



Vitecfv # 21 INTERCONEXIÓN DE REDES; PENETRACIÓN y FV

DR.C. DANIEL STOLIK FEBRERO 25 2021

LA PENETRACIÓN – INTEGRACIÓN FV

Desde el primer Taller de Cuba FV en 2011 abordamos las proposiciones de medidas para aumentar el aporte de la generación FV a la red eléctrica debido fundamentalmente a su dependencia climatológica y a que solo genera durante el día, que define un nivel máximo en % de penetración e integración FV en términos de potencia y de energía eléctrica, para poder mantener la estabilidad de la red en términos de tensión y frecuencia.

Sobre las proposiciones realizadas, mostradas posteriormente, sobre los % de penetración en términos de potencia FV, consultadas previamente al prestigioso Ing. Dr. Eduardo Lorenzo, reconocido especialista en FV, del Instituto de Energía Solar de la Universidad Politécnica de Madrid, en forma sucinta nos manifestó lo siguiente:

PENETRACIÓN	EXIGENCIAS TÉCNICAS
MUY BAJO < 3%	DESCONEXIÓN AUTOMÁTICA EN SITUACIONES ANÓMALAS: FRECUENCIA O TENSIÓN FUERA DE MÁRGENES. LA RED TRATA A LAS INSTALACIONES FV CON UN POCO DE DESPRECIO: "COMO ERES PEQUEÑITO, SI TENGO PROBLEMAS, VETE PARA NO MOLESTAR"
BAJO 3 a 5 %	COLABORAR A RESOLVER ALGUNAS ANOMALÍAS: MANTENERSE CONECTADO E INCLUSO PROPORCIONAR POTENCIA REACTIVA EN CASO DE HUECOS DE TENSIÓN. REGULAR POTENCIA ACTIVA, EN CASO DE QUE LA FRECUENCIA SUPERE EL UMBRAL SUPERIOR DE LA LLAMADA BANDA MUERTA. LA RED VA AUMENTANDO SU CONSIDERACIÓN: "PUESTO QUE ESTÁS AHÍ, AUNQUE NO ERES MUY GRANDE, ESFUÉZDATE EN ECHAR UNA MANO CUANDO LAS COSAS VAN MAL"
MEDIO 5 A 20%	COLABORAR CON LA CALIDAD DEL SERVICIO ORDINARIO: REGULACIÓN DE POTENCIA REACTIVA EN FUNCIÓN DE LA TENSIÓN EN ALGUNOS PUNTOS RELEVANTES. LIMITAR LAS RAMPAS DE VARIACIÓN DE POTENCIA. LA RED DICE: "PUESTO QUE ESTÁS AHÍ Y ERES TANTO COMO CUALQUIER OTRO, COLABORA A LA BUENA MARCHA EN GENERAL DEL ASUNTO"
ALTO > 20 %	MANTENER LA ESTABILIDAD Y ECONOMÍA DEL SISTEMA: REFORZAR LÍNEAS DE TRANSMISIÓN. AÑADIR ACUMULACIÓN. LA RED DICE: PUESTO QUE YA ERES GRANDE Y QUIERES SERLO MÁS, APECHUGA* CON LAS CONSECUENCIAS" *apechugar = meterle el pecho

En la Señales FV # 12 y después en la Señal # 17 de abril 2016, expusimos el aumento de la Penetración e Integración FV a corto, mediano y largo plazos en Cuba. Veamos en forma sucinta los esquemas de las acciones propuestas al respecto, aunque algunas de las medidas pudieran moverse en el tiempo para antes o después.

