

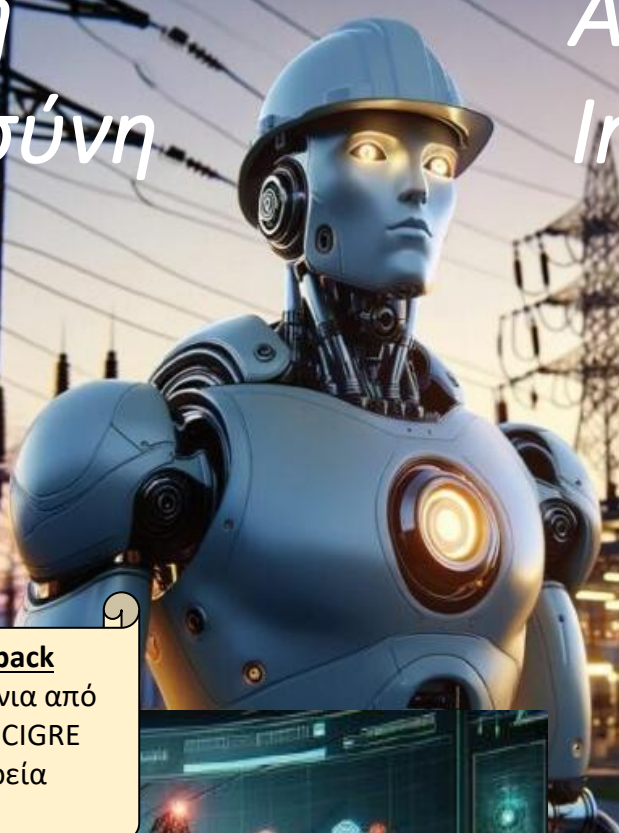
# Πυλώνες 6 Pylons

Ηλεκτρονικό Περιοδικό  
Ελληνικής Επιτροπής CIGRE

e-Magazine  
CIGRE Greece NC

ΑΦΙΕΡΩΜΑ  
*Τεχνητή  
Νοημοσύνη*

SPECIAL ISSUE  
*Artificial  
Intelligence*



PARIS  
SESSION 2024  
25 - 30 August

**ΑΝΑΔΡΟΜΕΣ – Flash back**  
Αφιέρωμα στα 35 χρόνια από  
τη μετατροπή της Ε.Ε. CIGRE  
σε Επιστημονική Εταιρεία  
(συνέχεια)



**Συνέντευξη του  
Κ.Ο. ΠΑΠΑΗΛΙΟΥ  
Προέδρου CIGRE**



**Key figures**

- Global Community
  - 90+ countries
  - 59 National Committees - NCs
  - 1250+ member organisations
  - 10000+ professionals
- Knowledge Programme
  - 16 global domains of work
  - 250+ Working Groups
  - #1 global event, the CIGRE Paris Session
  - Symposia, Colloquia and 100's of events
- Authoritative Reference Information
  - 10000+ publications

Νοέμβριος 2024

November 2024

**Πρόεδρος ΔΣ Ε.Ε. CIGRE**

Γιάννης Καμπούρης

**Συντακτική Ομάδα Περιοδικού “Πυλώνες”**

Κώστας Βουρνάς

*Συντονιστής*

Θάνος Κορωνίδης • Γιώργος Γεωργαντζής

**Σύνδεσμος με ΔΣ**

Μάρκος Χαμπάκης

**Επιμέλεια Έκδοσης**

Χαράλαμπος Πήτας • Γεώργιος Τσιρόπουλος

**CIGRE Greece NC BoD Chairman**

Yannis Kampouris

**“Pylons” Magazine Editors’ Team**

Costas Vournas

*Editor in Chief*

Thanos Koronides • George Georgantzis

**BoD Contact Person**

Markos Champakis

**Editing - Publishing**

Charalampos Pitas • Georgios Tsiropoulos

## Περιεχόμενα

## Contents

### Σημείωμα Έκδοσης

### Editorial

Συνέντευξη του Προέδρου της CIGRE Κ. Παπαηλιού στον Κ. Βουρνά

### Αφιέρωμα: Τεχνητή Νοημοσύνη

### Special Section: Artificial Intelligence

*Panagiotis N. Papadopoulos:* Machine learning for power system security

*Balthazar Donon, Efthymios Karangelos, and Louis Wehenkel:* Towards a real-life application of Artificial Intelligence for the French Transmission System

Alex Apostolov Η Τεχνητή Νοημοσύνη ήρθε για να μείνει

Θάνος Κορωνίδης και Γιώργος Γεωργαντζής: Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην προστασία και στον έλεγχο των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας (από το τεύχος PAC World, Ιούνιος 2024)

