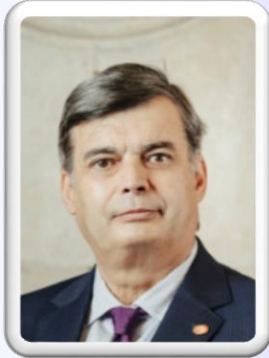


Cátedra Endesa Red

Memoria anual 2021

<u>Organización de la Catedra</u>	5
<u>Cursos</u>	9
<u>Jornadas</u>	25
<u>Seminarios Docentes Recibidos</u>	35
<u>Seminarios Docentes Impartidos</u>	77
<u>Premio Trabajo Fin de Grado</u>	91
<u>Premio Trabajo Fin de Master</u>	95
<u>Tesis Doctorales</u>	99
<u>Proyectos y Transferencia Tecnológica</u>	109
<u>Publicaciones y en los medios</u>	115

Organización



D. Manuel Felipe Rosa Iglesias
Vicerrector de Transferencia
del Conocimiento
Universidad de Sevilla



D. Francisco Rodríguez Rubio
Director de la Escuela Técnica
Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla



Dª. Esther Romero Ramos
Directora del Departamento
de Ingeniería Eléctrica
Universidad de Sevilla



D. Rafael Sánchez Durán
Director General de Endesa en
Andalucía y Extremadura



Dª. Pilar Nieto Hernández
Network Technology Iberia



D. José Luis Pérez Mañas
Director de Endesa Distribución
Andalucía Occidental



D. Antonio Gómez Expósito
Catedrático de Ingeniería Eléctrica.
Universidad de Sevilla

DIRECTOR



D. Jacob Rodríguez Rivero
Responsable de Proyectos de Innovación
en Network Technology Iberia

DIRECTOR ADJUNTO

Cursos

☐ Cursos de Otoño 2021 de la UIMP

Cursos de Otoño 2021 de la UIMP:

“Impacto y Gestión de Recursos Distribuidos
en Sistemas Eléctricos Descarbonizados”

13 y 14/10/2021



Los días 13 y 14 de octubre de 2021 se celebró en Sevilla el curso titulado “Impacto y Gestión de Recursos Distribuidos en Sistemas Eléctricos Descarbonizados”, que se enmarcó dentro de los Cursos de Otoño de 2021 organizados por la Universidad Internacional Menéndez Pelayo (UIMP).

Patrocinada por la Cátedra Endesa de la Universidad de Sevilla y por ENDESA, la Escuela de Energía estuvo dirigida por D. Antonio Gómez Expósito, Director de la Cátedra Endesa Red de la Universidad de Sevilla y por D. Jacob Rodríguez Rivero, Responsable de Innovación de Distribución de Endesa.



D. Rafael Sánchez Durán, Director General de Endesa en Andalucía y Extremadura, **D^a. Nieves López Santana**, Directora de la sede de Sevilla de la UIMP y **D. Antonio Gómez Expósito**, Director de la Cátedra Endesa Red de la Universidad de Sevilla

MOTIVACIÓN Y OBJETIVOS:

Los planes integrados de energía y clima, presentados por los estados miembros a la CE, contemplan un sistema eléctrico con una penetración de renovables de entre el 70 y el 75% para 2030, cifra que se acercará al 85-90% hacia 2040. En este futuro contexto, uno de los recursos más escasos, y por tanto valioso, será el de la flexibilidad del sistema para adaptarse en cada instante al recurso renovable que, si bien es relativamente predecible, dista mucho de ser controlable o despachable, si exceptuamos la biomasa y la hidráulica embalsada. Hasta ahora, aparte de los generadores convencionales, la única flexibilidad aportada desde el lado de la demanda radica en el mecanismo de interrumpibilidad, bastante cuestionado en la actualidad. Aunque existe aún mucho margen de mejora en la flexibilidad de la demanda para seguir a la generación renovable, lo cierto es que este mecanismo por sí solo nunca sería suficiente, por motivos obvios. Tampoco las interconexiones entre sistemas resolverán completamente el problema, aunque pueden aminorarlo. Por tanto, se considera imprescindible el despliegue de cantidades masivas de sistemas de almacenamiento, para gestionar el necesario balance entre generación y consumo en todos los horizontes temporales (desde segundos a meses).

Una de las características del almacenamiento, compartida por la generación fotovoltaica (FV), es su modularidad, lo que abre la posibilidad de que tanto uno como otra se puedan desplegar, bien en grandes plantas centralizadas, conectadas a las redes de transporte o subtransporte, o bien en pequeñas y medianas instalaciones conectadas a las redes de distribución, en muchos casos embebidas tras el medidor de energía (behind-the-meter), y por tanto invisibles para los operadores de las redes. Al almacenamiento y la generación FV habría que añadir el vehículo eléctrico (VE), cuya penetración masiva tendrá lugar en esta década, otro agente distribuido que puede afectar al sistema para bien o para mal, dependiendo de cómo se integre.

Mientras que los operadores del sistema (TSO y DSO) disponen de herramientas y están acostumbrados y bien preparados para gestionar los activos centralizados, incluidos los renovables, no ocurre lo mismo con los recursos distribuidos que se acaban de enumerar. El objetivo de este curso es precisamente poner de manifiesto, en primer lugar, el impacto de dichos recursos (almacenamiento, FV y VE) sobre las redes eléctricas y el sistema en su conjunto, incluyendo los mercados de energía. En segundo lugar, presentar las diferentes soluciones que se están poniendo actualmente sobre la mesa para aminorar dicho impacto en la medida de lo posible, las cuales pasan por el uso de big data (predicción), la flexibilidad que aporta la electrónica de potencia, o el despliegue de nuevas figuras regulatorias, como los agregadores o las plantas de potencia virtuales.

PONENCIA:

D. Antonio Gómez Expósito, Director de la Cátedra Endesa Red de la Universidad de Sevilla, presentó su ponencia titulada “Tendencias actuales y perspectivas futuras de los sistemas eléctricos: descarbonización, digitalización y descentralización.”



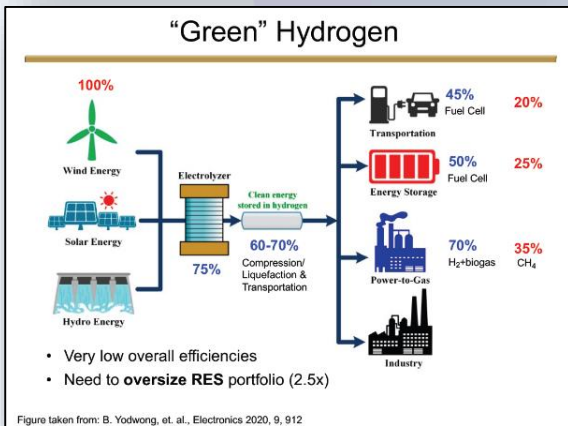
Universidad Internacional Menéndez Pelayo

ESCUELA DE ENERGÍA UIMP-ENDESA

13-14 de octubre de 2021

Tendencias actuales y perspectivas futuras de los sistemas eléctricos: descarbonización, digitalización y descentralización

Antonio Gómez Expósito
Dpto. de Ingeniería Eléctrica – Cátedra Endesa Red



Spain’s NECP (2021-30)

Technology	2021 (MW)	2030 (MW)
Nuclear	7,120	3,180
Coal	6,220	0
Fuel/gas	2,400	1,850
Combined C.	26,250	26,610
Cogeneration	5,710	3,670
Hydraulic	17,100	17,100
Wind	28,000	50,330
Photovoltaic	13,000	38,180
CSP	2,300	7,300
Other renew.	1,250	1,760
Pumped hydro	3,330	6,800
Storage	0	2,500
Total	110 GW	160 GW
Renewables		120 GW

Goals:

- 42% of final energy is renewable
- 74% of **electricity is renewable** (100% in 2050)
- 40% efficiency improvement (primary energy)
- 23% greenhouse gas reduction (90% in 2050)
- 240,000 M€ investment, 20% public (150,000 M€ in power sector)

Source: https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/es_fin_al_necp_main_en.pdf

Spain’s NECP (2021-30)

Technology	2020 (MW)	2030 (MW)
Nuclear	7,120	3,180
Coal	6,220	0
Fuel/gas	2,400	1,850
Combined C.	26,250	26,610
Cogeneration	5,710	3,670
Hydraulic	17,100	17,100
Wind	27,110	50,330
Photovoltaic	13,000	38,180
CSP	2,300	7,300
Other renew.	1,250	1,760
Pumped hydro	3,330	6,800
Storage	0	2,500
Total	110 GW	160 GW
Renewables		120 GW

	Granted	Denied	Pending
Wind	30.5	17.2	24.3
Photovoltaic	99.7	100.3	35.7

Source: REE (Updated: September 2020)

Is Spain’s NECP underestimating the country PV potential?

2040-45: 100% renewable electricity

Technology	Power 2021 (MW)	Added power (MW)	Total power (MW)	Capac. factor	Annual energy (TWh)
Nuclear	7,110				
Coal	6,840				
Fuel/gas	2,400				
Combined C.	26,250				
Cogeneration	5,710	-700	5,000	25%	10.95
Hydraulic	17,100	900	18,000	20%	31.54
Wind	26,970	23,000	50,000	25%	109.50
Photovoltaic	~ 13,000	77,000	90,000	19%	152.00
CSP	2,300	2,700	5,000	22%	9.67
Other renew.	1,100	900	2,000	25%	4.38
Total capacity:	106 GW	108 GW	170 GW		318 TWh
Peak demand:	41 GW				
Mean demand:	29 GW				

Annotations: No fossil, No nuclear. 97% Ren. 85% W+S 50% Solar.

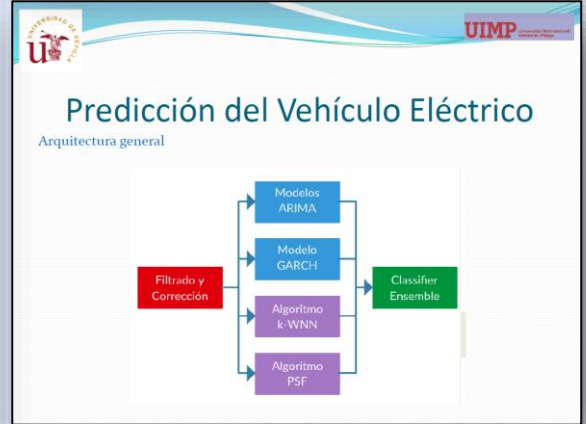
Annual demand (2019): 254 TWh + 64 TWh VEs

PONENCIA:

La ponencia titulada “Aplicaciones de técnicas de predicción en sistemas eléctricos con recursos distribuidos: el caso del vehículo eléctrico” fue presentada por **D. Jesús Manuel Riquelme Santos**, Catedrático de Universidad adscrito al Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Sevilla.



Jesús Riquelme Santos y Catalina Gómez Quiles
Departamento de Ingeniería Eléctrica
Universidad de Sevilla
Otoño 2021



Monitorización de los resultados. Evolución de la serie 2016-2017

	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	sept	octubr	nov	dic
marzo	21212,6945									
abril	18307,8216	-0,095								-0,091
mayo	17976,5497	-0,153	-0,064							-0,108
junio	20003,0444	-0,057	0,041	0,113						0,032
julio	21440,1640	0,012	0,117	0,194	0,073					0,099
agosto	18029,9892	-0,130	-0,061	0,003	-0,099	-0,160				-0,093
septiembre	22006,8125	0,042	0,151	0,239	0,105	0,030	0,226			0,240
octubre	23908,7648	0,127	0,345	0,330	0,195	0,114	0,326	0,082		0,203
noviembre	25369,4613	0,136	0,321	0,411	0,268	0,182	0,407	0,148	0,061	0,249
diciembre	26893,2513	0,128	0,400	0,496	0,344	0,253	0,492	0,217	0,325	0,060
enero	24802,5077	-0,169	0,291	0,380	0,240	0,156	0,378	0,122	0,057	-0,022
		0,096	0,160	0,209	0,161	-0,096	0,365	0,142	0,074	0,019

incremento de diciembre sobre marzo

incremento de enero sobre agosto

incremento medio de diciembre sobre los demás meses es de casi el 30%

-
- Predecir sigue siendo necesario.
 - Nuevas series temporales.
 - Nuevos horizontes de tiempos.
 - Más desagregadas.
 - Necesidad de agregadores o ensambladores. Se dispondrán varios proveedores de servicios.
 - Cuanto más técnicas de predicción se agreguen más robusto es el sistema. Posibilidades de adaptación ante la evolución de la serie.

PONENCIA:

D. José María Maza Ortega, Profesor Titular de Universidad adscrito al Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Sevilla, presentó su ponencia titulada “D-FACTS: Sistemas electrónicos en la operación de redes de distribución activa”.




Power Engineering Group

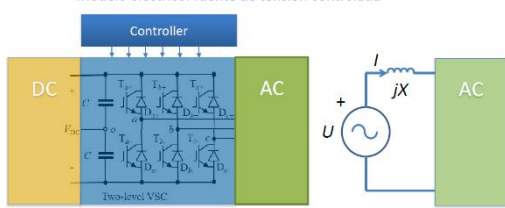
D-FACTS: Sistemas electrónicos en la operación de redes de distribución activa

José María Maza Ortega
jmmaza@us.es

UIMP – Cátedra Endesa Sevilla, 13 de octubre de 2021

Dispositivos de electrónica de potencia

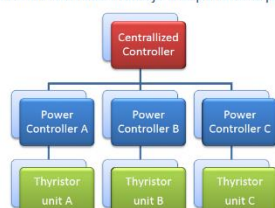
- Componentes de electrónica de potencia:
 - Bloques principales:
 - Convertidor AC/DC en fuente de tensión (VSC):
 - Modelo eléctrico: fuente de tensión controlada



Power Engineering Group 15

Aplicaciones de D-FACTS


- Regulación de tensión:
 - Reducción de variaciones de tensión en BT:
 - Cambiadores de tomas en trafos MT/BT:
 - Diseño funcional: montaje independiente por fase



Power Engineering Group 14

Aplicaciones de D-FACTS


- Regulación de tensión:
 - Reducción de variaciones de tensión en BT:
 - Cambiadores de tomas en trafos MT/BT:
 - Pruebas en el laboratorio:



Power Engineering Group 26

Conclusiones

- D-FACTS nuevos elementos de control
- Dispositivos basados en electrónica de potencia: fiables y robustos
- Tiempos de actuación muy inferiores a los dispositivos electromecánicos
- Dotan a la red de recursos de flexibilidad necesarios:
 - Maximizar penetración de generación distribuida, vehículo eléctrico
 - Optimizar la operación de la red
 - Maximizar la utilización de los activos existentes
- Proyectos piloto que prueban el valor de la tecnología:
 - SMARTIE: DC link (500 kVA, 400 V)
 - CASCADE: SSTC (400 kVA, 20/0.42 kV)
 - PRICE-GDI: STATCOM (1 MVA, 400 V)



Power Engineering Group 34

PONENCIA:

La ponencia titulada “Sistemas de control en plantas renovables” fue presentada por **D. Juan Manuel Mauricio**, Profesor Titular de Universidad adscrito al Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Sevilla.



Sistemas de control en plantas renovables

Dpto. Ingeniería Eléctrica
Juan Manuel Mauricio
Octubre 2021

SM a CIG

- Por ejemplo, el CIG puede emular la dinámica rotórica de un generador dando lugar a la emulación de inercia.

Stability definitions and characterization of dynamic behavior in systems with high penetration of power electronic interfaced technologies
<https://www.researchgate.net/publication/317061171>

Aporte a la regulación primaria de frecuencia

Control de rampa

Conclusiones

- Muchas funcionalidades brindadas por los generadores basados en SM tienen tiempos mayores que los necesarios para los CIG.
- Por lo tanto es posible que los CIG se comporten como los SM localmente.
- Los TSO exigen que las funcionalidades se cumplan en el POI de una planta con CIG distribuidos.
- El PPC se encarga de que parte de las funcionalidades se cumplan en el POI.