CORTO PLAZO: PENETRACIÓN < 10 %

	ACCION FV	OBJETIVO
1	INYECCIÓN DESDE LOS BORDES DE LA RED	MENOS PERDIDAS
2	GENERACIÓN DISTRIBUIDA BIEN DISPERSA	DISMINUIR FLUCTUACIONES TENSIÓN-FRECUENCIA
3	PRIORIZAR LUGARES DE CONSUMO DIURNO	SINCRONIZAR LA CARGA CON EL SOL
4	UTILIZAR LA FV EN AUTOCONSUMO	GENERAR IN SITU - ALIVIAR INYECCIÓN FV A RED
5	PARQUES DE SOLO INYECCIÓN A RED	SUMINISTRAR ELECTRICIDAD A TODA LA RED
6	ACUMULACIÓN NATURAL (bombeo de agua)	ACUMULAR ELECTRICIDAD VÍA NO ELÉCTRICA.
7	CORRESPONDENCIA carga-radiación solar	CLIMATIZACIÓN frigoríficos, refrigeración, aires,,,
8	INSTALAR EN CENTROS DE LABOR DIURNA	AUMENTAR EL DESARROLLO ECONÓMICO DEL PAÍS

MEDIANO PLAZO: PENETRACIÓN ENTRE 11 Y 20 %

	ACCION FV	OBJETIVO
9	EXPLOTAR PRESTACIONES DE INVERSORES	DISMINUIR FLUCTUACIONES TENSION-FRECUENCIA
10	MODERNIZAR LA RED ELÉCTRICA	RED DE MAYOR CONFIABILIDAD PARA LAS FRE
11	UTILIZAR AHORRADORES ELECTRÓGENOS - FV	AHORRAR COMBUSTIBLE DIESEL
12	COMBINAR LA FV CON OTRAS FRE	LLENAR HUECOS DE TENSION
13	AUTOMATIZAR AL MÁXIMO RED ELÉCTRICA	HACER FV DESPACHABLE HASTA DISTRIBUCIÓN
14	INSTALAR MICRO REDES INTELIGENTES	ALIVIAR INYECCIÓN FV A RED DE ALTA TENSION
15	CONVERTIR EL SNE EN RED INTELIGENTE	HACER DESPACHABLE LA FV
16	UTILIZAR PLANTAS FÓSILES FLEXIBLES	ELIMINAR INTERMITENCIAS DE LA FV
17	ALMACENAR ENERGÍA ELÉCTRICA	EVITAR LAS INTERMITENCIAS DE LA FV

MEDIDAS A MAS LARGO PLAZO

El desarrollo de la energía FV en Cuba se mantendrá prácticamente de por vida por lo que abordamos también dicho aumento a través de medidas de largo y muy largo plazos, que recalcamos no son de ahora pero si de importante futuro.

LARGO PLAZO: PENETRACIÓN > 20 %

	ACCION FV	OBJETIVO
18	TARIFAS DIFERENCIADAS EN HORAS PICO.	DISMINUIR CONSUMOS EN HORARIOS PICO
19	GRANDES PLANTAS FV DE TRANSMISIÓN	APROVECHAR TRAYECTO DEL SOL ESTE - OESTE.
20	INTERCONEXIONES SUBMARINA HVDC	ELIMINACIÓN DE INTERMITENCIAS DE LA FV
21	LOGRAR PICO DIURNO EXTENDIDO	PROPICIAR DESARROLLO ECONÓMICO DEL PAÍS

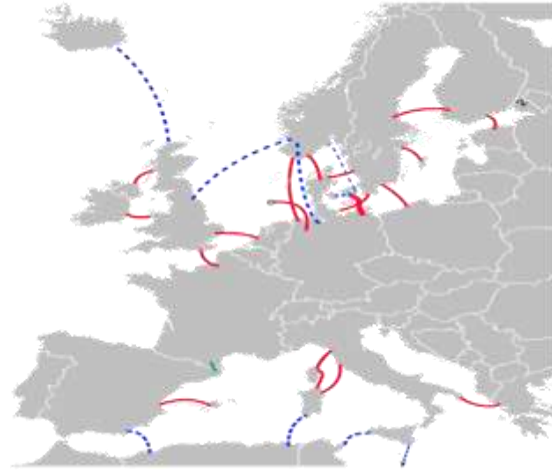
Además del aumento de la penetración FV de corto, mediano y largo plazos conectada a la red, otra arista futura de aumento de la generación FV estará en función del transporte eléctrico, una parte puede ser en líneas centralizadas (TRENES, TRANVÍAS, TROLEBUSES, METRO) y otra gran componente en transporte eléctrico por baterías cargadas prioritariamente en horas de sol (AUTOS, CAMIONES, AUTOBUSES, MOTOS, ETC), ayudadas en ocasiones por instalaciones FV en el propio transporte.