### ΜΟΝΙΜΕΣ ΣΤΗΛΕΣ

### Recurring Themes

### Διαβάσαμε

### Reviews

Σχέδιο για τη Μετάβαση της Ελλάδας στην Εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης  
*Pharos: Το 1<sup>ο</sup> Ελληνικό Εργοστάσιο Τεχνητής Νοημοσύνης* του Χ. Πήτα

### Από τη ζωή της ΕΕ CIGRE

### CIGRE Greece NC News

Πεπραγμένα CIGRE PARIS SESSION 2024, του Χ. Πήτα

Εκλογή του Επίτιμου Μέλους της ΕΕ CIGRE κ. Κωνσταντίνου Παπαηλιού, Καθηγητή  
Επί Τιμή στο TU Dresden, στη θέση του Προέδρου της Διεθνούς CIGRE, του Χ. Πήτα

14ο Διεθνές Συνέδριο MED POWER 2024 στην Αθήνα (3-6 Νοεμβρίου 2024)

### Αναδρομές / Flashback

### του Γιώργου Γεωργαντζή

Αφιέρωμα στα 35 χρόνια από τη μετατροπή της Ε.Ε. CIGRE σε Επιστημονική Εταιρεία  
Β' Μέρος: Απόψεις Μελών ΕΕ CIGRE (συνέχεια)

In memoriam Περικλής Μπούρκας

# Σημείωμα έκδοσης

## Πυλώνες, τεύχος 6, Φθινόπωρο 2024

Με το 6<sup>ο</sup> τεύχος τους οι “Πυλώνες” εισέρχονται στην **Εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης που ήρθε για να μείνει**. Η φράση και το ομώνυμο άρθρο του Alex Apostolon προέρχονται από ένα άλλο περιοδικό του χώρου των Ενεργειακών Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, το μηνιαίο PAC World Magazine που αφιέρωσε το τεύχος Ιουνίου 2024 στις εφαρμογές της **Τεχνητής Νοημοσύνης στην Προστασία και τον Έλεγχο των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας**. Παρουσιάζουμε σε Ελληνική απόδοση των Θάνου Κορωνίδη και Γιώργου Γεωργαντζή στο τέλος του αφιερώματος μας τα βασικά άρθρα από το PAC World και εκφράζουμε τις ευχαριστίες μας στον Alex Apostolon για τη σχετική άδεια να χρησιμοποιήσουμε επίσης την εικονογράφηση που δημιούργησε με χρήση τεχνητής νοημοσύνης...

Το Αφιέρωμα των Πυλώνων στην Τεχνητή Νοημοσύνη ξεκινάει με το κείμενο του Παναγιώτη Παπαδόπουλου από το Πανεπιστήμιο του Manchester **Machine learning for power system security**. Και εδώ πρέπει να σημειώσουμε μια πραγματικά μοναδική συγκυρία: ο συγγραφέας του άρθρου συμμετείχε στη σύνταξη της πρόσφατης Τεχνικής Έκθεσης 946 της CIGRE για τις επιπτώσεις της Τεχνητής Νοημοσύνης, ενώ συνέβαλε επίσης και σε ένα ακόμη σχετικό αφιέρωμα, αυτό του τεύχους Νοεμβρίου-Δεκεμβρίου του IEEE/PES Power and Energy Magazine. Τρία περιοδικά του χώρου και μια τεχνική έκθεση της CIGRE με το ίδιο θέμα σε ένα εξάμηνο είναι κάτι μοναδικό! Ακόμα, σχεδόν ταυτόχρονα εμφανίστηκε και ένα άλλο σημαντικό κείμενο, το **Σχέδιο για τη Μετάβαση της Ελλάδας στην Εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης** που παρουσιάζει στη στήλη «Διαβάσαμε» ο Χαράλαμπος Πήτας....



Όμως, το αφιέρωμα των Πυλώνων δεν θα ήταν πλήρες χωρίς αναφορά σε μια τουλάχιστον εφαρμογή της Τεχνητής Νοημοσύνης σε ένα πραγματικό Ηλεκτρικό Σύστημα. Το άρθρο **Towards a real-life application of Artificial Intelligence for the French Transmission**

**System** των Balthazar Donon, Ευθύμη Καραγγελο και Louis Wehenkel κάνει ακριβώς αυτό: περιγράφει μια σε εξέλιξη εφαρμογή του Διαχειριστή του Γαλλικού Συστήματος Μεταφοράς (Rte) με τη συνεργασία του Πανεπιστημίου της Λιέγης. Μάθαμε από δελτίο τύπου του Μαΐου 2023 ότι στον Ελληνικό χώρο ο ΔΕΔΔΗΕ διοργάνωσε διαγωνισμό για την ανάπτυξη αλγορίθμων μηχανικής μάθησης για τον εντοπισμό ηθελημένων μη τεχνικών απωλειών, αλλά δεν μπορούσαμε να εξασφαλίσουμε μέχρι στιγμής κάτι περισσότερο.