PONENCIA:

D. Gabriel Tévar Bartolomé de Endesa presentó su ponencia titulada “Impacto de la generación FV distribuida en redes de distribución”.



Ingeniería Eléctrica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Impacto y gestión de recursos distribuidos en sistemas eléctricos

Impacto de la generación FV distribuida en redes de distribución

Gabriel Tévar Bartolomé

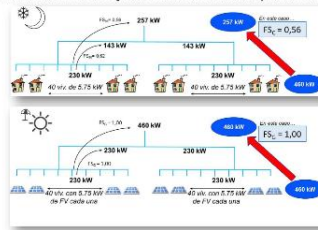
Sevilla
13 de octubre de 2021



Introducción

El papel de las redes de distribución eléctrica

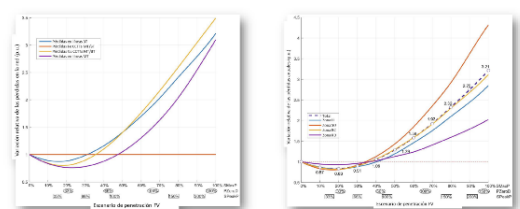
- Se espera multitud de instalaciones FV de pequeña potencia, vinculadas a suministros, sobre redes de BT y MT dimensionadas para consumo:



Variación de las pérdidas debidas a la generación FV

Resultados y conclusiones

- Pérdidas anuales en redes



Refuerzo de redes de distribución por crecimiento de generación FV distribuida

Objetivos

- Se añade la posibilidad de realizar las adaptaciones que sean necesarias en la red para resolver los incumplimientos excesivos que se vayan produciendo con el incremento de la generación FV distribuida:

- Adaptaciones de la red al menor coste
- Inversión directa y costes de O&M
- Pérdidas técnicas de la red de distribución adaptada

Modelo de Red de Referencia

↓

Valoración económica para cada escenario de penetración FV:
inversión, O&M y Pérdidas

Conclusiones y futuros trabajos

Resumen principales conclusiones

- El autoconsumo hasta el 30% FV contribuye a reducir las pérdidas en la red de distribución BT (mínimo en el 15% con 0,89 p.u.). Por encima del 30% FV las pérdidas superan a las del escenario base sin generación FV.
- El mayor impacto se produce en zonas Semiurbanas. El menor en zonas Rurales Dispersas. En zona Urbana la limitación de cubierta evita un mayor impacto.
- Por encima del 30% FV se produce un crecimiento cuadrático de sobrecostes. Sin considerar las pérdidas, los costes directos por potencia FV instalada alcanzan los 2.73 €/kWp para escenarios con penetración FV del 30% y los 10.18 €/kWp para escenarios del 50% de generación FV.

Respuestas a un reto actual de nuestra sociedad

- ¿Cuánto autoconsumo FV cabe en la red actual?
- ¿A partir de qué % FV se produce impacto?
- ¿Cuánto impacto?
- ¿Cuánto impacto realista del impacto?

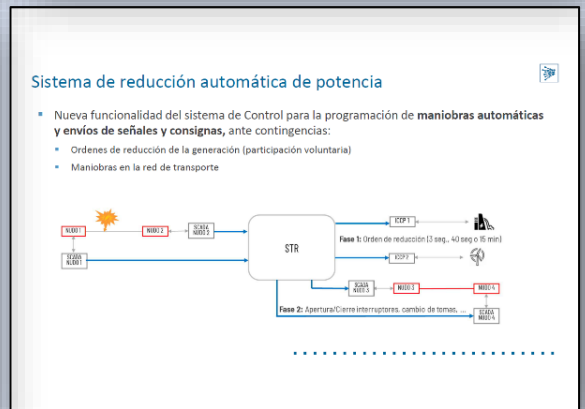
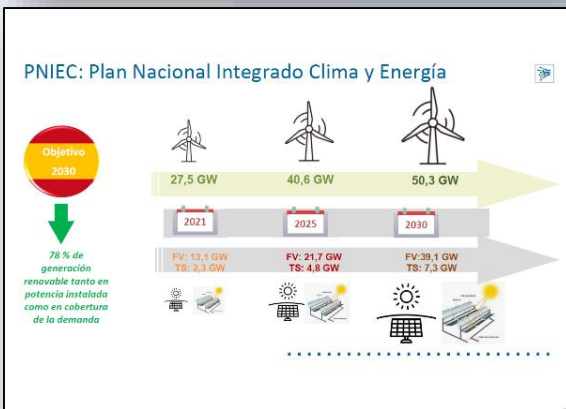
PONENCIA:

La ponencia titulada “Operación del sistema eléctrico con alta penetración de generación renovable” fue presentada por **D. Juan J. Peiró Peña** de Red Eléctrica de España.

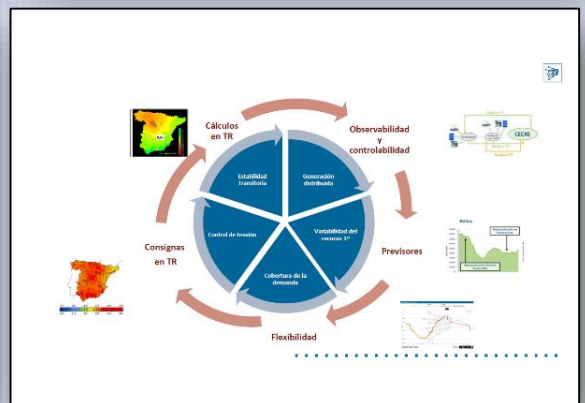


Operación del sistema eléctrico con alta penetración de generación renovable

13 de octubre de 2021
Juan Julián Peiró Peña



- ### Conclusiones
- El aumento de penetración renovable exige mayor flexibilidad por parte de todos los agentes del sector eléctrico
 - En el OS estamos continuamente diseñando e implementando nuevas aplicaciones que nos permitan prever, estimar en TR y a futuro el estado del sistema:
 - Balance Generación-Demanda de potencia activa
 - Congestionamientos en la red
 - Control de tensión
 - Estabilidad transitoria
 - Las nuevas tecnologías de la propia generación renovable y de otros equipos (almacenamiento, FACTS...) deben participar cada vez más activamente en los servicios de ajuste del sistema para poder desplazar a la generación convencional del mix actual.
 - En el OS estamos proponiendo nuevo P.O. para regular la participación de estas nuevas tecnologías en los servicios de ajuste del sistema.
 - El aumento de las interconexiones internacionales permitirá una mayor integración de renovables



PONENCIA:

D. Pierluigi Mancarella de University of Melbourne (Australia) presentó su ponencia titulada “Flexibility and grid services from DER: challenges and innovation from downunder”.

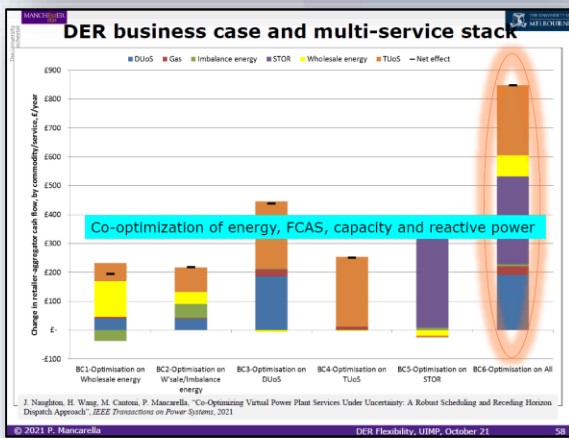
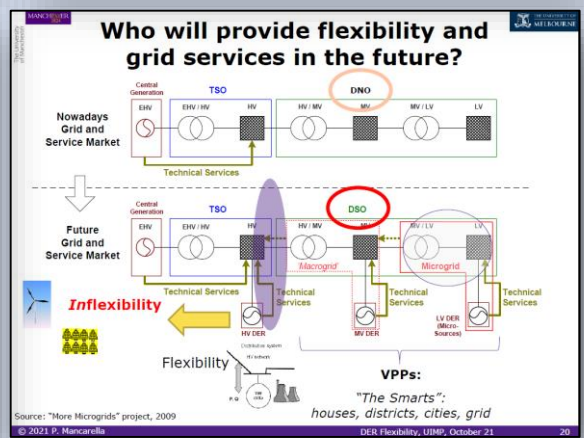
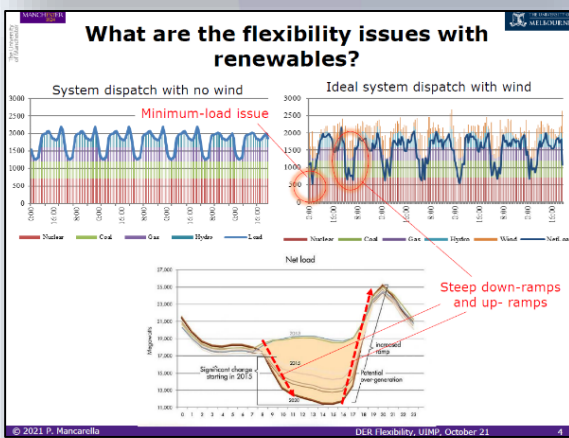


Flexibility and grid services from DER: Challenges and innovation from DownUnder

Prof Pierluigi Mancarella

The University of Melbourne, Australia, and The University of Manchester, UK
pierluigi.mancarella@unimelb.edu.au, p.mancarella@manchester.ac.uk

UIMP, 14th October 2021



DER and reliability: Opportunities for DER to provide adequacy


- The fewer and the shorter the interruptions, the more there is an opportunity for DER
- However, different DER may perform very differently, particularly depending on the type and level of available storage
- Another key element is the orchestration level of DER
- DER might also become more and more important to deal with “extreme” events such as summer heatwaves
 - May be economically optimal to curtail demand and use DER-based emergency contracts than investing into peaking plants!
 - Even more relevant in a RES-dominated system with lower capacity credit

For details, see: Y. Zhou, et al., “A framework for capacity credit assessment of electrical energy storage and demand response”, IET GTD, vol. 10, no. 9, pp. 2267-2276, 2016; Y. Zhou, et al., “Modelling and assessment of the contribution of Demand Response and Electrical Energy Storage to Adequacy of Supply”, SEGAN, vol. 3, pp. 12-23, September 2015; Y. Zhou, et al., “System-level assessment of reliability and resilience provision from microgrids”, Applied Energy, Vol. 230, 15 November 2018, Pages 374-392

PONENCIA:

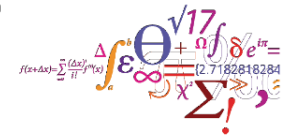
La ponencia titulada “The role of aggregators and demand flexibility in electricity markets” fue presentada por **D. Jalal Kazempour** de Technical University of Denmark (Dinamarca).





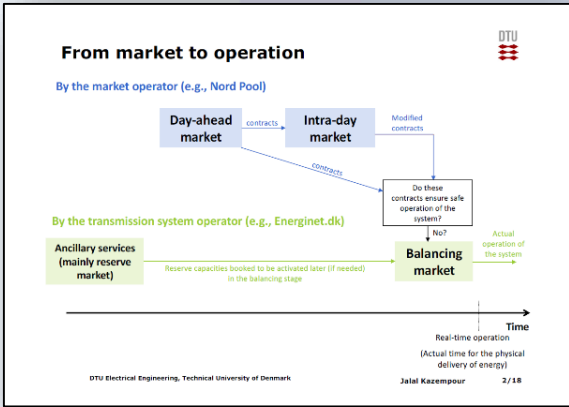
The role of aggregators and demand flexibility in electricity markets


Peter Gade
Jalal Kazempour (lecturer)



October 14, 2021
UIMP, Sevilla

DTU Electrical Engineering
Department of Electrical Engineering






Upcoming pan-European balancing platforms

- **PICASSO**: An exchange platform for aFRR between European countries (https://www.entsoe.eu/network_codes/eb/picasso/)
- **MARI**: An exchange platform for mFRR between European countries (https://www.entsoe.eu/network_codes/eb/mari/)

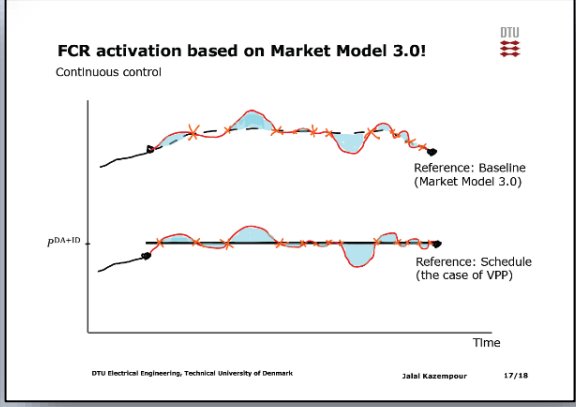
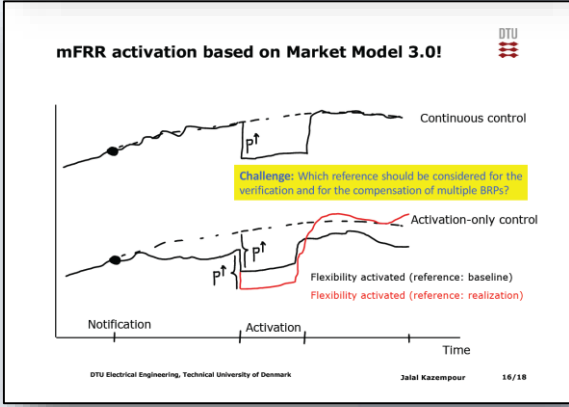
The expected go-live date for these European balancing platforms is in the middle of 2022.

Energinet has a close operation and market cooperation with the other Nordic TSO's and they have decided to implement a common project called *Nordic Balancing Model, NBM*, (<https://nordicbalancingmodel.net/>) to eventually join PICASSO and MARI.



Source: <https://nordicbalancingmodel.net/nordic-map-and-projects/>

DTU Electrical Engineering, Technical University of Denmark | Jalal Kazempour | 7/18



PONENCIA:

D. Hermann De Meer de Passau University (Alemania) presentó su ponencia titulada “The impact of electric mobility in future power systems”.

E-Mobility: Challenges and Solutions

Prof. Hermann De Meer
Dr. rer. oec. Alumnus

Computer Networks & Communications
07.10.2024

1. Motivation

PARIS AGREEMENT

Climate change
CO2 reduction

Market explosion

“Nothing comes without a price”

Computer Networks & Communications
E-Mobility: Challenges and Solutions

3. Means of controlling power quality using EV charging stations

- Location
 - Distance to the transformer
 - Lines characteristics
- Active power (P)
 - Grid congestion
 - Voltage control
- Power factor correction
 - Voltage control
- Phase balancing
 - Decrease equipment life-time

On-board Charger inspired by mpoweruk.com

Off-board Charger inspired by mpoweruk.com

Computer Networks & Communications
E-Mobility: Challenges and Solutions

4. EV ecosystem

Driving needs, Charging needs, Power, Grid friendliness, Hide the details of my grid

User, Good Incentives, Applicable solution, Price, Grid Status, DSO, CSO, EMS, CS, eMSP, Fair service, Registration, Energy Purchase, Contracts, Sessions Data, Roaming Data, E-Mobility Clearing House

Computer Networks & Communications
E-Mobility: Challenges and Solutions

6. Grid-friendly smart charging architecture

FSM-based Smart Charger (SC)

Input: PQ-Indic
Output: Power at the CS

TCP-like SC
Source and destination states

- Finite State Machine (FSM)
 - Seven states
 - Transitions after events e.g., new PQ-Indic, SoC change, ...
- Actions of state transitions based merely on destination state
 - Low/high red → polynomial increase/decrease
 - Low/high yellow → linear increase/decrease
 - Green → follow the users charging profile
 - Gray (standby) → increase only when critical

Finite state machine of the smart charger

Computer Networks & Communications
E-Mobility: Challenges and Solutions

Conclusion

- Smart charging is required to avoid costly grid enforcement
- Different factors can be considered by designing smart charging solution
- Solution are different in
 - Flexibility provided
 - Approach applied
 - Charging control vs. charging scheduling
 - Centralized vs. decentralized
 - Real-time vs. pre operational
- Grid-friendly smart charging solution developed by Passau university
 - Quantifying grid-supportive behavior
 - Inspired by Traffic light model

Computer Networks & Communications
E-Mobility: Challenges and Solutions

PONENCIA:

D. John Thompson de University of Edinburgh (Reino Unido) presentó su ponencia titulada “ICT Architectures and infrastructures for modern power systems”.