INTERCONEXIONES ELÉCTRICAS

El intercambio de electricidad a partir de diferentes intensidades de la radiación solar entre dos lugares alejados en dirección este-oeste, en un mismo instante, es posible y de gran posibilidad para las aplicaciones fotovoltaicas y termo solar, ya que se trata de un cambio de radiación solar 100 % predecible en términos de los promedios de radiación durante 24 horas. La otra intermitencia por aparición de nubosidades requiere de pronósticos de corto plazo.

Hoy es una realidad la transmisión de electricidad por cables submarinos de HVDC (high voltage direct current). Los países que coinciden en una misma longitud reciben de norte a sur una misma «posición» del Sol con respecto a la Tierra, donde se generan los rayos solares a la misma hora en los distintos países, por ejemplo, en Suecia y Sicilia. Muy distinto es lo que sucede entre las instalaciones distribuidas a lo largo de la dirección este-oeste, por ejemplo, cuando en Moscú, ya de noche, son las 8:00 p.m., en Portugal son todavía las 5:00 p.m. Siempre, las regiones situadas al oeste pueden suministrar electricidad hacia el este, hacia países donde es más tarde; mientras más distante es mucho mayor la diferencia de horas, ya que los países situados al este pueden enviar electricidad a horas más tempranas en países situados al oeste.

Por ejemplo en Europa existen más de 20 conexiones entre países (Líneas rojas), algunos de varios cientos de km. y continúan nuevos proyectos (Líneas azules).



INTERCONEXIONES PARA CUBA

Las alternativas de interconexiones para Cuba son posibles en un futuro lejano, mientras con anterioridad se toman las otras medidas para aumentar la penetración-integración fotovoltaica. Teniendo en cuenta las horas de iluminación «este-oeste del Sol», cuando en Cuba es de noche (aproximadamente 8:30 p.m. en La Habana y 8:50 en Santiago de Cuba), en el extremo noroeste de México, en una región de altísima radiación solar, todavía son las 6:00 p.m.

De haber un desarrollo fotovoltaico a lo largo de una línea de transmisión (figura siguiente en color rojo), se producirá una posible exportación-importación de electricidad a hora disimiles como las de pico. Esta posibilidad futura se suma a la gran cantidad de medidas propuestas a más corto y mediano plazo para aumentar la penetración-integración fotovoltaica al respecto. De aumentar la extensión de la conexión este-oeste, se producirá un mayor aporte, sobre todo, a las horas del pico «fatal» vespertino-nocturno. (Más detalles ver en libro de FV para Cuba y en Señal FV # 60 de febrero 2018)).