Πριν όμως από το Αφιέρωμα, το 6<sup>ο</sup> τεύχος των Πυλώνων ανοίγει με μια μεγάλη αποκλειστικότητα: την πρώτη **συνέντευξη του νέου Προέδρου της CIGRE Κωνσταντίνου Παπαηλιού** αμέσως μετά την εκλογή του. Στη στήλη «Από τη ζωή της ΕΕ CIGRE» υπάρχουν περισσότερες πληροφορίες για τη Σύνοδο 2024 της CIGRE στο Παρίσι όπου έγινε η εκλογή του νέου Προέδρου, καθώς και για τις άλλες δραστηριότητες της Ελληνικής Επιτροπής.

Το τεύχος κλείνει με τη συνέχεια του αφιερώματος των **Αναδρομών** του Γιώργου Γεωργαντζή στα 35 χρόνια της Ε.Ε. CIGRE με τις απαντήσεις 7 ακόμη στελεχών της Ελληνικής Επιτροπής. Στα ίδια ερωτήματα απαντά στη συνέντευξή του στον Κώστα Βουρνά και ο Πρόεδρος της CIGRE Κωνσταντίνος Παπαηλιού.

Τέλος, οι Πυλώνες αποχαιρετούν το ιδρυτικό μέλος της ΕΕ CIGRE, Καθηγητή Περικλή Μπούρκα που έφυγε στις 8 Νοεμβρίου. Αιωνία του η μνήμη.

Καλή Ανάγνωση!

**Οι Πυλώνες**

## Editorial

### Pylons issue 6, Fall 2024

With their 6<sup>th</sup> issue, “Pylons” are moving into the **Era of Artificial Intelligence, AI that is here stay**. The above phrase is the title of the article by Alex Apostolov translated in Greek for this issue of Pylons, which originates from the editorial and epilogue of the June special issue of another magazine in our Electrical Power Engineering field, PAC World Magazine, dedicated to **AI in electric power systems protection and control**. The articles of the June issue of PAC World magazine are presented in Greek by T. Koronides and G. Georgantzis at the end of the Special Section of this issue dedicated to AI. We extend our thanks to Alex Apostolov for giving us the permission to translate these texts and use also the illustrations he created with the use of AI.

The Special Section of this issue of Pylons begins with the article by Panagiotis Papadopoulos of the University of Manchester on **Machine learning for power system security**. It is interesting to note at this point a really spectacular congruence: the author participated in the preparation of the recent CIGRE Technical Brochure on the impact of the growing use of machine learning/artificial intelligence, and at the same time contributed to one more special issue on AI, this time in the November/December issue of IEEE/PES Power and Energy Magazine. Three magazines in our field and a CIGRE Technical Brochure with the same theme in a semester is indeed something unique! Moreover, almost simultaneously came out another important document, the **Plan for the Transition of Greece in \to the AI Era**, presented under our book review section by Charalambos Pitas.



For the AI Special Section of Pylons to be complete at least one reference to a real life application of AI in an actual power system was absolutely necessary. This was made possible by the article **Towards a real-life application of Artificial Intelligence for the French Transmission System** contributed by Balthazar Donon, Efthymios Karangelos, and Louis Wehenkel, which describes an ongoing application of AI at the French Transmission

Network Operator (Rte) with the participation of the University of Liege. In the Greek power industry we became aware from a May 2023 press release that IPTO held a competition for the development of AI/ML software to detect intended non-technical losses, but we were not able to have anything more until now.

Even before the Special Section on AI, the 6<sup>th</sup> issue of Pylons begins with an exclusive interview of the new CIGRE President Konstantin Papailiou, the first after his election in this position. In our “news form CIGRE Greece NC” Section more information is available for CIGRE 2024 Paris Session where the election of the new President took place, as well as other activities of the National Committee.

The issue concludes with the continuation of the celebration of the **35<sup>th</sup> anniversary** of the CIGRE Greece National Committee in our **Flashback** Section by George Georgantzis, who is interviewing 7 more former officers of the National Committee. The same questions are answered by the President of CIGRE Konstantin Papailiou in his interview to Costas Vournas.

Finally, Pylons are remembering the founding member of CIGRE Greece NC, Professor Perikles Bourkas, who passed away on November 8<sup>th</sup>. RIP.

Enjoy your reading!

**Pylons**

# Συνέντευξη του Κωνσταντίνου Παπαηλιού, Προέδρου της CIGRE

στον Κώστα Βουρνά



Η εκλογή σας ως Προέδρου της διεθνούς CIGRE είναι μια μεγάλη επιτυχία σε μια ήδη λαμπρή σταδιοδρομία. Θερμά συγχαρητήρια εκ μέρους των Πυλώνων και πολλές ευχές για μια επιτυχημένη θητεία.