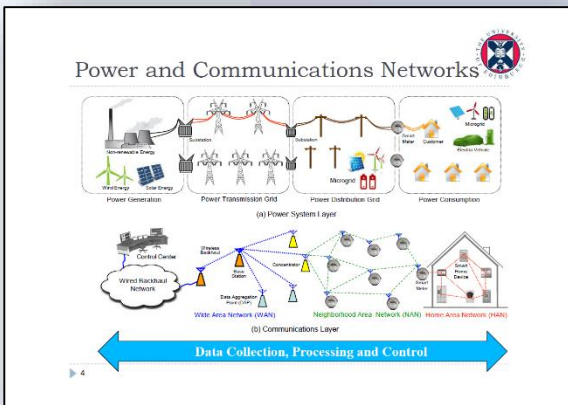
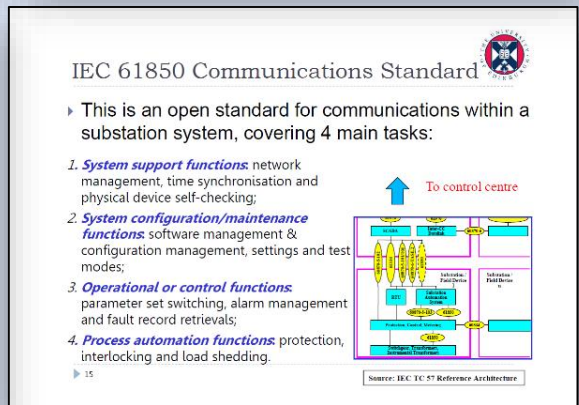
Information and Communication Technology (ICT)
Architectures and Infrastructures for
Modern Power Systems

John S. Thompson¹

¹ Institute for Digital Communications,
School of Engineering The University of Edinburgh
Edinburgh United Kingdom

Email: j.s.thompson@ed.ac.uk

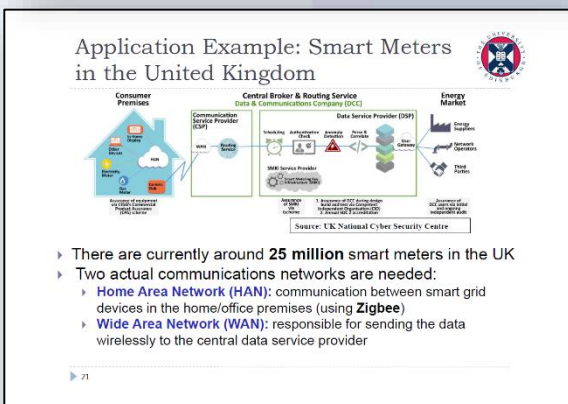
IEC 61850 Communications Standard

► This is an open standard for communications within a substation system, covering 4 main tasks:

- System support functions:** network management, time synchronisation and physical device self-checking;
- System configuration/maintenance functions:** software management & configuration management, settings and test modes;
- Operational or control functions:** parameter set switching, alarm management and fault record retrievals;
- Process automation functions:** protection, interlocking and load shedding.

To control centre

Source: IEC TC 57 Reference Architecture

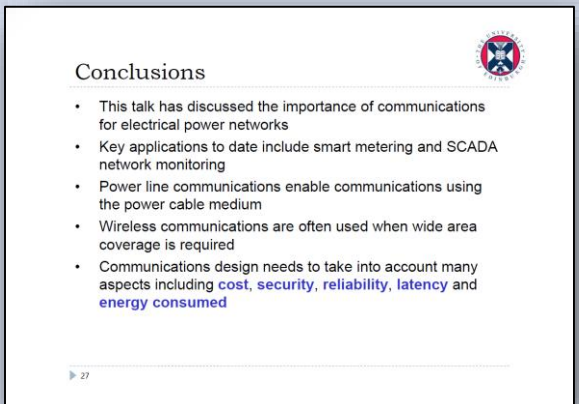


Application Example: Smart Meters in the United Kingdom

Consumer Premises (Smart Meter) → Communication Service Provider (EM) → Central Broker & Routing Service (Data & Communications Company (DCC)) → Data Service Provider (DSP) → Energy Market (Smart Meter, Smart Meter Gateway, Smart Meter Data Collector, Smart Meter Data Processor, Smart Meter Data Hub).

Source: UK National Cyber Security Centre

- There are currently around **25 million** smart meters in the UK
- Two actual communications networks are needed:
 - **Home Area Network (HAN):** communication between smart grid devices in the home/office premises (using **Zigbee**)
 - **Wide Area Network (WAN):** responsible for sending the data wirelessly to the central data service provider



Conclusions

- This talk has discussed the importance of communications for electrical power networks
- Key applications to date include smart metering and SCADA network monitoring
- Power line communications enable communications using the power cable medium
- Wireless communications are often used when wide area coverage is required
- Communications design needs to take into account many aspects including **cost, security, reliability, latency** and **energy consumed**

Jornadas

- ❑ Ciclo de Conferencias Científicas de la Real Academia Sevillana de Ciencias.
- ❑ Ciclo de Conferencias de la Academia de Ciencias Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales de Granada y el Parque de las Ciencias.

Jornadas

Ciclo de Conferencias Científicas “Cambio Climático y Energías Renovables”

09/11/2021

Fundación | **Cajasol**

Real Academia
Sevillana de Ciencias

Organizan

CICLO DE CONFERENCIAS CIENTÍFICAS

Lugar: Sala Antonio Machado, Fundación Cajasol
(Calle Chicarrerros, 1)

“EL MOSQUITO DEL NIÑO”

4 de noviembre De 19:00 a 20:30

Enlace emisión in streaming: <https://youtu.be/9SpFXyPsBH8>

Jordi Figuerola Borrás
Investigador del CSIC. Estación Biológica de Doñana.
Ex Vicedirector Estación Biológica de Doñana.



“CAMBIO CLIMÁTICO Y ENERGÍAS RENOVABLES”

9 de noviembre De 19:00 a 21:00

Enlace emisión in streaming: <https://youtu.be/FPDgGThxEDE>

José Domínguez Abascal
Catedrático ETS de Ingeniería de la US.
Ex Secretario de Estado para la Transición Energética.
Real Academia de Ingeniería.
Real Academia Sevillana de Ciencias.

Antonio Gómez Expósito
Catedrático ETS de Ingeniería de la US.
Real Academia Sevillana de Ciencias.



Modera **José Luis de Justo Alpañés**
Presidente Real Academia Sevillana de Ciencias.

“LAS VACUNAS COVID”

23 de noviembre De 19:00 a 21:00

Enlace emisión in streaming: https://youtu.be/QEp1_hX-xAI

Mariano Esteban Rodríguez
Jefe Grupo Poxvirus y Vacunas
Centro Nacional Biotecnología CSIC.
Real Academia Nacional de Farmacia.
Impulsor de la primera vacuna española.



<https://www.youtube.com/watch?v=FPDgGThxEDE>

El pasado 9 de noviembre de 2021 **D. José Domínguez Abascal** y **D. Antonio Gómez Expósito**, Académicos de la Real Academia Sevillana de Ciencias, expusieron sus ponencias sobre “Cambio Climático y Energías Renovables”. El Sr. Gómez Expósito trató sobre la transición energética y energías renovables.

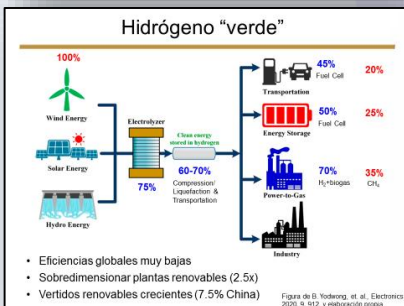
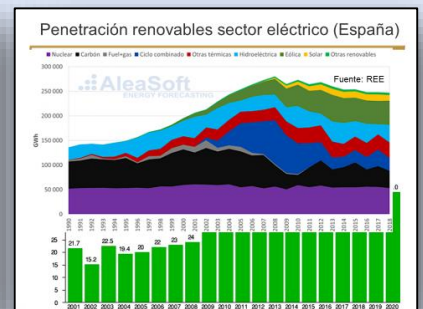
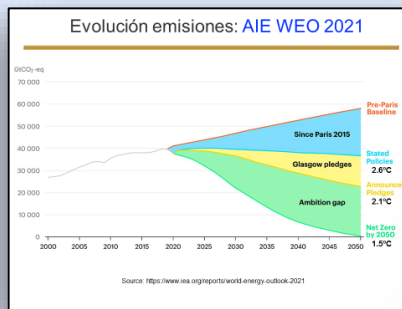
UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Fundación | **Cajasol**

Transición energética y energías renovables

Antonio Gómez Expósito, IEEE Fellow
Catedrático de Ingeniería Eléctrica
Universidad de Sevilla

Noviembre de 2021



Mercados marginalistas (Teoría)

Maximizan “bienestar social” (eficiencia económica). Condiciones:

- Número de actores elevado (price takers)
- No hay barreras de entrada/salida
- Producto homogéneo (tWh)
- Consumidores informados/racionales

Coste marginal = $\Delta C / \Delta P$

Fuente: <https://www.google.com/contributors-of-perfect-competition-market/>

¿Sistema español 100% renovable?

Tecnología	Potencia 2021 (GW)	Potencia 2040 (GW)	Energía anual (TWh)
Cogeneración	5,7	5	11
Hidráulica	17,1	18	31,5
Eólica	27	50	109,5
Fotovoltaica	13	90	152
CCP	2,3	5	9,7
Otra renovable	1,1	2	4,3
Total instalada	106 GW	170 GW	318 TWh
Demanda punta	41 GW		
Demanda media	29 GW		

Almacenamiento necesario para balance horario: 300-350 GWh (depende del uso de la hidráulica)

Coste medio resultante: **35-40 €/MWh**

United Nations

El cambio climático hace referencia a la variación a largo plazo de las temperaturas y los patrones climáticos del planeta, atribuida principalmente a la actividad humana, en especial, al uso de combustibles fósiles.



De izqda. a dcha., D. Antonio Gómez Expósito, D. José Luis de Justo Alpañés (Presidente de la Real Academia Sevillana de Ciencias) y D. José Domínguez Abascal.



Jornadas

Ciclo de Conferencias “Tecnologías Disruptivas para una Transición Energética Acelerada”

11/11/2021

Tecnologías Disruptivas para una Transición Energética Acelerada

“Por qué y cómo de una Transición Energética: Sostenibilidad, Tecnología y Mercado”



POR QUÉ Y CÓMO DE UNA TRANSICIÓN ENERGÉTICA: SOSTENIBILIDAD, TECNOLOGÍA Y MERCADO

11 de noviembre, 17:30 h.
Sala Paradisay, Parque de las Ciencias (Av. de la Ciencia s/n.)

Antonio Gómez Expósito
Catedrático de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Sevilla. Director de la Cátedra Endesa Red. Miembro de la Real Academia Sevillana de Ciencias

PERSPECTIVAS DE LA ENERGÍA SOLAR EN UN FUTURO ENERGÉTICAMENTE LIMPIO

14 de noviembre, 17:30 h.
Sala Paradisay, Parque de las Ciencias (Av. de la Ciencia s/n.)

Manuel Dobarré Castellano
Catedrático de Medicina de Estructuras, Universidad de Zaragoza. Académico de número de la Real Academia de Ingeniería de España

Juan Pablo Núñez Bortello
Doctor Ingeniero Industrial, especializado en Sistemas de Energía Térmica. Responsable del Área de Ingeniería de Mantenimiento en Alcantra Sostenible for Asturias. Profesor Asociado en la Universidad Loyola Andalucía.

PROS Y CONTRAS DE LOS BIOCOMBUSTIBLES

18 de noviembre, 17:30 h.
Sala Paradisay, Parque de las Ciencias (Av. de la Ciencia s/n.)

Juan Luis Ramos Martín
Doctor en Biología, Profesor de Investigación, Estación Experimental del Zaidín (CSIC). Académico numerario de la Academia de Ciencias Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales de Granada.

EL HIDRÓGENO, PIEZA CLAVE PARA LA DESCARBONIZACIÓN

23 de noviembre, 17:30 h.
Salón de Grados, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada (Campus de Fuencarral)

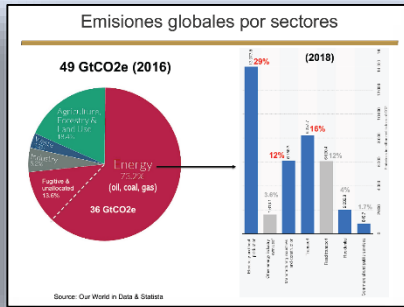
Javier Brey Sánchez
Fundador y CTO de H2R2 (Hydrogen Technologies). Presidente de la Asociación Española del Hidrógeno (AEH2). Miembro de la Asociación Española de Pilas de Combustible (AAspec). Profesor Asociado en la Universidad Loyola Andalucía.

La Academia de Ciencias Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales de Granada, en colaboración con el Parque de las Ciencias de Granada, organizó la conferencia “Por qué y cómo de una transición energética. Sostenibilidad, tecnología y mercado”, que fue desarrollada por **D. Antonio Gómez Expósito** (Universidad de Sevilla) el pasado 11 de noviembre de 2021, en el marco del Ciclo de conferencias VERDE QUE TE QUIERO VERDE. Tecnologías disruptivas para una transición energética acelerada.

