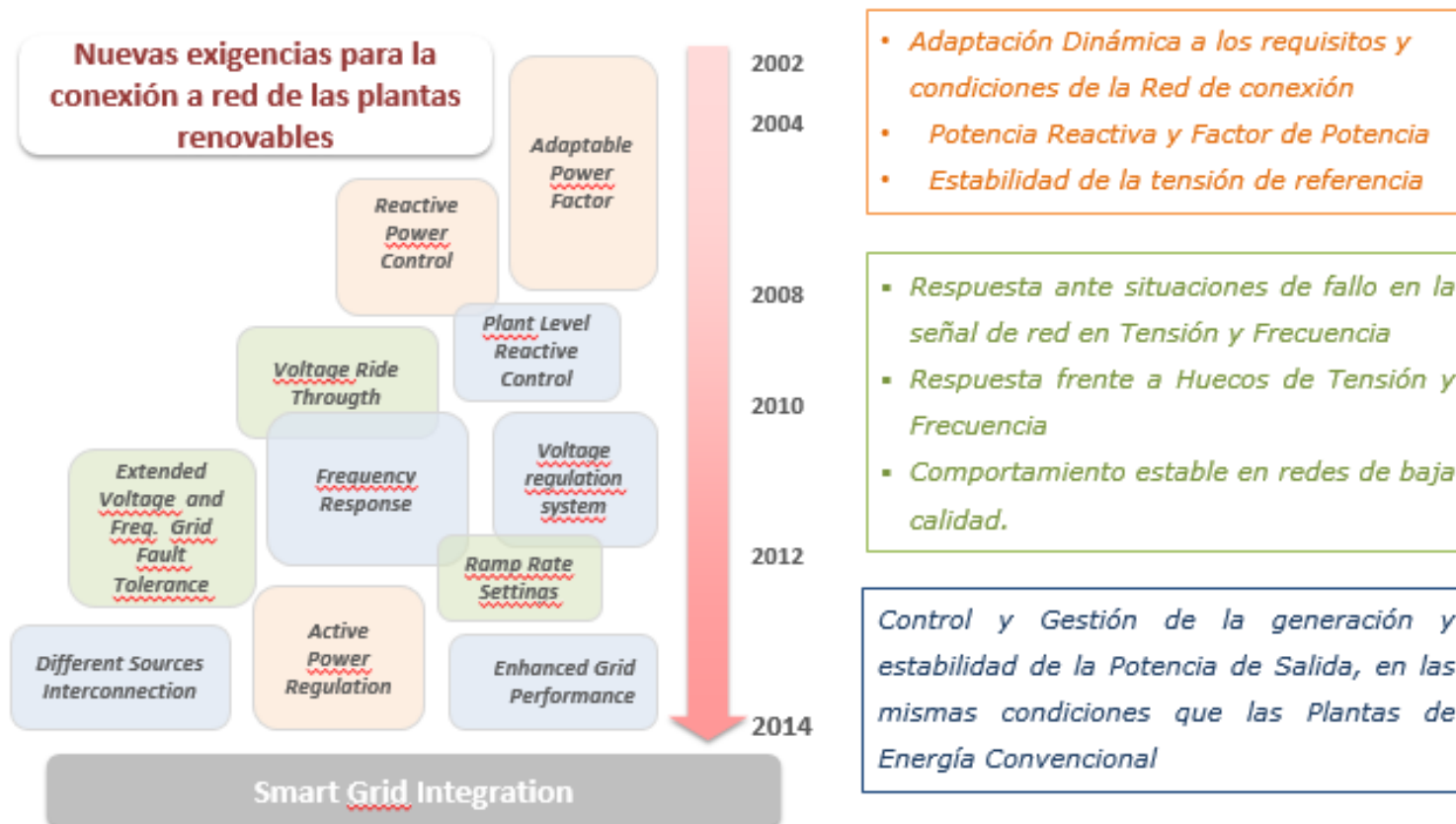
- El 16 de enero de 2014 mediante Resolución OSINERGMIN N° 005-2014-OS/CD se realizó la publicación, en el diario oficial El Peruano, del proyecto de resolución con la propuesta de modificación del Procedimiento Técnico COES PR-22 “Reserva Rotante para Regulación Secundaria de Frecuencia” (en adelante “Propuesta de PR-22”).
- En el numeral 6 del PR-22 se agregó la obligación de que el COES elabore una nota técnica con las especificaciones técnicas tanto para el Control Automático de Generación (AGC) como para las Unidades de Regulación Secundaria (URS) de los generadores para el servicio de regulación.