Σας ευχαριστώ πάρα πολύ και ιδιαίτερα την Ελληνική Επιτροπή CIGRE η οποία από την αρχή στήριξε αυτή μου την προσπάθεια.

Θα θέλαμε να μας πάτε πίσω στην αρχή, στα πρώτα χρόνια, στο Σχολείο και στις σπουδές σας.

Είχα την καλή τύχη η αδελφή του πατέρα μου να είναι δασκάλα και καθώς η ίδια δεν είχε παιδιά, είχε αναλάβει την εκπαίδευση μου στο 75ο Δημοτικό Σχολείο στην Πλάκα όπου υπηρετούσε. Και παρόλο που η ίδια ήταν στην Κατοχή στην Αντίσταση και ήταν καταζητούμενη από τους Γερμανούς, οι γονείς μου με έστειλαν στη Γερμανική Σχολή Αθηνών που θεωρείτο καλό σχολείο, όπως πράγματι και ήταν. Και αυτό ήταν και το εφελτήριο για τις σπουδές μου στη Γερμανία.



Στην τελευταία τάξη του (εξατάξιου) Γυμνασίου (κάτω σειρά, τρίτος από αριστερά)



### **Σε ποιο Πανεπιστήμιο;**

Σπούδασα Ηλεκτρολόγος Μηχανικός στο Τεχνικό Πανεπιστήμιο του Μπράουσβαϊκ στο οποίο έχουν διδάξει μεγάλα ονόματα, όπως ο γνωστός Otto Marx στις Υψηλές Τάσεις.

### **Τι επηρέασε την επιλογή σας να γίνετε μηχανικός;**

Μου άρεσαν από μικρός τα μαθηματικά και σκεφτόμουν να σπουδάσω Μαθηματικά ή Φυσική, αλλά τελικά αποφάσισα να σπουδάσω Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, που είναι σχετικά συναφές, σκεπτόμενος ότι έτσι θα είχα καλύτερες ευκαιρίες στην αγορά εργασίας.

### **Πώς επιλέξατε να ασχοληθείτε στις γραμμές μεταφοράς;**

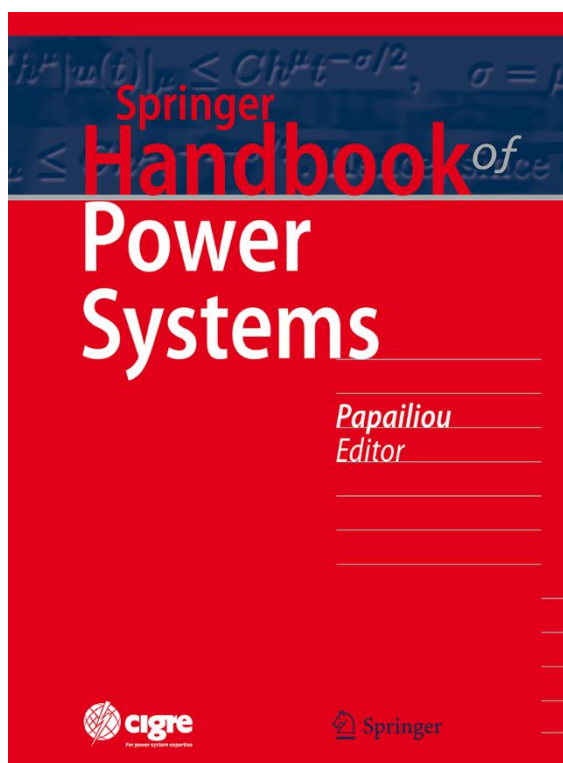
Όπως συχνά στην ζωή, αυτό ήταν μία σύμπτωση, καθώς απάντησα σε μια σχετική αγγελία, χωρίς να το πολυσκεφτώ. Επρόκειτο για μία θέση στελέχους και εγώ δεν είχα καθόλου εμπειρία. Τελικά πήρα τη θέση και όλα ξεκίνησαν από εκεί. Παρεπιμτόντως το πρώτο μου έργο ήταν η ηλεκτροδότηση του λιμανιού της πόλης Άκαμπα στην Ιορδανία όχι με εναέριες γραμμές, αλλά με υπόγεια καλώδια.