Por qué y cómo de una transición energética: sostenibilidad, tecnología y mercado

Antonio Gómez Expósito, IEEE Fellow
Catedrático de Ingeniería Eléctrica

Noviembre de 2021



Fotovoltaica distribuida

Freiburg, Germany

Distribuida vs. centralizada: influencia de la regulación local

Alemania: 80% distribuida, 20% centralizada
España: 88% (sem)centralizada, 12% distribuida

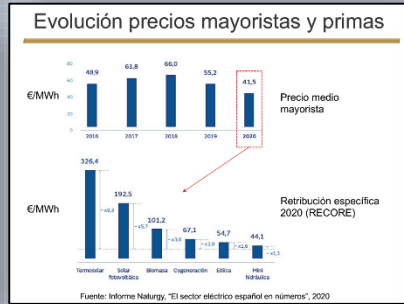
Fotovoltaica: España vs Australia (2020)

Australia: (25,7 millones hab.)
P_{total} = 70 GW (265 TWh, 24% renovable)
P _{fotovoltaica} = 20 GW (24 TWh, 9.5%)
P _{rooftop-hogar} = 18 GW (+2,7 millones casas, 25%)
P _{industrial-2020} = 3 GW (370.000 instalaciones)

España: (47,3 millones hab.)
P_{total} = 110 GW (250 TWh, 47% renovable)
P _{fotovoltaica} = 13 GW (17 TWh, 7%)
P _{rooftop-hogar} = 1,5 GW (~30.000 instalaciones)
P _{industrial-2020} = 0,6 GW

India: 100 GW en 2022 (35 GW en 2020)

Datos a diciembre de 2020



Ocupación de territorio (EEUU)

EEUU: 1600 GW FV en 2050 (45% del consumo)

Surface area required for solar development by 2050: ~0.5% of U.S. surface area

Source: DoE, Solar Futures Study, 2021

Seminarios Docentes Recibidos

- ❑ **D. Alfonso Vargas Vázquez.**
“La Transición Energética: Presente y Futuro de las Energías Renovables”
- ❑ **Professor Francisco González-Longatt.**
“Curso básico de modelación y simulación de sistemas de potencia utilizando DIGSILENT PowerFactory”
- ❑ **Professor Claudio Cañizares.**
“Stability of Microgrids and HV Transmission Grids with Converter-Interfaced Resource”
- ❑ **Professor Antonio Conejo.**
“Operational Equilibria of Electric and Natural Gas Systems with Limited Information Interchange”
- ❑ **Dr. José Luis Rueda Torres**
“Planteamiento y Solución de Problemas de Optimización Relacionados a la Dinámica de Sistemas Eléctricos de Potencia”
- ❑ **Dr. Mario Paolone**
“Analysis and Representation of Non-Stationary Signals in Inertia-Reduced Powergrids”
- ❑ **D. Fernando Almagro Yravedra**
“Operación coordinada de la red eléctrica europea y cálculo de capacidad de intercambio para el mercado eléctrico europeo”
- ❑ **D. Miguel Andrés Torres Lépez**
“Virtual inertia for grid stability: fundamentals and applications”
- ❑ **Professor Peter Palansky**
“Cyber-physical security of power systems”
- ❑ **D. David Treballe Treballe**
“Inversiones, deuda y estructura óptima de capital en negocios de distribución de electricidad”

Seminarios Docentes Recibidos

D. Alfonso Vargas Vázquez
“La Transición Energética: Presente y Futuro
de las Energías Renovables”

13/01/2021

Departamento de Ingeniería Eléctrica
E.T.S. Ingeniería - Universidad de Sevilla

Máster en “Sistemas de Energía Eléctrica” y
Máster en “Ingeniería Industrial”

WEBINAR

D. Alfonso Vargas Vázquez

Presidente de la Asociación de Energías Renovables de Andalucía

La Transición Energética: Presente y Futuro de las Energía Renovables

Miércoles 13 de enero de 2021 a las 12:00 horas

<http://departamento.us.es/electrica/eventos/>

PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO

Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía
Centro de Excelencia Cervera, otorgado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y del CDTI, bajo el expediente CER20191019.

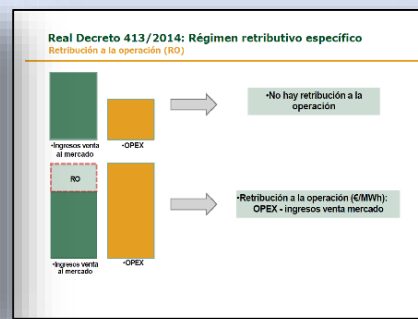
El pasado 13 de enero de 2021 **D. Alfonso Vargas Vázquez**, Presidente de la Asociación de Energías de Andalucía, impartió el Webinar titulado “La Transición Energética: Presente y Futuro de las Energía Renovables”

Departamento de Ingeniería Eléctrica

La Transición Energética Presente y futuro de las Energías Renovables

Sevilla, 13 de enero de 2021

Alfonso Vargas Vázquez
Presidente de la Asociación de Energías Renovables de Andalucía



Real Decreto 413/2014; Régimen retributivo específico

Ajustes por número de horas de funcionamiento

- Las instalaciones empezarán a cobrar la retribución específica una vez se alcanza un umbral de horas determinado. El 100% de la retribución específica se cobrará una vez se alcance un mínimo de horas. Entre ambos puntos, la retribución específica se calculará linealmente.
- La retribución a la operación se cobrará con un máximo de horas.

(1) Umbral de funcionamiento, expresado en horas distribuidas.
 (2) Umbral de horas en el que se cobrará el 100% de la retribución específica.
 (3) Umbral de horas en el que se cobrará el 100% de la retribución a la operación.

Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030

Tabla 1. Emisiones CO₂ equivalentes por sector. Históricas y proyección a 2030 (M)

Sector	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017	2019	2020
Transporte	39.159	40.210	40.107	40.722	41.436	41.685	41.685	41.685	41.685
Generación de energía eléctrica	63.964	12.923	24.011	43.218	27.203	19.626	19.626	19.626	19.626
Sector industrial (excluyendo de procesamiento)	45.991	46.296	46.462	46.699	47.046	47.393	47.740	48.087	48.434
Sector residencial (edificios de procesos)	28.559	31.993	21.038	21.508	22.026	22.429	22.832	23.235	23.638
Sectores esencial, comercio e industrial	17.511	15.174	26.125	26.508	26.891	27.274	27.657	28.040	28.423
Residuos	21.805	25.750	29.694	33.547	37.400	41.253	45.106	48.959	52.812
Industria del cemento	10.416	10.916	11.416	11.916	12.416	12.916	13.416	13.916	14.416
Industria del acero	2.181	1.320	452	721	988	1.255	1.522	1.789	2.056
Otros sectores	9.942	13.729	15.661	14.569	13.211	11.853	10.495	9.137	7.779
Emisiones logros	3.457	3.349	4.160	4.714	4.819	4.924	5.029	5.134	5.239
Uso de productos	1.368	1.762	1.946	1.291	1.243	1.316	1.368	1.420	1.472
Gases fluorados	61	11.940	12.089	12.237	12.385	12.533	12.681	12.829	12.977
Total	217.242	107.242	107.242	107.242	107.242	107.242	107.242	107.242	107.242

Fuente: IDAE

- #### Nuevos modelos de negocio
- **Almacenamiento.** Instalaciones en las que se difiere el uso final de electricidad a un momento posterior a cuando fue generada, o que realizan la conversión de energía eléctrica en una forma de energía que se pueda almacenar.
 - **Hibridación.** Se habilita expresamente la hibridación, como el acceso a un mismo punto de la red de instalaciones que empleen distintas tecnologías de generación, cuando ello resulte técnicamente posible.
 - **Agregador independiente.** Nuevo sujeto del sistema eléctrico, a efectos de combinar la demanda de varios consumidores de electricidad o de varios generadores.
 - **Comunidades de energías renovables.** Para permitir una mayor participación de los ciudadanos y entidades locales en proyectos de energías renovables locales.

Seminarios Docentes Recibidos

Professor Francisco González-Longatt
“Curso básico de modelación y simulación de
sistemas de potencia utilizando DIgSILENT
PowerFactory”

22 al 25/02/2021

“Curso básico de modelación y simulación de sistemas de potencia utilizando DIgSILENT PowerFactory”



UNIVERSIDAD DE SEVILLA
Departamento de Ingeniería Eléctrica
E.T.S. Ingeniería - Universidad de Sevilla
Doctorado Interuniversitario Sistemas de Energía Eléctrica

UNIVERSIDAD DE SEVILLA
UPC
UNIVERSIDAD DE MÁLAGA
UNIVERSIDAD DE CÁDIZ

Professor Dr. Francisco González-Longatt
PhD. Loughborough University, U.K.

“Curso básico de modelación y simulación de sistemas de potencia utilizando DIgSILENT PowerFactory”

22 al 25 de febrero de 2021 de 16:00 a 20:00 horas
<http://departamento.us.es/ielectrica/eventos/>

CYTED PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO
AICIA Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía
Centro de Excelencia Cervera, otorgado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y del CDTI, bajo el expediente CER20191019.

El profesor **D. Francisco González-Longatt**, de la Loughborough University (Reino Unido), impartió el curso titulado “Curso Básico de Modelación y Simulación de Sistemas de Potencia Utilizando DIgSILENT PowerFactory” del 22 al 25 de febrero de 2021.

Seminarios Docentes Recibidos

Professor Claudio Cañizares
“Stability of Microgrids and HV Transmission
Grids with Converter-Interfaced Resource”

03/05/2021

Departamento de Ingeniería Eléctrica
E.T.S. Ingeniería - Universidad de Sevilla

Doctorado Interuniversitario Sistemas de Energía Eléctrica

WEBINAR

Professor Claudio Cañizares

University of Waterloo, Canadá

“Stability of Microgrids and HV Transmission Grids with Converter-Interfaced Resource”

Lunes 3 de mayo de 2021 de 16:00 a 18:00 horas

<http://departamento.us.es/ielectrica/eventos/>

PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO

Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía
Centro de Excelencia Cervera, otorgado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y del CDTI, bajo el expediente CER20191019.

El pasado 3 de mayo de 2021 el profesor **D. Claudio Cañizares**, de la University of Waterloo (Canada), impartió el Webinar titulado “Stability of Microgrids and HV Transmission Grids with Converter-Interface Resource”

Introduction

Table 1. Categories of power system stability.

<p>Stability of Power Systems</p> <ul style="list-style-type: none"> • Additional converters with respect to their [1] • Disturbance unaffected • Effect of CIGs in both subgrids highlighted. 	<p>Voltage Stability</p> <ul style="list-style-type: none"> • Short-term • Long-term • Disturbance unaffected • Effect of CIGs in charging and the potential of controlling system frequency.
<p>Frequency Stability</p> <ul style="list-style-type: none"> • Short-term • Long-term • Disturbance unaffected • Effect of HVDC and PAC is an essential part of EBC control on constant reference stability. 	<p>Resonance Stability</p> <ul style="list-style-type: none"> • Power electronic based systems with fast-response components of the power system and other power electronic-based devices. • Resonance of an inverter LCL filter triggered by the control of the inverter itself or by interactions with controllers nearby. • Interactions among the control loops of grid-connected converters. • Can be prevented and/or mitigated by active damping strategies.

Introduction

- The dynamic response of CIGs and their interactions with the grid are dictated by the converter's controls.
- The controls are nowadays mainly those of VSC technologies:
 - Power outer controls.
 - Voltage and current inner controls.
 - PLL.
- On the other hand, Synchronous Generator (SG) dynamic responses are dominated by the synchronous machine and its controls.

Classification

- CIG controls can result in cross couplings with both the electromechanical dynamics of SG and the electromagnetic dynamics of the network, resulting in system oscillations over a wide frequency range:
 - Fast interactions correspond to frequencies above the fundamental frequency.
 - Slow interactions correspond to frequencies below the grid's fundamental frequency.

Fast-interaction Instabilities

- Associated with fast interactions of CIG controls with fast dynamic power system components such as the transmission network, SG stator dynamics, or other power electronic-based devices.
- Fast inner current and voltage CIG controls interacting with passive system components may cause high frequency oscillations in the range of hundreds of hertz to several kilohertz:
 - Referred to as harmonic instability in the power electronics community, with several inverters in close proximity interacting and leading to multi-resonance peaks and thus high frequency oscillations.
 - High-frequency switching of CIG that trigger parallel and series resonances associated with LCL power filters or parasitic feeder capacitors.
 - Resonance of an inverter LCL filter triggered by the control of the inverter itself or by interactions with controllers nearby.
 - Interactions among the control loops of grid-connected converters.
 - Can be prevented and/or mitigated by active damping strategies.

Fast-interaction Instabilities

- Dynamics of CIG are on similar time scales as the dynamics of transmission lines, resulting in fast dynamic interactions between the converters and the grid:
 - DFIG wind farm with VSC-HVDC link:
 - High frequency oscillations (>2 kHz) due to collector system cables.
 - Frequencies oscillations between 500 Hz and 2 kHz associated with wind farm transformers, cables, and HVDC VSC converter.
 - Lower frequency oscillations in the order of 50 to 500 hertz due to interactions between wind farm transformers and VSC-HVDC as well as the VSC controls themselves.
 - Interactions between STATCOMs and weak ac/dc grids have been detected in China Southern Grid, with oscillation frequencies of 2.5 Hz (slow) and 97.5 Hz (fast).

Slow-interaction Instabilities

- **Power Transfer Limits:**
 - The CIG power exceeding the maximum that the system can transmit
 - may be countered by dissipating the excess generation by a fault-ride-through scheme.
 - A similar problem may occur with the PLL affecting the active and reactive power converter control loops when close to maximum power conditions, resulting in oscillatory instability (see Weak System Instabilities).
 - When the CIG reaches its current limits, when, for example, trying to control its terminal voltage near the network's maximum power conditions.

Seminarios Docentes Recibidos

Professor Antonio Conejo
“Operational Equilibria of Electric and Natural
Gas Systems with Limited Information
Interchange”

02/06/2021

“Operational Equilibria of Electric and Natural Gas Systems with Limited Information Interchange”

Programa de Doctorado Interuniversitario en “Sistemas de Energía Eléctrica”

Convenio de colaboración entre las universidades de Sevilla, País Vasco, Málaga y Politécnica de Cataluña para llevar a cabo, conjuntamente, la organización y desarrollo de las enseñanzas de doctorado en “Sistemas de Energía Eléctrica”

Máster Universitario en “Sistemas de Energía Eléctrica”

<http://departamento.us.es/electrica/master-see/>

WEBINAR

Prof. Antonio J. Conejo

The Ohio State University
Department of Integrated Systems Engineering
Department of Electrical and Computer Engineering
286 Baker Systems Engineering
1971 Neil Avenue, Columbus, OH 43210, US

Title

“OPERATIONAL EQUILIBRIA OF ELECTRIC AND NATURAL GAS SYSTEMS WITH LIMITED INFORMATION INTERCHANGE”

Departamento de Ingeniería Eléctrica
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Camino de los Descubrimientos s/n
41092 Sevilla (España)
<http://departamento.us.es/electrica>

WEBINAR

“OPERATIONAL EQUILIBRIA OF ELECTRIC AND NATURAL GAS SYSTEMS WITH LIMITED INFORMATION INTERCHANGE”

FINANCIADO POR:

Cátedra Endesa de la Universidad de Sevilla

Día: 2 de junio de 2021

Hora: 16:30 H

Dpto. Ingeniería Eléctrica
ETS de Ingeniería
Universidad de Sevilla

[Enlace de la sesión](#)

El pasado 2 de junio de 2021 el profesor **D. Antonio Jesús Conejo Navarro**, de The Ohio State University (EE.UU.), impartió el Webinar titulado “Operational Equilibria of Electric and Natural Gas Systems with Limited Information Interchange”

Gas-Power Equilibria

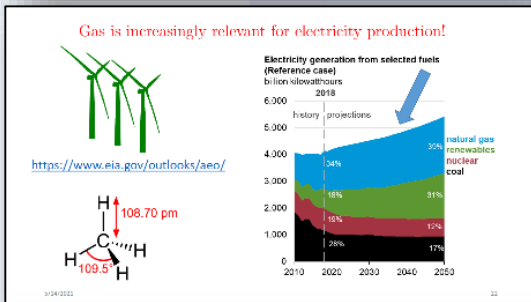
Antonio J. Conejo, 2019
THE OHIO STATE UNIVERSITY

Gas clearing

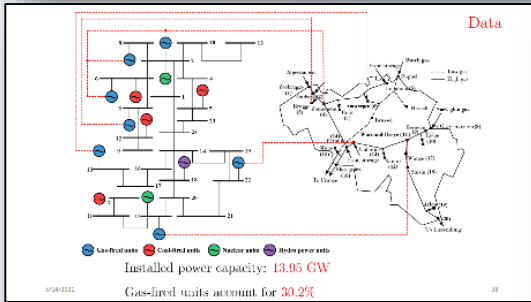
$$\begin{aligned} \min_{g_1, g_2} & 1 \cdot g_1 + 3 \cdot g_2 \\ \text{s.t.} & g_1 + g_2 = 12 + g_c : \lambda_g \\ & g_1 \leq 10 : \mu_1 \\ & g_2 \leq 14 : \mu_2 \end{aligned}$$

Power clearing

$$\begin{aligned} \min_{p, q} & \lambda_g \cdot g_c - 2 \cdot p \\ \text{s.t.} & \frac{1}{2} g_c + p = 14 : \lambda_e \\ & p \leq 10 : \eta \end{aligned}$$



Equilibrium

$$\begin{aligned} \min_{g_1, g_2, p, q, \lambda_e, \lambda_g, \mu_1, \mu_2} & 1 \\ \text{s.t.} & g_1 + g_2 = 12 + g_c \\ & g_1 \leq 10, g_2 \leq 14 \\ & \lambda_g \cdot \mu_1 \leq 1 \\ & \lambda_g \cdot \mu_2 \leq 3 \\ & \alpha \leq 0, \mu_2 \leq 0 \\ & 1 \cdot g_1 + 3 \cdot g_2 - (12 + g_c) \cdot \lambda_g + 10 \cdot \mu_1 + 14 \cdot \mu_2 \\ & \frac{1}{2} g_c + p = 14 \\ & p \leq 10 \\ & \frac{1}{2} \lambda_e \leq \lambda_g \\ & \lambda_e + \eta \leq 2 \\ & \eta \leq 0 \\ & \lambda_g \cdot g_c + 2 \cdot p = 14 \cdot \lambda_e - 10 \cdot \eta \\ & g_1 \geq 0, g_2 \geq 0, g_c \geq 0, p \geq 0 \end{aligned}$$


Conclusions

- Most wholesale natural gas systems employ pricing that is akin to combined averaging.
- These pricing practices introduce overall efficiency losses to the whole system.
- Moreover, there are mixed impacts of combined averaging on the efficiency and cost of operating the two systems.
- Operators of natural gas systems may have incentives to implement more granular pricing practices.