- En el numeral 13 se establece los criterios para el mecanismo que el COES deba implementar para un periodo transitorio, que iría desde la vigencia de la modificación del PR-22 hasta la entrada en operación del Control Automático de Generación (AGC)
- PR-22 es el procedimiento de reserva rotante para la regulación secundaria de frecuencia, que incorpora a las unidades de regulación secundaria (URSSs) para control de la frecuencia.

TÓPICO ESPECIAL SOBRE CONTROL DE AEROGENERADORES EN UN ESCENARIO CON SMARTGRID



Los requisitos técnicos han aumentado con el crecimiento en la capacidad de generación instalada. Estos cambios afectan a todos los niveles:



A. CONTINUIDAD DE SUMINISTRO Y SOPORTE DURANTE FALTAS

Con esta funcionalidad se busca el evitar que se pierda un gran porcentaje de generación cuando ocurre un fallo en el Sistema Eléctrico.

1. Respuesta a huecos de tensión
2. Respuesta a oscilaciones de frecuencia

B. CONTROL DE TENSIÓN

La planta debe imponer una tensión en su punto de conexión, de forma que su nivel de generación no influya en el flujo de potencias del Sistema Eléctrico.

1. Control de reactiva
2. Control de factor de potencia
3. Control de tensiones en bucle abierto
4. Control de tensiones en bucle cerrado

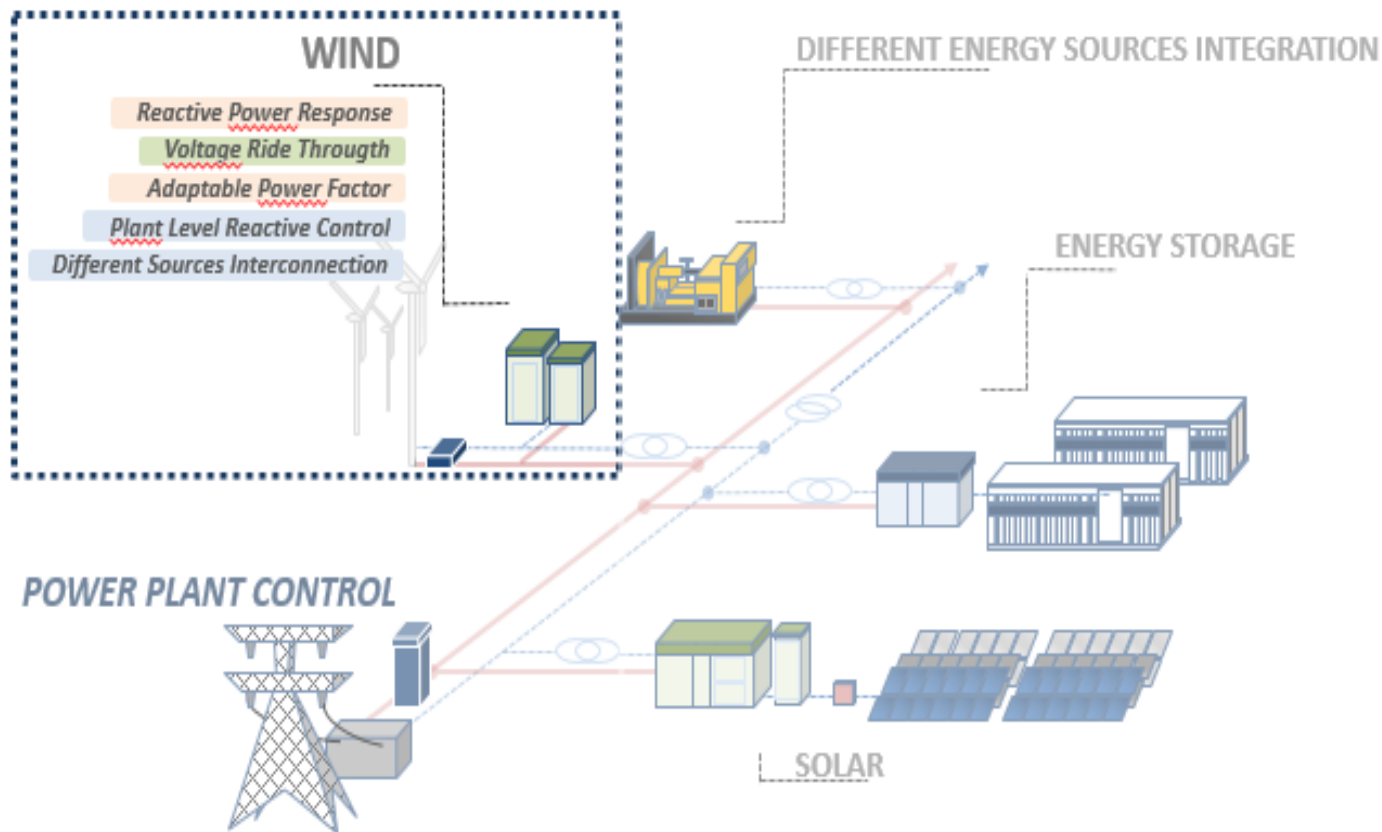
C. CONTROL DE FRECUENCIA

Se realiza una contribución activa a la estabilidad de la frecuencia de la red.