*Κατά την εγκατάσταση των καλωδίων στο λιμάνι της Άκαμπα (πρώτος αριστερά)*

**Πείτε μας ποια ήταν η μεγαλύτερη πρόκληση που αντιμετωπίσατε στην καριέρα σας και ποια θεωρείτε τη μεγαλύτερη επιτυχία σας ως τώρα;**

Κατά σύμπτωση η μεγαλύτερη μου πρόκληση εξελίχθηκε στην μεγαλύτερη μου επαγγελματική επιτυχία. Συγκεκριμένα όταν σε νέα ηλικία ανάλαβα την διοίκηση μιας μικρής εταιρίας, οι μέτοχοι περίμεναν να αναπτύξω νέα προϊόντα και αγορές, κάτι καθόλου εύκολο. Μετά από αρκετές απογοητεύσεις, άρχισα να ασχολούμαι χωρίς ιδιαίτερη στρατηγική, με τους συνθετικούς μονωτήρες, ένα προϊόν που την δεκαετία του '80 ήταν ακόμη στα σπάργανα. Αλλά, όπως έλεγαν και οι αρχαίοι Έλληνες, «συν Αθηνά και χεΐρα κίνει», και με λίγη τύχη και πολλή δουλειά συνέβαλα πιστεύω ουσιαστικά στην παγκόσμια αποδοχή των συνθετικών μονωτήρων με σιλικόνη, οι οποίοι σήμερα καλύπτουν περίπου το 40% της παγκόσμιας αγοράς μονωτήρων.



**Συνεργαστήκατε με πολλούς Έλληνες μηχανικούς στην Ελλάδα και στο εξωτερικό. Θέλετε να θυμηθούμε κάποιους από αυτούς;**

Είναι πολλοί και εξαιρετικοί οι καλοί μου φίλοι και συνάδελφοι από την Ελλάδα. Θα αναφερθώ όμως με συγκίνηση στον μακαρίτη πλέον Γιάννη Βογιατζάκη, έναν από τους πιο αξιόλογους μηχανικούς και ανθρώπους που έχω ποτέ γνωρίσει. Επίσης στενή φιλία με συνδέει με τον καθηγητή Δημήτρη Τσανάκα. Μαζί τους και με τους αγαπητούς φίλους και παλαιά ανώτερα στελέχη της ΔΕΗ, Δημήτρη Σταυρόπουλο και Γιώργο Κουβαράκη, γυρίσαμε με πεζοπορίες όλη την Ελλάδα.

**Ο Γιώργος Γεωργαντζής που κρατάει τη στήλη «αναδρομές» στο περιοδικό έθεσε δυο ερωτήσεις σε παλιά μέλη της ΕΕ CIGRE. Θα θέλατε να απαντήσετε;**

*α) Πως αντιλαμβάνεστε τη σημασία της CIGRE;*

*β) Τι θυμάστε από την πορεία και συμβολή της CIGRE στον Ελληνικό χώρο κατά τις τελευταίες δεκαετίες;*

α) Θεωρώ τη CIGRE, την οποία υπηρετώ περισσότερα από 40 χρόνια, όχι μόνο το κλειδί για την ανταλλαγή απόψεων και την δημιουργία γνώσης στον τομέα των ηλεκτρικών δικτύων, αλλά και σαν τον παγκόσμιο μη κρατικό και μη κερδοσκοπικό οργανισμό, ο οποίος θα πρέπει να είναι το σημείο αναφοράς για κρατικούς φορείς και μη, όπως η ΙΕΑ, για θέματα ηλεκτρικής ενέργειας.

β) Είμαι ιδιαίτερα περήφανος που η ΕΕ CIGRE με τίμησε πριν μερικά χρόνια με την απονομή του τίτλου του επίτιμου μέλους της. Και είμαι πολύ ευχαριστημένος με την εξέλιξη της ΕΕ CIGRE, τόσο από αριθμό μελών – υπενθυμίζω ότι η Ελλάδα είναι στην 17<sup>η</sup> θέση ανάμεσα στις 60 εν ενεργεία επιτροπές της CIGRE – αλλά και από αριθμό συμμετοχών και δημοσιεύσεων στην πρόσφατη Σύνοδο μας στο Παρίσι, καθώς και στην διοργάνωση διαφόρων αξιολογών εκδηλώσεων στη χώρα μας. Σημαδιακή ήταν για εμένα η συνάντηση της Διοικούσας Επιτροπής της CIGRE τον Ιανουάριο του 2023 στην Αθήνα, μετά από πρόσκληση της ΕΕ CIGRE, καθώς εκεί και τότε πήρα την απόφαση να θέσω υποψηφιότητα για Πρόεδρος.

**Θέλετε να μας πείτε μερικά πράγματα για την ισορροπία ανάμεσα στην επαγγελματική και την προσωπική σας ζωή; Πώς σας αρέσει να περνάτε τον ελεύθερο χρόνο σας;**

Θεωρώ τον εαυτό μου πολύ τυχερό γιατί είμαι υγιής και έχω μια εξαιρετική οικογένεια με την οποία, και ιδιαίτερα με τα εγγονάκια μου, περνάω τον ελεύθερο χρόνο μου. Πολλά οφείλω στην αγαπημένη μου σύζυγο Μαργαρίτα, την οποία γνώρισα πριν 40 χρόνια στο Παρίσι σε μια συνάντηση της CIGRE, και η οποία μεταξύ των άλλων, έχει αγκαλιάσει την δραστηριότητα μου στη έκδοση της Φιλελληνικής Βιβλιοθήκης, της οποίας επιμελούμαι (<https://www.parisianou.gr/el/φιλελληνικη-βιβλιοθηκη-των-εκδοσεων-παρισιανου>).