Seminarios Docentes Recibidos

Profesor Dr. José Luis Rueda Torres,
“Planteamiento y Solución de Problemas de
Optimización Relacionados a la Dinámica de
Sistemas Eléctricos de Potencia”

10 y 17/06/2021

“Planteamiento y Solución de Problemas de Optimización Relacionados a la Dinámica de Sistemas Eléctricos de Potencia”

Departamento de Ingeniería Eléctrica
E.T.S. Ingeniería - Universidad de Sevilla

Doctorado Interuniversitario Sistemas de Energía Eléctrica

WEBINAR

Profesor Dr. José Luis Rueda Torres

Associate Professor of Intelligent Electrical Power Grids,
Delft University of Technology- TUDelft, Netherlands.

“Planteamiento y Solución de Problemas de Optimización Relacionados a la Dinámica de Sistemas Eléctricos de Potencia”

10 de junio de 2021 de 16:00 a 18:00 horas

Enlace

17 de junio de 2021 de 16:00 a 18:00 horas

Enlace

<http://departamento.us.es/ielectrica/eventos/>

PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO

Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía.
Centro de Excelencia Cervera, otorgado por el Ministerio
de Ciencia e Innovación y del CDTI, bajo el expediente CER20191019.

El profesor **Dr. José Luis Rueda Torres**, de la Delft University of Technology- TUDelft (The Netherlands), impartió el Webinar titulado “Planteamiento y Solución de Problemas de Optimización Relacionados a la Dinámica de Sistemas Eléctricos de Potencia” los días 10 y 17 de junio de 2021.

Solution of optimization problems in power system dynamics

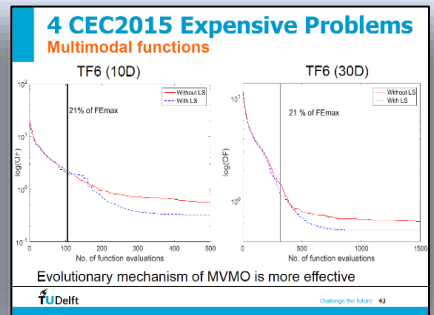
Part 1: Basics of heuristic optimization

Dr.ir. J.L. Rueda Torres
10th June 2021

Learning objectives (LOs)

At the end of the webinar the attendees will be able to:

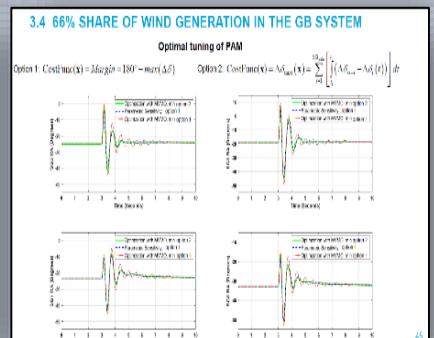
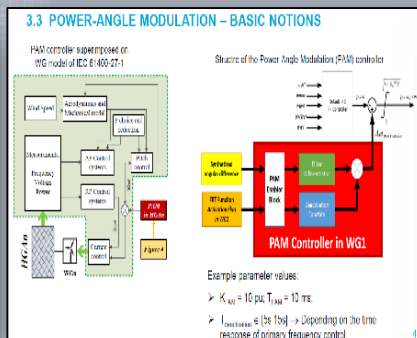
- **LO1:** Describe the basics concerning with the definition of an optimization problem
- **LO2:** Describe the rationale behind metaheuristics
- **LO3:** Apply a metaheuristic algorithm to a given optimization problem



Solution of optimization problems in power system dynamics

Part 2: Case studies

Dr.ir. J.L. (José) Rueda Torres
17th June 2021



Seminarios Docentes Recibidos

Profesor Dr. Mario Paolone
“Analysis and Representation of Non-Stationary
Signals in Inertia-Reduced Powergrids”

21/06/2021

“Analysis and Representation of Non-Stationary Signals In Inertia-Reduced Powergrids”

Departamento de Ingeniería Eléctrica
E.T.S. Ingeniería - Universidad de Sevilla

Doctorado Interuniversitario Sistemas de Energía Eléctrica

WEBINAR

Dr. Mario Paolone

Professor Distributed Electrical Systems Laboratory,
École polytechnique fédérale de Lausanne - EPFL

“Analysis and Representation of Non-Stationary Signals in Inertia-Reduced Powergrids”

21 de junio de 2021 de 16:00 a 18:00 horas

<http://departamento.us.es/ielectrica/eventos/>

Enlace

PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO

Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía.
Centro de Excelencia Certera, otorgado por el Ministerio
de Ciencia e Innovación y del CDTI, bajo el expediente CER20191019.

El pasado 21 de junio de 2021 el profesor **Dr. Mario Paolone**, de la École polytechnique fédérale de Lausanne - EPFL (Switzerland), impartió el Webinar titulado “Analysis and Representation of Non-Stationary Signals in Inertia-Reduced Powergrids”

Analysis and representation of non-stationary signals in inertia-reduced power grids

Prof. Mario Paolone
EPFL Distributed Electrical Systems Lab

21.06.2021

Power Systems Transients Using the HT

- **Property 1:** the HT introduces a phase shift of $-\pi/2$ at each positive frequency and $+\pi/2$ at each negative frequency.
- **Property 2:** the HT of the product of two signals with non-overlapping spectra equals to the product of the low-pass term by the HT of the high-pass term.
- **Property 3:** the spectral representation of the analytic signal does not contain imaginary components but only real components.
- **Property 4:** the analytic signal can be considered as a generalization of the concept of phasor representation, characterized by an instantaneous frequency $f_0 = \omega_0/2\pi$.

Characterization of Non-Stationary Signals

Power System

 $\rightarrow x(t)$

$\mathcal{H}[x(t)]$

 $\rightarrow \hat{x}(t)$

Analysis Algorithm

 \rightarrow

Instantaneous Signal Parameters

Goal:

- Extracting valid signal parameters from measured signals in power grids
- Exploit improved representation of signal dynamics using Hilbert Transform

Inspired by:

- **Fourier and Wavelet analysis** which rely on bases of complex exponentials and wavelet kernels
- **Compressed Sensing** which use dictionaries of kernels to reconstruct inputs
- Create a dictionary of complex exponentials based on the Hilbert Transform for instantaneous signal parameter extraction

Dictionary Formulation

- Assumption that the set of possible signal dynamics in the grid is finite
 - Can be spanned by a dictionary of common dynamics (e.g. AM, FR, AS)
 - Dictionary is **user-engineered to capture dynamics of interest**
- Each atom in the dictionary represents a specific function for a defined set of parameters θ

Phase Modulations

• Similar FE for all methods

• However, the TDE is improved using FBA, since the full frequency dynamic of the window is better represented

$f_0 = 50.15 \text{ Hz}, k_p = 10\%, f_m = [0.1, 5] \text{ Hz}$

[19] A. Kopylov, A. Tereshchenko, G. Fijał, M. Paolone, “Characterization of Non-Stationary Signals in Power Grids via Functional Dictionary Approach” for submitted EPFL Proceedings on Power Systems, 2021.

Conclusions

- Real-life events analysed in the tutorial have shown how the use of phasors may lead to large approximations when modelling signals of electrical quantities of reduced-inertia power grids.
- Dynamic phasors outperform stationary phasors in dynamic conditions but still rely on narrow-band approximations of signals and cannot represent in a complete way signals characterized by a continuous spectrum. The non-linear least square fit is accurate but requires a full a priori knowledge.
- The HT, integrated with the analytical signal representation, may be the appropriate tool for modelling broad-band signals associated to inertia-less power system dynamics.
- A functional dictionary approach allows for the extraction of signal parameters and the identification of common dynamics
- FBA method demonstrated improved performance for common signal dynamics and real-world signals when compared to dynamic and static phasor methods

Seminarios Docentes Recibidos

D. Fernando Almagro Yravedra
“Operación Coordinada de la Red Eléctrica
Europea y Cálculo de Capacidad de Intercambio
para el Mercado Eléctrico Europeo”

27/10/2021

“Operación Coordinada de la Red Eléctrica Europea y Cálculo de Capacidad de Intercambio para el Mercado Eléctrico Europeo”

Departamento de Ingeniería Eléctrica
E.T.S. Ingeniería - Universidad de Sevilla

La Cátedra Endesa Red de la Universidad de Sevilla organiza dentro del Máster y Doctorado en “Sistemas de Energía Eléctrica”

Conferencia

D. Fernando Almagro Yravedra

Security & Coordination Engineer in CORESO

Título: Operación coordinada de la red eléctrica europea y cálculo de capacidad de intercambio para el mercado eléctrico europeo.

Miércoles 27 de octubre de 2021 a las 18:00 horas en el aula S24(sótano del edificio Plaza de América).

<http://departamento.us.es/ielectrica/eventos/>

PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO

Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía
Centro de Excelencia Cervera, otorgado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y del CDTI, bajo el expediente CER20191019.

D. Fernando Almagro Yravedra, de Security & Coordination Engineer in CORESO, impartió la Conferencia titulada “Operación Coordinada de la Red Eléctrica Europea y Cálculo de Capacidad de Intercambio para el Mercado Eléctrico Europeo” el pasado 27 de octubre de 2021.

Coreso Coordinated Operations Seminar

Universidad de Sevilla

Fernando Almagro
Security & Coordination Engineer

24/09/2022

Coordinated Security Analysis Process

Performed in a day-ahead and intraday basis. Main differences:

- ☒ More reliable information
- ☒ Early hours not covered in intraday

Automatic

Step 1: Definition of input datasets

Grid data (take national systems)
Market data (Generation patterns, load, network)
Market data (COG)
Grid data

Manual

Step 2: Security analysis process

Load flow computation
Removal actions
Constraints
Analysis grid structure

Step 3: RSC/TSO Coordination

Sharing of results
Agreement removal actions

Step 4: Sharing of grid overview

Intraday / RT
UK report

Convergence tool package: merging supervisor; case visualizer

The Security Analysis

Possible Remedial Actions: Costly

- ☒ Pumping Curtailment
- ☒ Wind Curtailment
- ☒ Internal Redispatch
- ☒ Load Shedding
- ☒ Cross Border Redispatch

The Security Analysis

Not just the grid operation: The communication

- ☒ Coordination relies on communication
- ☒ Agreement among TSOs is necessary
- ☒ Compromise solution between TSOs
- ☒ Effective communication and negotiation is key

Coordinated Capacity Calculation Process

Flow-based approach:

- ☒ Used in complex borders
- ☒ Domain of secure exchanges found by optimization
- ☒ Market will choose the final exchanges using Euphemis

each boundary is a constraint

Grid Split 24th July 2021

European grid separation: 24/07/2021

- ☒ Fire in the vicinity of Bessas - Caudière double circuit
- ☒ Cascading effects separated ES and P from Europe
- ☒ Up to 1.3 Hz of deviation → 2000 MW generation lost in ES
- ☒ Automatic load shedding (5000 MW ES) and power sharing removal is key

Seminarios Docentes Recibidos

Profesor Dr. Miguel Andrés Torres López
“Virtual Inertia for Grid Stability: Fundamentals
and Applications”

08/11/2021

Departamento de Ingeniería Eléctrica
E.T.S. Ingeniería - Universidad de Sevilla

Doctorado Interuniversitario Sistemas de Energía Eléctrica

Webinar

Dr. Miguel Andrés Torres López

Universidad de O'Higgins

“Virtual inertia for grid stability: fundamentals and applications”

Lunes 8 de noviembre de 2021 a las 18:00 horas

<http://departamento.us.es/ielectrica/eventos/>

PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO

Cátedra Endesa Red
de la Universidad de Sevilla

Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía
Centro de Excelencia Cervera, otorgado por el Ministerio
de Ciencia e Innovación y del CDTI, bajo el expediente CER20191019.

El profesor Dr. Miguel Andrés Torres López, de la Universidad de O’Higgins (Chile), impartió el Webinar titulado “Virtual Inertia for Grid Stability: Fundamentals and Applications” el pasado 8 de noviembre de 2021.

Virtual Inertia for Grid Stability: Fundamentals and Applications

Miguel Torres
Instituto de Ciencias de la Ingeniería
Universidad de O'Higgins
Chile.

Primary frequency control

- The automatic adjustment of power by the local control and inertial response of the generators and loads within 30 seconds after a disturbance.

Results for inertial response

VSM type	Δf_{min} (Hz)	τ_{in} (s)	Setting (New %)	Disturbance Energy (kJ)	Recovery Energy (kJ)
No VSM	0.16	0.18	0.16	0	0
CPASIM	0.02	0.06	0.06	0.06	0.06
VSM	0.02	0.06	0.06	0.06	0.06
VSM with STI	0.02	0.06	0.06	0.06	0.06

Current source behavior

Control strategy

- The control is based on the exact input-output linearization technique, and it allows direct control of the output voltages of the H-Bridges. This allows direct inter-cell voltage balancing due to differences in the dc currents produced by changes in the PV arrays temperature and irradiance.

VSG control in current mode.

Seminarios Docentes Recibidos

Profesor Dr. Peter Palensky
“Cyber-Physical Security of Power Systems”

30/11/2021

Departamento de Ingeniería Eléctrica
E.T.S. Ingeniería - Universidad de Sevilla

Doctorado Interuniversitario Sistemas de Energía Eléctrica

Apertura de Curso Académico de Doctorado

Dr. Peter Palensky

Universidad Técnica de Delft

Cyber-physical security of power systems

Martes 30 de noviembre de 2021 a las 18:00 horas

<http://departamento.us.es/ielectrica/eventos/>

PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO

Cátedra Endesa Red de la Universidad de Sevilla

Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía
Centro de Excelencia Cervera, otorgado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y del CDTI, bajo el expediente CER20191019.

El profesor **Dr. Peter Palensky**, de la Universidad Técnica de Delft (The Netherlands), impartió el Webinar titulado “Cyber-Physical Security of Power Systems” el pasado 30 de noviembre de 2021.

Normal operation: Control frame (GOOSE) is received and processed. Spoofing of GOOSE data frames results in malicious opening of circuit breakers.