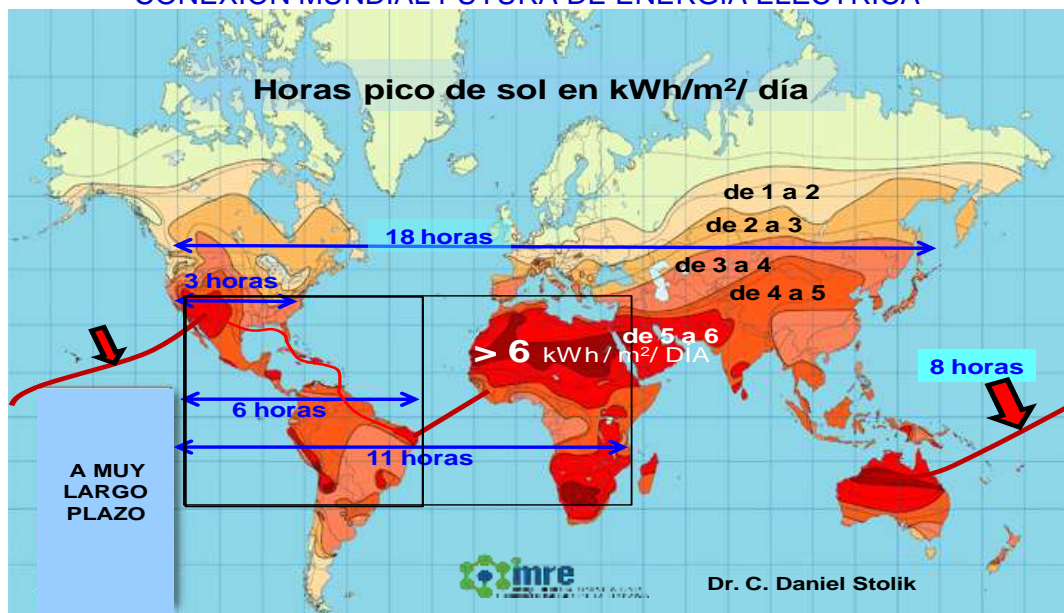


INTERCONEXIONES MUNDIALES "FV".

Recalcamos que si dentro de un país se tiene una gran extensión este - oeste, las 12 m. del medio día que va teniendo de sol las distintas partes del territorio, tiene una duración proporcional a dicha extensión este - oeste, específicamente durante una hora por cada 150 grados de longitud, por ejemplo, en EE.UU. cuando en Nueva York son las 8 de la noche en San Francisco hay sol las 5 de la tarde. En Cuba la diferencia es de 40 minutos, cuando en Maisi son las 6:40 pm en el cabo de San Antonio son las 6:00 pm. La FV tiene la bondad de poder ser descentralizada dispersa, pero también en forma versátil, tributar a transmisión desde grandes parques.

Pero si de interconexiones se trata, a muy, muy largo plazo, sobre todo cuando la FV sea extremadamente aún más barata, a menos de 2 centavos de USD/kWh FV y comience el inevitable encarecimiento por agotamiento de combustibles fósiles, en el planeta seguramente proliferarán paulatinamente las interconexiones marinas por HVDC de menores pérdidas de electricidad. Para entonces, nuestros tataratataranietos podrán disfrutar del hecho que la mitad del planeta iluminada por el sol le suministrará energía eléctrica a la mitad oscurificada y todos los países podrán en mayor o menor medida dar y recibir energía eléctrica.

CONEXIÓN MUNDIAL FUTURA DE ENERGÍA ELÉCTRICA



En la fig se muestra la radiación promedio anual en kWh/m²/año, en líneas azules la diferencia en "horas de sol" entre regiones, de 1 a > 6 kWh/m²/año y en líneas rojas las conexiones mundiales de más extensión.

Pero antes de llegar a este futuro, aunque plausible, todavía muy remoto, mucho antes, desde ahora, se pueden tomar distintas medidas y acciones, unas de corto plazo, otras a medianos plazo y después las de largo plazo, expuestas en otras señales FV, para aumentar paulatina y sensiblemente la penetración -integración de la red eléctrica, sin poner en peligro la estabilidad en tensión y frecuencia de la misma.

HASTA AQUÍ LA REMEMORACIÓN DE PARTES DE ARTÍCULOS ANTERIORES,..PERO.....

¿SON REALES LAS POSIBILIDADES DE UNA MEJOR CONEXIÓN MUNDIAL FUTURA DE ENERGÍA ELÉCTRICA?

Recalcamos que seguramente continuaran las interconexiones de altos voltajes de corriente directa (HVDC) con medidas específicas para disminuir las pérdidas por transmisión, que actualmente muestran un comportamiento promedio del 8 % mientras que en los países de América Latina es de un 19%. Pero por mucho que disminuya son muy grandes las pérdidas mundiales por transmisión y distribución eléctrica las que según el BID (Banco internacional de Desarrollo) son del orden entre 10 mil millones y 17 mil millones de USD al año. La única forma de evitar las perdidas es sobre la base de la superconductividad en las líneas eléctricas, o sea, lograr la transmisión de la energía eléctrica con resistencia cero.

¿ES POSIBLE LOGRAR LA SUPERCONDUCTIVIDAD A TEMPERATURA AMBIENTE?

La respuesta es que no se ha logrado y que parece bien difícil al respecto, no obstante se continúa por distintos grupos científicos trabajando con este propósito.