*Παρίσι 2024 με την σύζυγο μου Μαργαρίτα και τον φίλτατο καθηγητή Νίκο Χατζηαργυρίου*

**Θέλετε να μοιραστείτε μαζί μας ποιες είναι οι προτιμήσεις σας σε μουσική, φαγητό, διασκέδαση;**

Μου αρέσει η κλασική μουσική και η όπερα, παρόλο που στα νιάτα είμουν ολίγον «μπουζουκόβιος». Όσον αφορά το φαγητό, είμαι φίλος του «μαγειρευτού» (λαδερά, κλπ.), αν και τα παλιά, καλά μαγειρεία έχουν πλέον λιγοστεύσει. Και εδώ και αρκετά χρόνια ασχολούμαι εντατικά με τη συγγραφή βιβλίων, τόσο στο γνωστικό μου αντικείμενο, τις γραμμές μεταφοράς, αλλά, όπως προανέφερα, και σε ιστορικά δοκίμια για τον Φιλελληνισμό και τους Φιλέλληνες του 1821. Επίσης δεν σας κρύβω ότι μου αρέσουν και τα ταξίδια, κάτι που ευτυχώς συνάδει με τις δραστηριότητες μου στη CIGRE.

**Άφησα σκοπίμως τελευταία την προφανή ερώτηση: Ποια είναι τα σχέδια σας και οι πρώτοι στόχοι σας για τη CIGRE, τον οργανισμό που θα διευθύνετε τα επόμενα χρόνια;**

Ιδιαίτερα στην εποχή μας με την κλιματική κρίση και την ενεργειακή μετάβαση, η ευεξία της CIGRE έχει μεγάλη σημασία. Ευτυχώς είμαι στην ευχάριστη θέση να αναλαμβάνω μια οργάνωση στρατηγικά και οικονομικά υγιέστατη. Η σύνοδος μας στο Παρίσι, η 50<sup>η</sup> από την ίδρυση της CIGRE το 1921, έσπασε όλα τα ρεκόρ από συμμετοχή, δημοσιεύσεις και εκθέτες. Για αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τους προκατόχους μου, αλλά και τους υπεύθυνους στα κεντρικά γραφεία μας στο Παρίσι, με πρωτοστάτη τον Γενικό Γραμματέα Philippe Adam.

Φυσικά έχω και τους δικούς μου στόχους για την περαιτέρω εξέλιξη της CIGRE. Συγκεκριμένα θέλω να ενισχύσω την συνεργασία με τις εθνικές επιτροπές, να αυξήσω την επικοινωνία με τους αρμόδιους στις επιχειρήσεις ηλεκτρισμού, αλλά και στην σχετική βιομηχανία και την ακαδημαϊκή κοινότητα, και τέλος, εκτός από την συνεχή υποστήριξη των νέων μελών μας (NGN), να δώσω την δυνατότητα στα δραστήρια μέλη μας που έχουν αφυπηρετήσει, π.χ. σαν πρόεδροι επιτροπών ή ομάδων εργασίας, να συνεχίσουν να προσφέρουν σαν σύμβουλοι της διοίκησης της CIGRE, διδάσκοντας στις διάφορες εκδηλώσεις μας, π.χ. στην CIGRE Academy, αλλά και σαν μέντορες των νεωτέρων.

Επί τούτου θα ήθελα να σας παραπέμψω στο πρώτο μου κύριο άρθρο σαν νεοεκλεγείς πρόεδρος στο περιοδικό της CIGRE, ELECTRA (<https://electra.cigre.org/336-october-2024/editorial.html>).

## Machine learning for power system security

by Panagiotis N. Papadopoulos



Panagiotis Papadopoulos is a Reader (Associate Prof.) in the Department of Electrical and Electronic Engineering at the University of Manchester and a UK Research and Innovation Future Leaders Fellow working on “Addressing the complexity of future power system dynamic behaviour”. He received the Dipl. Eng. and Ph.D. degrees from the Department of Electrical and Computer Engineering at Aristotle University of Thessaloniki, in 2007 and 2014, respectively. From 2014-2017, he was a post-doctoral Research Associate at the University of Manchester and in 2017, he joined the University of Strathclyde as a Lecturer. His research interests are in the area of power system stability and dynamics under increased uncertainty, introduced due to the integration of new technologies. He is also interested in power system applications of machine learning to tackle complex problems related to power system stability. He received the Outstanding Engineer Award in 2021 from IEEE Power and Energy Society, UK and Ireland Chapter. He is currently a member of the IEEE Big Data Analytics Working Group and the CIGRE C2.42 Working Group related to applications of machine learning in power systems.