Seminarios Docentes Recibidos

D. David Trebolle Trebolle
“Inversiones, deuda y estructura óptima de
capital en negocios de distribución
de electricidad”

02/12/2021

“Inversiones, deuda y estructura óptima de capital en negocios de distribución de electricidad”

Departamento de Ingeniería Eléctrica
E.T.S. Ingeniería - Universidad de Sevilla

Doctorado Interuniversitario Sistemas de Energía Eléctrica

Seminario

D. David Trebolle Trebolle

Ingeniero Industrial. Máster en Gestión Técnica y Económica del Sector Eléctrico Español y Máster en Finanzas del Sector Eléctrico

“ Inversiones, deuda y estructura óptima de capital en negocios de distribución de electricidad”

Jueves 2 de diciembre de 2021 de 16:00 a 18:00 horas en el Salón de Grados de la ETS de Ingeniería.

<http://departamento.us.es/ielectrica/eventos/>

PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO

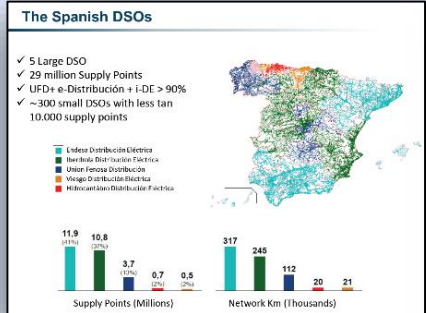
Cátedra Endesa Red de la Universidad de Sevilla

Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía
Centro de Excelencia Cervera, otorgado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y del CDTI, bajo el expediente CER20191019.

D. David Trebolle Trebolle, Ingeniero Industrial. Máster en Gestión Técnica y Económica del Sector Eléctrico Español y Máster en Finanzas del Sector Eléctrico, impartió el Seminario titulado “Inversiones, deuda y estructura óptima de capital en negocios de distribución de electricidad” el pasado 2 de diciembre de 2021.

Index

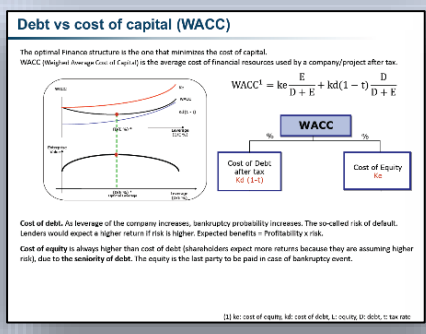
1. Introduction
2. The DSO revenues
3. The Balance of a DSO
4. Methods to quantify companies Value
5. The debt and maximum Leverage
6. The rating applied to DSOs
7. The DSO WACC
8. The DSO strategy in investment
9. Buying a DSO
10. In a Nutshell



- ### Some key aspects of electricity distribution
-
- ✓ Key actor of the low carbon economy transition (electric vehicle, DG, energy efficiency...)
 - ✓ Intensive in capital (very high operational and investments costs)
 - ✓ 100% of revenues by regulatory framework (published by law)
 - ✓ Limited management faculties due to tight mandatory investments plans...
 - ✓ In Spain, with low innovation regulatory framework incentives (more input than output based)
 - ✓ High unbundling requirements (Accounting, functional, legal). Ownership?

Business valuation methods

	Methods		
Accounting	Balance Sheet	Book Value	Assets, Equity, Liabilities
	Multiples	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Based on prices ✓ Based on Enterprise Value 	Prices: PER, P/BV ... EV: EV/EBITDA, EV/S...
	Market value	Share value expectations	✓ Fundamental analysis ✓ Technical analysis
Future profitability	Cash Flows	Discount Free cash flow (DFCF)	Shares cash flow Discount Dividend cash flow
	Real Options		
Multiples		<ul style="list-style-type: none"> EV/S (+) Easy calculation, most applies USA (-) International comparisons due to lack of standardisation 	
		<ul style="list-style-type: none"> EV/... (+) not affected by debt, (interest) (-) Not easy calculation 	



- ### In a Nutshell...
1. Transmission and Distribution are **regulated activities** due to their decreasing average costs (Natural Monopolies).
 2. Revenues are determined by the **National Regulatory Authority**.
 3. Key aspects of revenues regulation: CAPEx, OPEX, Incentives, Rate of Return...
 4. The most **rate of return** used in Regulated activities is the **WACC** due to cost of debt and equity is considered.
 5. Current DSO revenues are stated in regulation 6/2019 and 2/2019.
 6. At DSO businesses, **unbundling** is required to avoid lack of transparency and the well function of markets.
 7. The **key aspects of a DSO balance** are: the huge proportion of non current assets (90%) and grants and donations in Equity.
 8. Accounting and future profitability are different **valuation methods** for companies. With DSOs, the DFCF is an appropriate method.
 9. The **debt at business** maximizes shareholders profitability but may increase the risk. When WACC is minimum, **maximum profitability** is achieved.
 10. **Rating agencies** determined the **rating (capacity of fulfil payments)** of companies.
 11. **Typical approach of DSOs is invest and amount that compensates the depreciation** in order to have stable revenues.

Seminarios Docentes Impartidos

- ❑ **Dr. Antonio Gómez Expósito.**
“Distribution Systems State Estimation: Challenges, Models and Taxonomy”
- ❑ **Dra. Esther Romero Ramos.**
“Distribution Systems State Estimation: A Spanish Experience”
- ❑ **Dr. Antonio Gómez Expósito.**
“Almacenamiento Energético en Sistemas 100% renovable: Baterías vs Bombeo”

Seminarios Docentes Impartidos

Dr. Antonio Gómez Expósito.

“Distribution Systems State Estimation:
Challenges, Models and Taxonomy”

19/04/2021

IEEE Task Force on Performance Evaluation of Distribution System State Estimation

Distribution Systems State Estimation: Challenges, Models and Taxonomy

Antonio Gómez-Expósito
Esther Romero Ramos

April 19th, 2021

© A. Gomez-Expósito & E. Romero-Ramos (2021)

D. Antonio Gómez Expósito, Director de la Cátedra Endesa de la Universidad de Sevilla impartió el pasado 19 de abril de 2021 el webinar titulado “Distribution Systems State Estimation: Challenges, Models and Taxonomy”.

Role of DSSE in Advanced DMS

Traditional paradigm (passive feeders):

- Insufficient telemetered information (unobservable feeders)
- Typical load patterns available: “vanilla” load allocation

American vs European layouts

Source: Al-Jaafreh, M.A. and Mokryani, Ö. (2019), Planning and operation of LV distribution networks: a comprehensive review. IET Energy Syst. Mag., 1, 133-140

Hybrid Formulation

Augmented hybrid set of variables (phase angles not explicitly handled)

$$\begin{cases} U_i = V_i^2 \\ J_\theta = I_\theta^2 \\ W_\theta = V_i V_j \sin \theta_{ij} \quad (\pm \text{ sign}) \end{cases}$$

Power flows & injections become **linear functions** of x :

$$P_i = -b_i W_\theta + \frac{1}{2} [g_\theta (U_i - U_j) + J_\theta r_\theta]$$

$$Q_i = -\frac{1}{2} [b_\theta (U_i - U_j) + J_\theta x_\theta] - g_\theta W_\theta$$

Additional **quadratic constraint**:

$$f(x) = W_\theta^2 + \frac{[U_i + U_j - J_\theta x_\theta^2]}{4} - U_i U_j = 0$$

Ref.: A. Gomez-Expósito, A. de la Villa, J. Ramirez, “An Alternative State Estimation Formulation for Radial Distribution Networks”, IEEE PowerTech 2007

DSSE Taxonomy by Measurement Redundancy

Distributed DSSE

- Current **fully centralized** DMS architecture: not sustainable to face the explosion of information arising in the smart grid paradigm
- Locally process information** whenever possible: transition to a partly distributed & hierarchical control architecture.

Ref.: C. Gomez-Quiles, A. Gomez-Expósito, A. de la Villa, “State Estimation for Smart Distribution Substations”, IEEE Trans. on Smart Grid, Vol.3(2), 2012.

State Estimation in two time scales

Ref.: A. Gomez-Expósito, C. Gomez-Quiles and I. Dzafic, “State Estimation in Two Time Scales for Smart Distribution Systems”, in IEEE Trans. on Smart Grid, vol. 6(1), 2015

Seminarios Docentes Impartidos


Dra. Esther Romero Ramos

“Distribution System State Estimation: A
Spanish Experience”

21/04/2021

“Smart Power Distribution Systems” Special Talk

DISTRIBUTION SYSTEM STATE ESTIMATION: A SPANISH EXPERIENCE




Speaker: Prof Esther Romero-Ramos PhD, Department of Electrical Engineering, University of Seville, Spain.

Date & Time: April 21, 9:00 am

Abstract: State estimation tool is the cornerstone of ADMS. This essential application has to be adapted to the own features of active distribution networks, where advanced metering infrastructure and new sensors are providing to be a boon for state estimators. I will present during my lecture the practical implementation of a distribution system state estimator in the context of the Spanish pilot projects MONICA and PASTORA, demonstrating the possibilities and real scope of DSSE.

Bio: Prof. Romero-Ramos completed a 3+3 Master on electrical engineering in 1992 at the University of Seville, where she obtained her PhD in 1999. She joined this university’s faculty as an Assistant professor in 1993, where she is now Full Professor and Chair of the Department of Electrical Engineering. She is the coauthor of over 50 peer-review publications and has lead or participated in over 40 research and development projects, both with public and private funding. In 2012, she co-founded the spin-off company *Ingelectus*, that has since then developed over 140 projects.







Please join us via Zoom meeting:
<https://umsl.zoom.us/j/98786530264>
 Meeting ID: 987 8653 0264


D^a. Esther Romero Ramos, Catedrática de la Universidad y Directora del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Sevilla, impartió el pasado 21 de abril de 2021 el webinar titulado “Distribution System State Estimation: A Spanish Experience” en la Universidad de Massachusetts Lowell (Umass) que es una de las cinco universidades dependientes de la [Universidad de Massachusetts](https://www.umass.edu/).



MONICA & PASTORA PROJECTS


PASTORA project: Preventive Analysis of Smart Grids with Real Time Operation and Renewable Assets Integration (June 2018 – June 2021)

- Main objective: combine artificial intelligence and Big Data to create intelligent networks that improve real-time control and preventive maintenance of the distribution network.
- Partners:      
- Budget: 2.8 M€
- US team: A. Gómez-Expósito, E. Romero-Ramos, A. de la Villa-Jaén, J.A. Rosendo-Macías




leading the future's walk

Distribution system state estim
© Esther Romero-Ramos (2021)

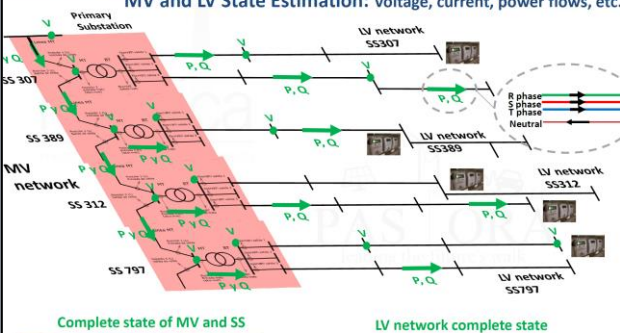


24



MONICA & PASTORA PROJECTS

MV and LV State Estimation: Voltage, current, power flows, etc.



Complete state of MV and SS

LV network complete state

Distribution system state estimation: a Spanish experience
© Esther Romero-Ramos (2021)

35

Seminarios Docentes Impartidos

Dr. Antonio Gómez Expósito.

“Almacenamiento Energético en Sistemas
100% Renovables: Baterías vs Bombeo”

21/05/2021

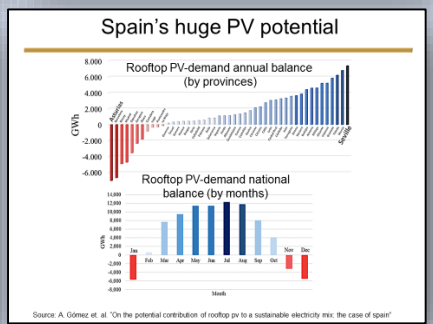
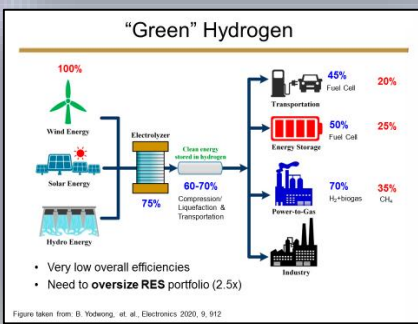
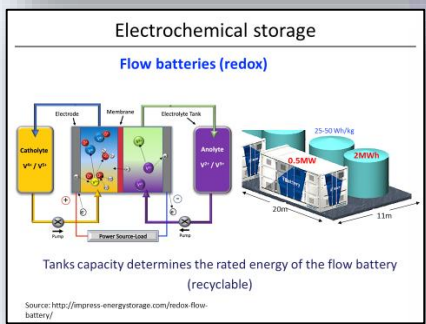
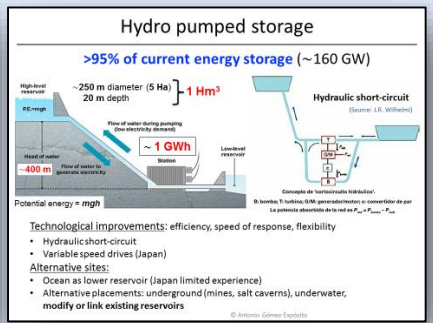
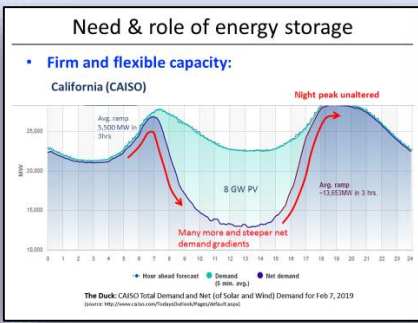
Almacenamiento energético en sistemas 100% renovables: baterías vs bombeo

Antonio Gómez Expósito, IEEE Fellow
Universidad de Sevilla

20 mayo 2021

D. Antonio Gómez Expósito, Director de la Cátedra Endesa de la Universidad de Sevilla impartió el pasado 20 de mayo de 2021 el webinar titulado “Almacenamiento Energético en Sistemas 100% Renovables: Baterías vs Bombeo”.

- ### Contenido
1. ¿Por qué?
 2. ¿Cómo?
 3. ¿Para qué?
 4. ¿Cuánto, cuándo y dónde?
 5. ¿...Y aquí?



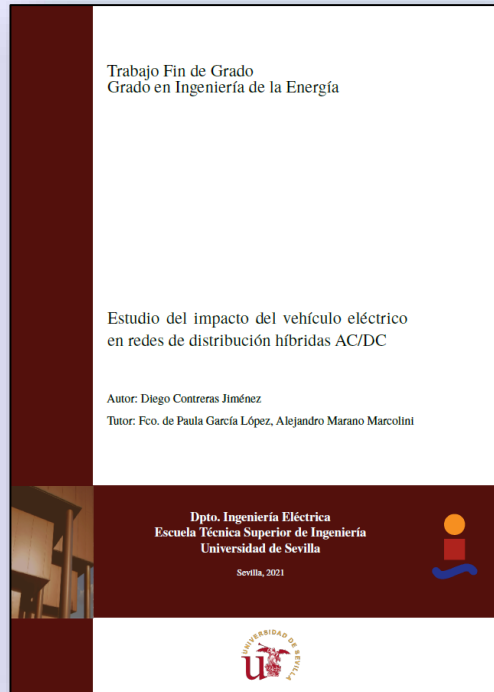
Premio Trabajo Fin de Grado 2021

D. Diego Contreras Jiménez

Título: Estudio del Impacto del Vehículo Eléctrico en
Redes de Distribución Híbridas AC/DC.