1. Respuesta en frecuencia
2. Reserva de potencia
3. Control de rampa



Gestión y Control de Energía en Eólica



- El control de frecuencia requiere de una reducción temporal de la potencia de los aerogeneradores en todas las condiciones. El sistema de control limita la potencia de salida (reducción de potencia) de los aerogeneradores en caso de que la frecuencia de la red se incremente por encima de un nivel predefinido.
- La frecuencia se puede mantener mediante un control del ángulo de paso (FSPC) de los álabes de los aerogeneradores, manteniendo con ello una capacidad de reserva para ser usada en mantener la frecuencia.
- Los parques eólicos deben proporcionar potencia reactiva en el punto de conexión, incluso cuando las condiciones del viento no permitan la generación de potencia activa, se debe implementar un banco de condensadores, el cual debe ser considerado en las subastas.

- Como desafío para evitar posibles efectos negativos de los cambios de voltaje a la red para la interconexión de la energía eólica, la aplicación de las nuevas tecnologías a las turbinas eólicas como SCIG (jaula de ardilla generador de inducción), DFIG (doblemente alimentado con generador de inducción) y SFC (síncrono convertidor completo) están disponibles en el mercado. Estas se pueden aplicar en parques eólicos a instalar.
- Otra tecnología utiliza una unidad inercial rotatoria, trabaja con la turbina de viento para almacenar energía y funciona como un generador para abastecer a la red la energía acumulada cuando no hay viento suficiente.
-

- Para implementar este esquema de control, los aerogeneradores tienen que ser operados a potencia de salida tan bajas como sea posible para una velocidad dada de viento.
- El punto de consigna (set point) de la potencia de salida en el sistema de control tiene que reducirse activamente para cada punto de operación, a fin de permitir mayores potencias de salida en respuesta a cualquier evento de frecuencia. Complementariamente sería conveniente que en las bases de las futuras subastas RERs se especifique que los generadores eólicos utilicen generadores síncronos conectados directamente a la red.
- Otra alternativa es que los parques eólicos y los bosques solares consideren un sobredimensionamiento en potencia instalada para afrontar despachos comprometidos al SEIN, ante súbitos cambios en la disponibilidad del recurso eólico o solar, evitando así la variabilidad de entregas de potencia.

- Para prevenir que el SEIN se vea afectado por el voltaje y la potencia reactiva, los generadores del parque eólico deben ser controlados coordinadamente.
- Para mejorar el control de los voltajes transitorios los parques eólicos que se interconecten al SEIN deben ser capaces de controlar la tensión en las barras del sistema de transmisión a las que están conectados. Ello a través de un control de tensión que actúa sobre los puntos de operación deseado de potencia reactiva de los aerogeneradores, de modo que el punto de consigna de voltaje pueda ser controlado en el punto de interconexión.

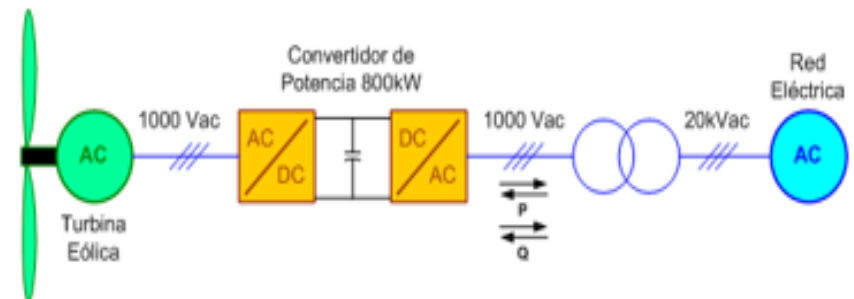
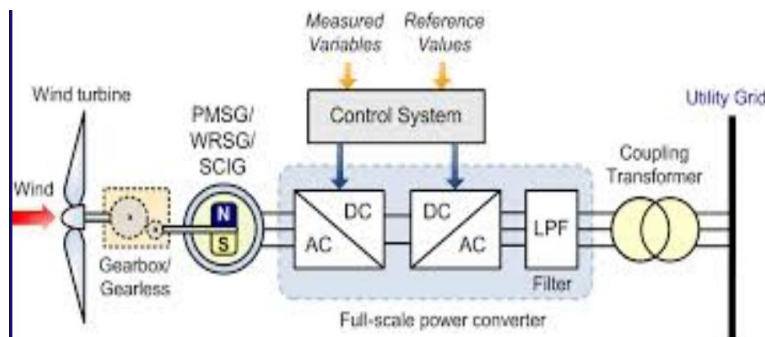
- El control de la tensión se realiza a través del control de la potencia reactiva de los aerogeneradores, así como con una compensación de fase con equipo adicional, si estuviera disponibles. El sistema monitorea constantemente la tensión en el punto de acoplamiento del parque eólico a la red y envía comandos de control a los aerogeneradores y equipos de compensación adicional para influir en el nivel de tensión en ese punto. Los generadores síncronos también se emplean para mantener la frecuencia en el punto de consigna (set point), y pueden tener imanes permanentes y rotor bobinado. Para la regulación de frecuencia, es necesario establecer los valores máximos de las inyecciones con las energías renovables al SEIN. Sólo aquellas empresas que no están conectadas a la red con generador síncrono podrían establecer valores máximos para la inyección de energía eólica.