A favor de los optimistas está la existencia real de muchos ejemplos de descubrimientos realizados que parecían imposibles lograr, es larga la lista, solo mencionaremos, relacionada con la electricidad, la de microelectrónica, que ha devenido en nano electrónica, ya que la longitud record de un transistor equivalente comercial de procesador es de 7 nanómetros y menos de 5 nanómetros a nivel de laboratorios de desarrollo y plantas pilotos. La comparación con las dimensiones del radio aproximado de los átomos que es de 0,1 nanómetro indica la cercanía del límite físico de las densidades de transistores en procesadores, las que con tecnologías 3D, aunque parezca de ciencia ficción, hoy se logran hasta unos 30 mil millones de transistores en procesadores, contenidos todos en un área similar a las de las uñas de las personas.

LA SUPERCONDUCTIVIDAD

La evolución de la superconductividad muy sucintamente ha sido la siguiente: En 1911 el físico holandés Heike Kamerlingh Onnes logro la superconductividad en mercurio a muy baja temperatura (-273°C), posteriormente se consiguió en base al Aluminio y también Plomo. Dando un salto en el tiempo, entre 1986 y 1987 en el Centro de IBM de Zurich Suiza se logró la superconductividad en óxidos cerámicos a (-181°C), todavía muy frio pero a una temperatura mayor que la del nitrógeno líquido, en lugar del más difícil a (-196°C) del helio líquido, lo que propicio su aplicación en resonancia magnética hospitalaria.

Posteriormente, en los últimos años, siguió subiendo con relativa rapidez, la temperatura alcanzada, pasando a ($-73,15^{\circ}\text{C}$), después a ($-23,15^{\circ}\text{C}$) logrado en el Max Planck de química en Maine, pero todas a presiones extremadamente altas, problema que necesita ser resuelto también. La superconductividad necesita ser obtenida a temperaturas más altas y presiones más bajas.

Recientemente en la revista Nature 586, 373-377 del 14 de octubre 2020 se publicó el artículo Room temperature superconductivity in a carbonaceous sulfur hydride, de Elliot Snider et.al, donde se reporta el logro a una temperatura de $14,4^{\circ}\text{C}$ en un compuesto de hidrogeno, azufre y carbono, pero también a presiones 2,5 millones de veces mayor a la atmosférica. Las investigaciones continúan.

SUPERCONDUCTIVIDAD, INTERCONEXION ELECTRICA, SOL Y FV.

No tiene fecha la meta de lograr en un futuro la superconductividad a presión atmosférica, 20, 50, 100, 200 o más años, pero a partir del momento logrado se producirá una verdadera revolución eléctrica, en transformadores, motores, almacenamiento, imanes, computación cuántica (cubits), entre otros, pero sobre todo en la red eléctrica, a través del establecimiento de la interconexión eléctrica a partir de la generación fotovoltaica en la mitad siempre iluminada por el sol, en la que los países a través de una gestión eléctrica inteligente podrán aportar y recibir en distintos momentos gracias a la rotación del planeta, fluido eléctrico, que convertirá en historia antigua la intermitencia del sol, radiación que en realidad recibe el planeta las 24 horas del día en la mitad cambiante por su rotación.

Los científicos que aporten las soluciones definitivas de la superconductividad eléctrica engrosaran el listado del gran número de notables físicos que propiciaron el desarrollo de la electricidad y la electrónica durante los siglos 18 y 19:

COULOMB	1736-1796
GALVANI	1737-1798
VOLT	1745-1827
AMPER	1775-1836
BIOT	1775-1862
OERSTED	1777-1851
GAUSS	1777-1855
OHM	1787-1854
FARADAY	1791-1867
SAVART	1791-1864
HENRY	1797-1878
WEBER	1804-1891
KIRCHOFF	1824-1887
MAXWELL	1837-1879
LORENTZ	1855-1921
HERTZ	1857-1894

Después de esta incursión C+T regresaremos en los próximos vitecfv a los momentos actuales y próximos de los aportes y oportunidades FV, en función de la soberanía electro energética del país, donde entre los distintos objetivos se encuentra el de la sustitución de la importación de combustibles fósiles y la paulatina disminución de la gran cantidad de millones de USD de erogación anual al respecto.

Dr.C Daniel Stolik
 stolik@imre.uh.cu
 danielstolikhov@gmail.com