### Introduction

Power systems worldwide are going through unprecedented changes in order to decarbonize energy use. This is mainly driven by the urgency to address climate change but also supported by other technical, economic and social reasons. Usually, the drive for decarbonization goes beyond electricity and also aims to tackle other aspects of energy use like transport and heating. While there are particular cases depending on the energy mix of different systems and countries, to some extent, decarbonization of energy use could be achieved through electrification and a decarbonized power system. A notable example is the effort to electrify part of transport through electric vehicles.

In technical terms, these changes come to a large extent from the integration of new technologies in the form of renewable generation (mostly wind and solar PV), HVDC interconnectors, battery storage, electric vehicles and possibly electrolyzers. Most of these technologies are interfaced with the power system through power electronic converters, leading to two main challenges, increasing uncertainty and complexity in power system operation and dynamic behaviour. Increasing uncertainty comes to a large extent due to the intermittent nature of renewable generation but also due to social dimensions related to how people use energy as we are for example attempting to decarbonize transportation or heating. In addition, market structures can also drive such behaviours. On the other hand, increasing complexity comes mainly due to the very different dynamic behaviour that converters exhibit, which is mainly dominated by control rather than the physics of large spinning masses of a set of interconnected synchronous machines.

In this new paradigm, it is becoming increasingly important to ensure power system security, especially when taking into account the changing system dynamics which can introduce unknown modes of failure. Not only because power systems are part of critical infrastructure with provision of several other services relying on them (e.g. communications, water and gas supply, etc.), but also due to potentially increasing reliance on electricity as we are decarbonizing energy (e.g. transportation and heating). Consequently, the well known stability/security methods and tools as well as the knowledge of power system operators from years of operational experience is rapidly changing and introducing the need for new methods and tools to deal with the increasingly challenging assessment of a growing number of scenarios (increasing uncertainty) and dealing with new types of dynamic interactions and phenomena (increasing complexity).

To this end, advances in the Artificial Intelligence (AI) and more specifically Machine Learning (ML) domain are opening up avenues and possibilities for improving power system security assessment. Machine Learning can be helpful due to the ability to perform fast and informative assessment related to power system security, offering opportunities for improved situational awareness, decision support for human system operators and advanced control. The availability of data and measurements (e.g. from PMUs and WAMS) can also be an enabler for the application of such methods. While ML methods are definitely not the only solution, they can be useful in helping address some of the challenges mentioned above due to their ability to cope well with complex systems and utilise “big” data.

Motivated by the advances in AI/ML, the CIGRE C2.42 Working Group [1] (“The impact of the growing use of machine learning/artificial intelligence in the operation and control of power networks from an operational perspective”) investigated several aspects related to the application of AI/ML in power system operation, identifying opportunities, challenges as well as requirements for such applications. Following a survey of 109 participants from 52 countries, applications where AI/ML is used or considered as a possibility have been identified. Dynamic Security Assessment is one of the use cases identified and discussed in the Technical Brochure that has been published as the output of the Working Group. This is among forecasting, found to be one of the most mature applications, alarm management and reporting assistant, visual inspection and congestion management.

## Challenges related to power system security assessment

Power system security assessment involves ensuring power system operational constraints, both static and dynamic, are not violated. Several contingencies (e.g. faults, disconnection of generating units or transmission lines, etc.) need to be considered, the choice of which usually depends on a mix of considering worst-case scenarios as well as the probability of occurrence. A lot of times this process is also referred to as N-1 security criterion.

In the first instance, it is important to ensure there are no static violations of operational limits, typically thermal and static voltage limits. This is usually done using methods like power flow, either AC or DC. However, it is also important to consider power system dynamics to ensure system stability is maintained. This relates to various aspects of system stability typically categorized as rotor angle, voltage and frequency stability, but also recently converter-driven and resonance stability. Assessing these aspects related to dynamics and stability are usually much more computationally demanding and a lot of times

requires the use of time domain simulation software. Analytical methods that provide analytical expressions of the stability boundary can also be very useful in this direction, however such approaches are usually very hard to derive, especially in systems with a lot of converters and usually require simplifying assumptions leading to a reduction in detail/accuracy.