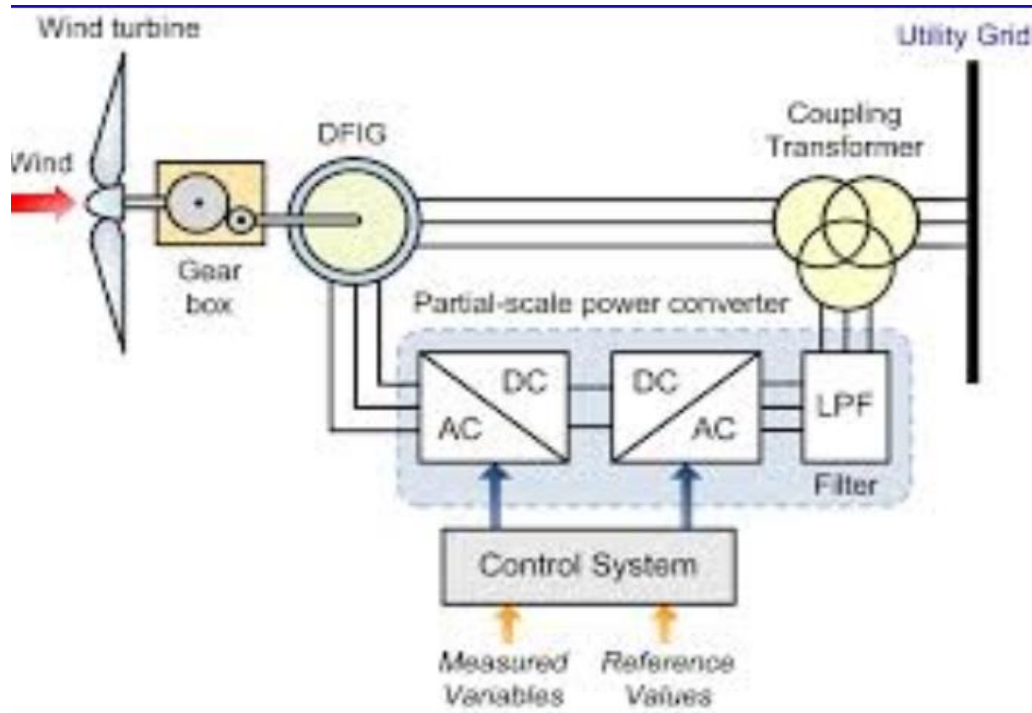
SCIG Squirrel Cage Induction Generators

Contribución del aerogenerador a la **estabilidad** dinámica de la red.

- Utilización de inercia del roto para la regulación primaria.
- Limitación potencia máxima en función del estado de la carga para garantizar el balance de potencia.
- Reparto de potencia entre generadores.



DFIG Double Feed Induction Generation



- Otro reto importante es que se implemente un smart grid (red inteligente), como plataforma para la interconexión y sincronización de los sistemas de información de todas las empresas y organismos participantes en la red. En un smart grid, la utilización de sistemas de almacenamiento de energía permite el retorno de la energía a la red, con consumidores finales que ya no solo consumen carga, sino que pueden convertirse en proveedores de energía durante algunos períodos de tiempo.
- El smart grid tiene la cualidad de asimilar mejor las fluctuaciones en generación de la energía eólica y los efectos operativos que ello podrían ocasionar en la red; es la plataforma que hace factible el incremento de la generación de energía eléctrica en el país con fuentes eólica y solar. Complementariamente para una operación eficiente con el smart grid se debe fortalecer la topología de la red implementando mayor número de líneas de transmisión hacia el norte y hacia el sur del país con líneas de 500 kV, para incrementar capacidad y eficiencia de transmisión, con menores pérdidas y menores costos.

-
-