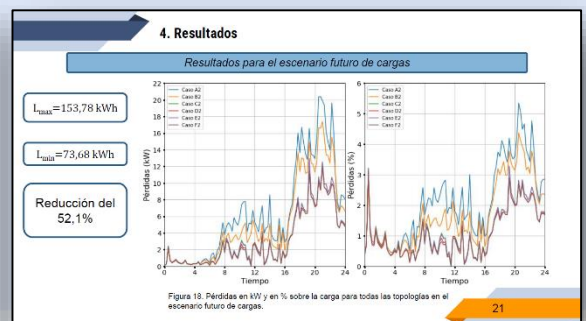
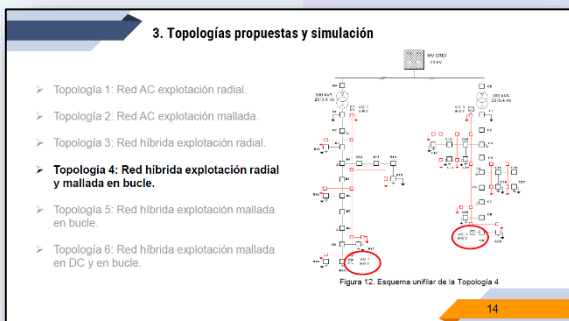
Tutores: Dr. Francisco de Paula García López
Dr. Alejandro Marano Marcolini

“Estudio del Impacto del vehículo eléctrico en redes de distribución híbridas AC/DC.”



En los próximos años se prevé un aumento significativo del grado de electrificación de nuestra sociedad. Todo apunta a que el principal pilar de esta electrificación este basado en el transporte, tanto el particular como el público. Esto es, sin duda, fundamental para avanzar en el desarrollo de políticas medioambientales que nos permitan reducir la contaminación en las ciudades, así como la emisión de CO2 a la atmósfera. Pero también implica un reto tecnológico para el sector eléctrico. Por ello es necesario estudiar y definir estrategias de diseño y operación de redes eléctricas que permitan reducir las pérdidas del sistema, aumentar la fiabilidad y garantizar la calidad del suministro aun cuando el desarrollo del vehículo eléctrico, el mayor consumo de los particulares y el aumento de la población exijan cada vez mayores cantidades de energía.

En este trabajo se estudian distintos métodos de mallado y operación de redes de distribución en baja tensión, tanto híbridas, AC/DC, como convencionales, AC. Las redes propuestas están basadas en el modelo de red de baja tensión de CIGRE y serán sometidas a dos escenarios de carga: uno actual basado en cargas residenciales y uno futuro con alta penetración de vehículos eléctricos y autoconsumo fotovoltaico.



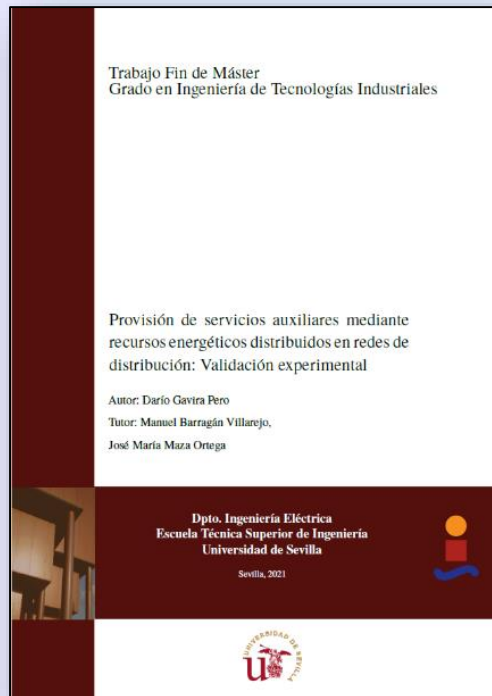
Premio Trabajo Fin de Máster 2021

D. Darío Gavira Pero

Título: Provisión de Servicios Auxiliares mediante
Recursos Energéticos Distribuidos en Redes de
Distribución: Validación Experimental

Tutores: Dr. Manuel Barragán Villarejo
Dr. José María Maza Ortega

“Provisión de Servicios Auxiliares mediante Recursos Energéticos Distribuidos en Redes de Distribución: Validación Experimental.”

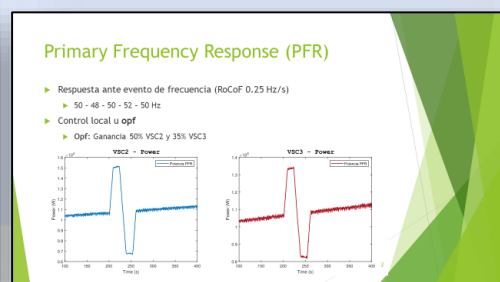
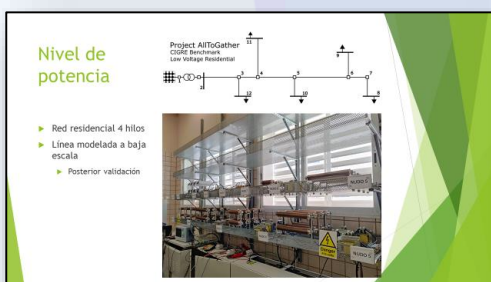


El objeto del presente trabajo es analizar a nivel experimental los algoritmos de control propuestos en el proyecto europeo EASY-RES, donde se proponen estrategias de control que suministren servicios auxiliares desde plantas de generación renovable. Para ello, se empleará una red de baja tensión a escala que modele una red radial con diversos nodos de generación y consumo. Por tanto, se busca un doble propósito: la validación de los algoritmos que aporten servicios auxiliares a la red eléctrica, que, a su vez, será esencial en el sistema de potencia del futuro al presentar un volumen de generación renovable elevado.

La motivación de este proyecto radica en afrontar el complejo paradigma del sistema eléctrico de potencia, dado que la penetración de la generación basada en energías renovables será elevada. Ante esta premisa, la operación del sistema eléctrico se dificultará al ser las fuentes primarias de energía no gestionables, es decir, las energías renovables no pueden emplearse a demanda. Para favorecer su integración en una red eléctrica, será necesario apoyar la generación en sistemas de almacenamiento de energía y el uso de algoritmos capaces de proveer de servicios auxiliares para obtener un suministro eléctrico seguro y fiable, es en este punto donde se enmarca el proyecto EASY-RES.

Para este estudio, se detallarán las características del equipo electrónico empleado como prototipo en EASY-RES, que permitirá controlar la potencia entregada a la red de acuerdo a los algoritmos de control propuesto. Para cada ensayo, se presentarán diversos perfiles de generación y consumo en cada nudo.

La metodología de trabajo empleada en el desarrollo de los resultados consiste en una validación experimental inicial de la red empleada en los ensayos, en la que se comparan los resultados experimentales con los obtenidos mediante simulación en distintos escenarios. A continuación, se prueban los algoritmos cuyo objetivo consiste en proveer servicios auxiliares tales como el control de tensiones, el suavizado de potencia de alta frecuencia (HFPS) y la respuesta primaria de frecuencia (PFR). Los resultados se compararán con los obtenidos en simulación y su respuesta ante el comportamiento esperado por los algoritmos.



“Fotos de la Entrega de Premios Cátedra Endesa Curso Académico 2020/2021”



De izquierda a derecha: D. Emilio Jiménez Criado, Head of Operational Regional Area Andalucía y Extremadura de Endesa; D. Darío Gavira Pero, Premio Cátedra Endesa al mejor Trabajo Fin de Máster; D. Diego Contreras Jiménez, Premio Cátedra Endesa al mejor Trabajo Fin de Grado; D. Antonio Gómez Expósito, Director de la Cátedra Endesa de la Universidad de Sevilla.



El 24 de febrero de 2022 D. Emilio Jiménez Criado entregó los premios en representación de Endesa en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de la Universidad de Sevilla

Tesis Doctorales

- Dr. Miguel Ángel González Cagigal
- Dr. Gabriel Antonio Tévar Bartolomé

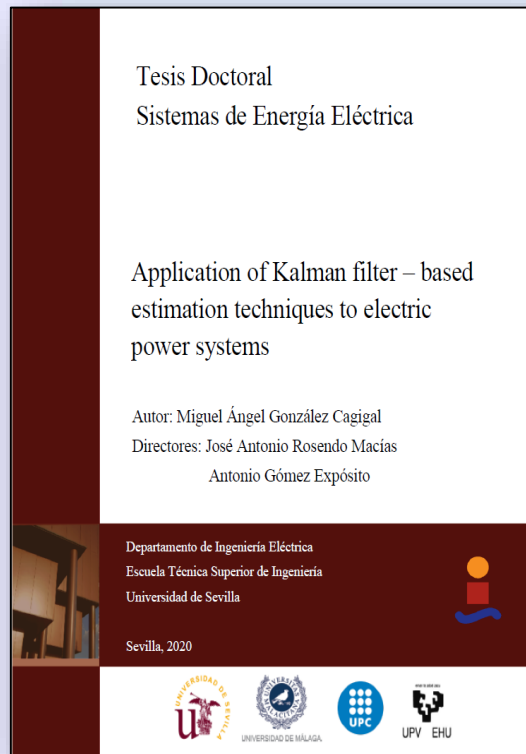
Tesis Doctorales

Dr. Miguel Ángel González Cagigal

Título Tesis: “Application of Kalman Filter-Based Estimation Techniques to Electric Power Systems.”

Directores: Dr. José Antonio Rosendo Macías y
Dr. Antonio Gómez Expósito

25/02/2021



El pasado 25 de febrero de 2021 el doctorando **Miguel Ángel González Cagigal** obtuvo el título de Doctor por las Universidades de Sevilla, Málaga, Politécnica de Cataluña y País Vasco, con una calificación de Sobresaliente “Cum Laude”, al haber defendido públicamente su tesis doctoral titulada “*Application of Kalman filter based estimation techniques to electric power systems*”. La dirección de esta tesis fue realizada bajo la dirección del Dr. José Antonio Rosendo Macías y del Dr. Antonio Gómez Expósito.

Abstract:

This thesis presents several applications of dynamic state estimators based on Kalman filtering to different fields of the electric power systems.

First, a parameter estimation technique is proposed, applied to a generation set composed by the synchronous machine along with the frequency regulation (speed governor) and the voltage controllers (automatic voltage regulator and power system stabilizer). The proposed method is based on a formulation of the unscented Kalman filter, being this study the first attempt, to the authors’ knowledge, to include the full generation set in the estimator model, with the corresponding state variables and parameters, using just external measurements taken at the generator terminal bus.

A similar estimation technique, using the cubature Kalman filter, is implemented subsequently for a joint estimation of the dynamic state and the model parameters of a variable speed wind turbine with permanent magnet synchronous generator and back to back voltage source converter. In this case, the major contribution consists of the inclusion of the control parameters in the state vector to be estimated.

Finally, three Kalman filter formulations (unscented Kalman filter, cubature Kalman filter and ensemble Kalman filter) are implemented to address the problem of identifying the electrical phase of single phase consumers in distribution grids, using for this purpose hourly energy measurements exclusively. The accuracy and robustness of these estimators are compared in different case studies with variations in the number of loads and errors in the measurements and the considered model.

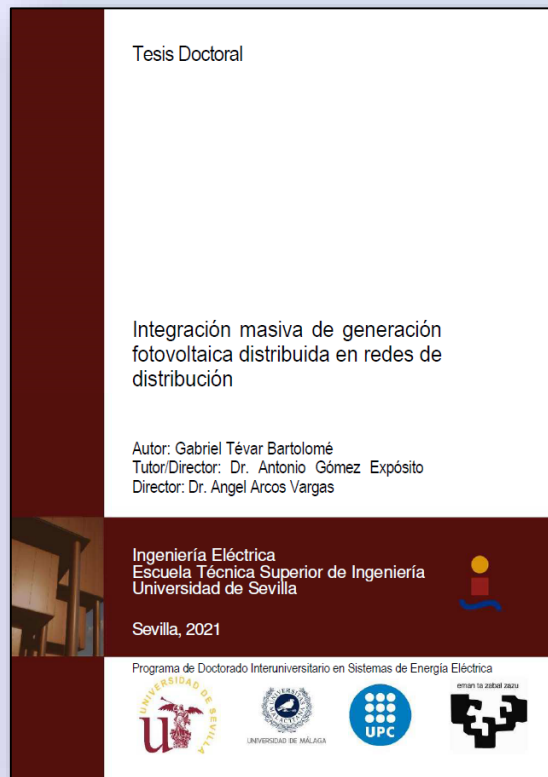
Tesis Doctorales

Dr. Gabriel Antonio Tévar Bartolomé

Título Tesis: “Integración Masiva de Generación Fotovoltaica Distribuida en Redes de Distribución.”

Directores: Dr. Antonio Gómez Expósito y
Dr. Ángel Arcos Vargas

06/05/2021



El pasado 6 de mayo de 2021 el doctorando **Gabriel Antonio Tévar Bartolomé** obtuvo el título de Doctor por las Universidades de Sevilla, Málaga, Politécnica de Cataluña y País Vasco, con una calificación de Sobresaliente “Cum Laude”, al haber defendido públicamente su tesis doctoral titulada “*Integración masiva de generación fotovoltaica distribuida en redes de distribución*”. La dirección de esta tesis fue realizada bajo la dirección del Dr. Antonio Gómez Expósito y el Dr. Ángel Arcos Vargas.

Resumen:

En el proceso de cambio en el que se encuentra actualmente el sector eléctrico, se espera un fuerte incremento de la generación fotovoltaica de pequeña potencia, en forma de autoconsumo, conectada a las redes de distribución de baja y media tensión.

La red de distribución existente en la actualidad se ha planificado y diseñado para atender fundamentalmente el consumo. Esta misma red es la que va a tener que integrar ese incremento de la generación fotovoltaica, y tendrá que hacerlo salvaguardando en todo momento los requerimientos de seguridad y de calidad del

suministro. Para ello, no cabe duda de que los gestores de las redes de distribución deberán aprender a adaptarse a esta situación.

En este trabajo se desarrolla una serie de procedimientos para evaluar el impacto de la integración de niveles crecientes de penetración de generación fotovoltaica distribuida en la red de distribución, fundamentalmente la de baja tensión, desde una perspectiva de planificación de la red a medio y largo plazo. Dicho impacto se concreta en una cuantificación de las congestiones, una estimación de la variación de las pérdidas técnicas respecto a la situación inicial sin generación, y una valoración de las inversiones y costes de O&M asociados necesarios para adaptar la red de manera que la calidad de servicio no se vea alterada.

En este trabajo no se analizan otros aspectos que pueden incidir en la red en el corto plazo y que tienen otro tipo de soluciones mediante actuaciones de operación.

El análisis se desarrolla sobre un caso de estudio real, a partir de una extensa zona de distribución con más de 80,000 consumidores, teniendo en cuenta la red de distribución real que la alimenta, y generando escenarios de penetración creciente de generación fotovoltaica.

Los procedimientos que se han desarrollado pivotan sobre un Modelo de Red de Referencia, similar al empleado por el Regulador español, capaz de incorporar zonas de red de distribución de tamaño real, y que permite la resolución de flujos de cargas en media y baja tensión. Para la cuantificación de las pérdidas anuales el modelo resuelve 8,760 flujos de carga al año. Para corregir las congestiones y sobretensiones que se van produciendo a medida que se conectan más instalaciones fotovoltaicas, el modelo identifica y simula diferentes soluciones de adaptación de la red, cuantifica la inversión necesaria en cada caso, y selecciona la que resulte más económica.

Una de las principales conclusiones del trabajo es que, aunque ya desde la llegada de las primeras instalaciones fotovoltaicas pueden producirse localmente congestiones e incremento de las pérdidas en determinados circuitos de baja tensión, a partir de niveles de penetración fotovoltaica del 30-45% (dependiendo de la métrica usada para cuantificar dicha penetración) empiezan a producirse congestiones significativas que llevan a que las pérdidas técnicas superen a las del escenario base sin generación FV, y empiezan a ser necesarias inversiones crecientes para la adaptación de las redes.

Desde una perspectiva de planificación de largo plazo, sin tener en cuenta otros costes relacionados con actuaciones de operación, y sin considerar otras inversiones indirectas necesarias en este proceso de integración de las renovables como las relativas a digitalización de la red, monitorización, automatización y sistemas, en términos económicos (inversión, costes de O&M y pérdidas), los costes directos por potencia FV instalada alcanzan los 2.73 €/kWp para escenarios con penetración FV del (30-45%) y los 10.18 €/kWp para escenarios del (50-75%) de penetración.

Para futuras líneas de trabajo quedan por valorar aspectos como, por ejemplo, las posibles sinergias entre el autoconsumo fotovoltaico y la también esperada penetración del vehículo eléctrico con recarga vinculada en el domicilio, la incorporación de los mercados locales de flexibilidad que se prevén en el futuro marco normativo europeo, o la incorporación masiva del almacenamiento a nivel doméstico, en combinación con la generación fotovoltaica.

Proyectos y Transferencia Tecnológica

- ❑ Proyecto “EASY-RES: Enabling Ancillary Services by Renewable Energy Sources ”
- ❑ Proyecto “Pastora: Análisis Preventivo de Redes Inteligentes en Tiempo Real e Integración de Recursos Renovables”
- ❑ Proyecto “Aparamenta eléctrica de media y alta tensión aislada en SF6 y cambio climático”
- ❑ Proyecto “Análisis de Capacidad de Transporte Dinámica (DLR) para líneas aéreas”

En el año 2021 se logró cumplir con todos los objetivos del proyecto de manera muy satisfactoria. Los algoritmos de control para los convertidores electrónicos fueron probados tanto en la red de baja tensión como en la equivalente de media. Los resultados obtenidos demuestran que es posible hacer que los generadores renovables brinden servicios auxiliares como las máquinas síncronas convencionales. Algunos de los mismos son:

- Control de potencia reactiva
- Emulación de inercia
- Respuesta primaria de frecuencia
- Control de rampa de variación de potencia
- Filtrado activo de armónicos
- Control de corrientes de falta

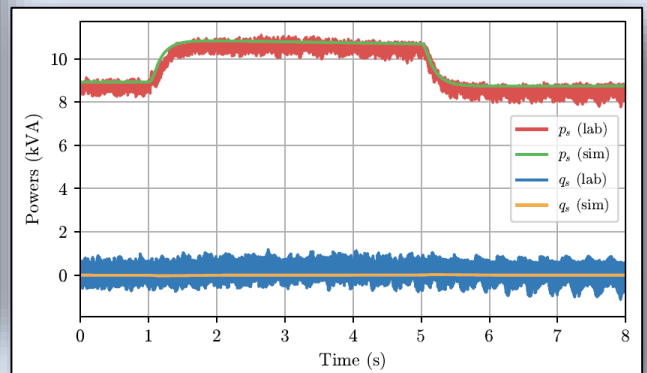
De esta forma EASY-RES ha demostrado que un futuro 100% renovable es posible.



Convertidor y ultracondensador para el generador.



Red a escala donde se instalaron los múltiples generadores.

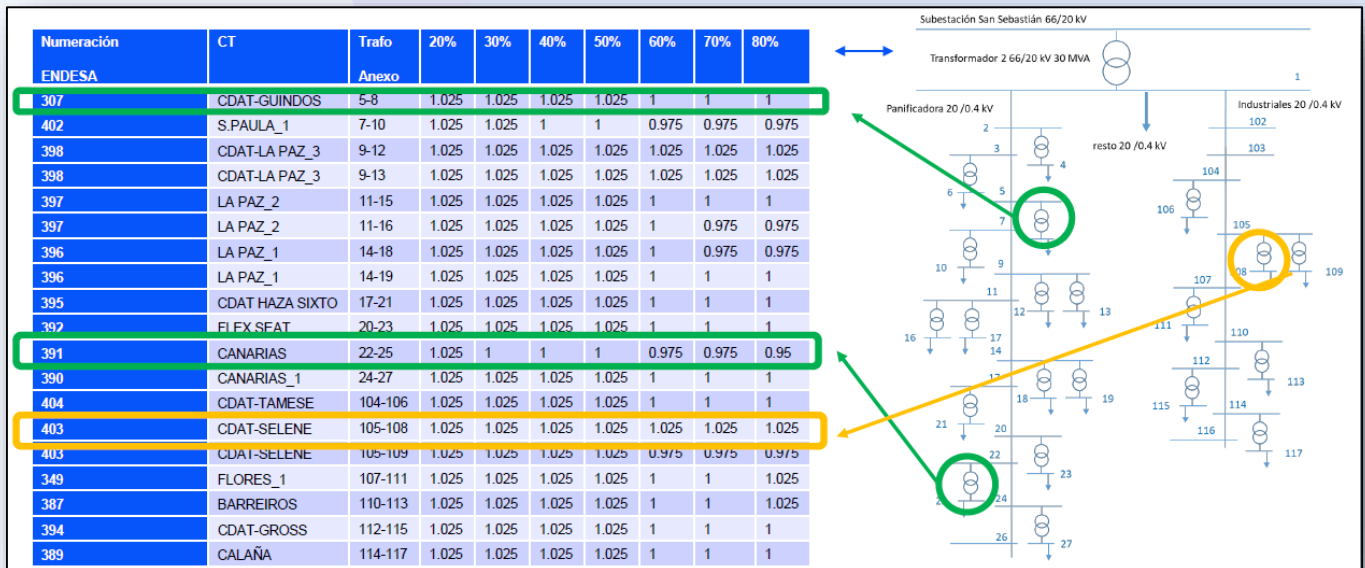


Respuesta inercial de un convertidor ante bajada en rampa de la frecuencia

Proyecto “Pastora: Análisis Preventivo de Redes Inteligentes en Tiempo Real e Integración de Recursos Renovables”

La última anualidad del proyecto Innterconecta PASTORA, centrado en avanzar en el desarrollo y contrastación de soluciones inteligentes e innovadoras que sirvan como vanguardia de lo que en pocos años serán las Smart Grids: redes más flexibles, fiables y eficientes, capaces de absorber la mayor cantidad posible de generación renovable distribuida al menor coste.

AICIA ha contribuido en este proyecto aportando nuevas soluciones a Endesa que han facilitado la implantación real de las soluciones más recientes e innovadoras en torno a la gestión activa de redes de distribución. Como ejemplo de lo ejecutado en la última anualidad, destacar el análisis de planificación realizado sobre parte de la red Smart City Málaga, donde se ha propuesto al operador del sistema la posición óptima de las tomas fijas de los transformadores de los centros de transformación en función del nivel de carga del transformador de subestación AT/MT que los alimenta, lo cual llega a mejorar la eficiencia del sistema hasta en un 40% cuando el nivel de carga en la subestación está por encima del 60%.

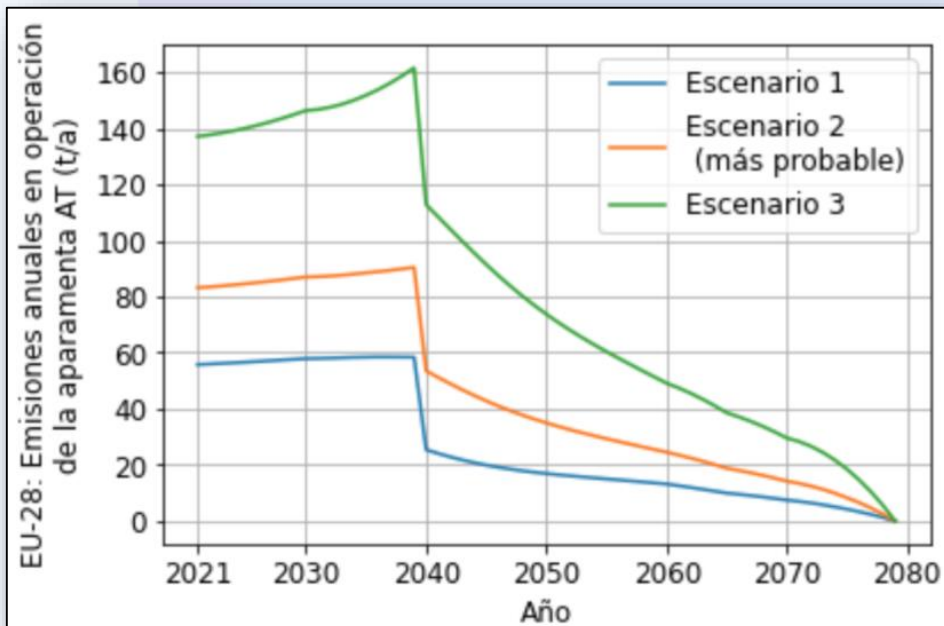


Posición óptima de la toma fija de los Transformadores MT/BT en función de la cargabilidad del trafo de subestación

El gas SF6 se lleva empleando con gran éxito desde finales de los 60 como medio aislante y de corte en aparamenta eléctrica de media y alta tensión, pero debido a los planes de la UE y otras administraciones hacia una descarbonización de la economía en las próximas décadas se está planteando su prohibición en la nueva aparamenta a medio plazo (a partir de 2025 aproximadamente). Este estudio ha tratado principalmente de responder a cuestiones que preocupan al sector, entre las que destacan las siguientes:

1. ¿Cuáles serían las previsiones de emisiones reales de SF6 (y su peso relativo) para las próximas décadas en un escenario sin prohibiciones (*business as usual*)?
2. ¿Se podrían reducir drásticamente las emisiones futuras de SF6 gracias a avances tecnológicos y mejores prácticas?
3. ¿Qué grado de madurez comercial tienen las soluciones propuestas por los fabricantes?

Las principales conclusiones son que el peso de las emisiones de SF6 en la EU es prácticamente despreciable frente al resto de fuentes, incluso en un escenario donde no se prohíban hasta 2040. Además, una mejor gestión de las celdas y compartimentos de aparamenta en su final de vida podría reducir significativamente las emisiones. En cuanto a las soluciones comercialmente disponibles, no existe ni se espera encontrar un gas con unas propiedades tan idóneas como las del SF6, aunque esta desventaja se está compensando con otras soluciones (aumentar el tamaño del módulo, incrementar la presión de gas, etc.).

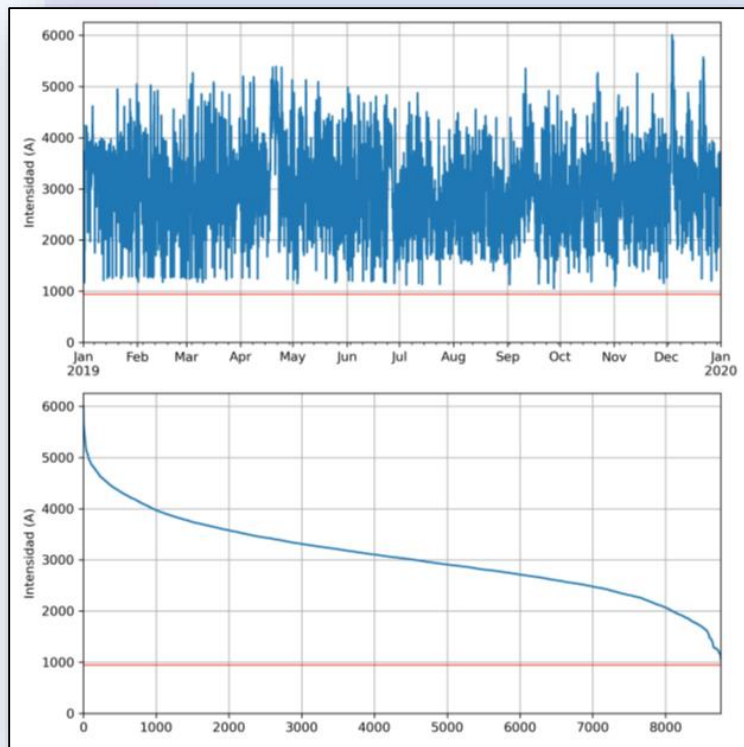


Leyenda de la figura: previsión de emisiones anuales de SF6 en la EU-28 debido a la aparamenta AT (> 36 kV) suponiendo la prohibición en 2040 para tres escenarios, desde el más conservador (escenario 3) al más optimista (escenario 1).

En este proyecto se abordan distintos aspectos del cálculo de la capacidad de transporte dinámica (DLR) en líneas aéreas de la Endesa. Para ello, se estudiará tanto la viabilidad como el beneficio de este enfoque en líneas predeterminadas usando tanto datos meteorológicos públicos o de estaciones meteorológicas específicas, como datos de inclinómetros que además de la medida directa del estado de la línea, proporcionan medidas indirectas de las condiciones ambientales.

Este tipo de problemas requiere de la resolución de problemas térmicos, geométricos, mecánicos e incluso informáticos, para el acceso a las numerosas bases de datos, con los que acaba determinándose en cada instante la autentica capacidad de transporte de una línea, que en la mayoría de las horas del año resulta superior a las capacidades preestablecidas, necesariamente más conservadoras al no utilizar tanta información.

En la figura adjunta se muestra un posible perfil de intensidades máximas determinadas mediante DLR tanto ordenadas cronológicamente como ordenadas mediante una curva monótona, que en este caso evidencia el amplio margen de explotación que el DLR proporciona frente a un rating estático de 1000 amperios.



Publicaciones y En los Medios

Artículos en Revistas	
1.	Application of nonlinear Kalman filters to the identification of customer phase connection in distribution grids . Miguel Ángel González Cagigal, José Antonio Rosendo Macías y Antonio Gómez Expósito, Antonio. En: International Journal of Electrical Power & Energy Systems. 2021. Vol. 125. Núm. febrero. https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2020.106410
2.	Detection of Cyber-Attacks of Power Systems through Benford's Law . F. Milano, A. Gómez-Expósito. IEEE Trans. on Smart Grid, vol. 12(3), pp. 2741-2744, May 2021.
3.	Network impact of increasing distributed PV hosting: A utility-scale case study . Gabriel Tévar Bartolomé, Gabriel, Antonio Gómez Expósito, Angel Arcos Vargas y Manuel Rodríguez Montañés. En: Solar Energy. 2021. Vol. 217. Pag. 173-186. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038092X2100092X?via%3Dihub
4.	Roles of Dynamic State Estimation in Power System Modeling, Monitoring and Operation J. Zhao, M. Netto, Z. Huang, S.S. Yu, A. Gómez-Expósito, et. al., IEEE Trans. on Power Systems, vol. 36(3), pp. 2462-2472, May 2021.
5.	Series compensation of transmission systems: a literature survey . C. Ordóñez, A. Gómez-Expósito, J.M. Maza, Energies, 2021, 14(6), 1717.

Technical report:	
1.	" Power System Dynamic State and Parameter Estimation – Transition to Power Electronics-Dominated Clean Energy Systems ", prepared by the Power System Operation, Planning and Economics (PSOPE) Committee, Bulk Power System Operations Subcommittee, Task Force on Power System Dynamic State and Parameter Estimation. IEEE/PES 2021.

	En los medios	Enlace
1.	EuropaPress 14/10/2021	<u>La UIMP y Endesa analizan los retos del mercado eléctrico, como el almacenamiento de energía</u>
2.	Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada 11/11/2021	<u>Por qué y cómo de una transición energética: sostenibilidad, tecnología y mercado</u>
3.	Canal de la Universidad de Granada 11/11/2021	<u>Ciclo de conferencias “Verde que te quiero verde: Por qué y cómo de una transición energética”</u>
4.	Periódico Ideal 23/11/2021	<u>El ciclo “Verde que te quiero verde” sobre transición energética se cierra con una conferencia sobre el hidrógeno</u>