In this direction some of the key challenges modern power systems face are the following:

- Due to increasing complexity, the models become more complex, larger (e.g. with many more differential equations needed to be represented in detail) and consequently computationally more demanding. There are new types of dynamic phenomena driven by converters but also the traditional aspects related to rotor angle, voltage and frequency stability are affected in complex ways. There are also now many more units connected, spanning across the transmission but also distribution networks (e.g. millions of PV installations and electric vehicles and hundreds of wind farms/generators). In addition, the validity of the most commonly used phasor domain or RMS framework where simulations at system level are usually performed is starting to be become challenged in terms of the ability to capture some of the faster timescales of phenomena driven by converters. In some of those cases, the more detailed EMT framework might be needed, or new co-simulation approaches (or other approaches like dynamic phasors) might be needed. All this leads to the need for significant computational power/effort.
- Due to increasing uncertainty, we now need to evaluate more scenarios. System operators and planners have years of experience of operating systems with conventional synchronous generators. This has led to significant experience in operating such systems with good understanding of what usually drives worst case scenarios. However, this paradigm is changing significantly with the introduction of new technologies mentioned above, mostly converter interfaced. What are the worst operating conditions and contingencies that need to be evaluated is not straightforward to identify. Consequently, more scenarios need to be evaluated to ensure no hidden risks exist. In addition, the intermittency of renewable generation combined with the market structures and the way society is using energy (e.g. decarbonization of transport or heating in certain countries) has naturally led to a larger number of scenarios to be evaluated. This again, increases the computational burden needed for security assessment.

The above aspects, introduce challenges both for planning and also operational timescales. For planning timescales (e.g. for years ahead), while there is usually more time, we have way too many scenarios to evaluate that can easily become millions if not billions. On the other hand, for operational timescales (e.g. a few hours ahead or even as close to several minutes ahead) the main challenge is the lack of time since even with more certainty of the system status, there is still the need to evaluate several scenarios.

## How can machine learning help with security assessment

Before discussing some of the ways machine learning can help with security assessment, it is useful to briefly introduce what artificial intelligence and machine learning is all about.

### What is Artificial Intelligence?

The term Artificial Intelligence (AI) has been introduced around the 1950s and started from efforts to replicate human intelligence. A definition of AI has been provided by OECD as follows [2]: “An AI system is a machine-based system that, for explicit or implicit objectives, infers, from the input it receives, how to generate outputs such as predictions, content, recommendations, or decisions that can influence physical or virtual environments. Different AI systems vary in their levels of autonomy and adaptiveness after deployment.”. AI can be generally seen as including rule-based systems (trying to replicate reasoning) and machine learning. ML can be perceived as trying to extract or “learn” patterns from data. One of the first forms of AI was expert systems, which were rule based and where expert domain knowledge could be incorporated. When large amounts of data started to become available, ML models like neural networks, started becoming more useful and applicable. In recent years, this has led to the advent of deep learning also, where very large models, e.g. neural networks with a lot of hidden layers and neurons, can extract more complicated concepts from large amounts of data. Very recently, Generative AI powered by foundation models have gained significant traction and media attention (e.g. large language models like ChatGPT). Foundation models rely on deep learning and are pre-trained on large datasets (text, images, video, etc.) which then allows them to be fine-tuned or deployed on specific tasks and are capable of generating text, images, video or other data.

### Introducing a data-driven paradigm

In terms of power system security assessment, traditionally physics-based models are used. Generally speaking power flows and time domain simulations are the most commonly used tools that solve either non-linear algebraic equations (power flow) or non-linear differential equations through numerical integration methods. ML methods introduce a data-driven paradigm where models can be trained based on simulations (from physics-based models) and then used as fast approximations (or proxy models). Generally speaking, the inputs can be either a static snapshot of the current operating conditions of the system (e.g. from a power flow solution) or a window of time-series data for closer to real time applications. ML models can also utilize measurements in a similar manner as inputs, for example using the output of a state-estimator to take in the current snapshot of the operating conditions of the system as input or PMU data for closer to real time applications.

### Main types of Machine Learning

While there are several definitions and classifications of ML methods available in the literature (which make an exhaustive analysis go beyond the focus of this article) ML methods can be generally categorized based on the learning process and the prediction task at hand. Starting from the learning process, ML methods can be categorized as supervised, unsupervised, and reinforcement learning. Generative AI and foundation models, although not explicitly a separate type of ML, are also worth noting here.



**Supervised ML** requires a labelled dataset with a set of observations containing the inputs to the model (also referred to as features) as well as the target output variable (also referred to as label). The dataset is usually split in a training and testing dataset. The ML model is trained using the training dataset to recognize the underlying patterns and can then predict the target output variable based on receiving a set of inputs (features).

**Unsupervised ML** does not require a labelled dataset but can be directly applied to an existing dataset to extract patterns. One of the most common family of such methods are clustering algorithms like k-means which aim to split the dataset in groups exhibiting similarities.

**Reinforcement learning** involves an agent who observes the current state of a system and has an available set of actions to interact with a given environment. Through such interactions, it aims to learn an optimal policy through a reward function, that can then be used to achieve a desired outcome.

ML methods can also be broadly categorized based on the output task, into classification, regression and clustering. For classification the output of the ML model is a class that the input observation belongs to, e.g. secure/insecure for power system security assessment. Or it can also be more informative and categorizing the sample into multiple potential classes, e.g. relating to the type of instability or providing specific details (e.g. specific unstable group of generators). For regression, the output can be a continuous variable, for example, the calculation of a specific stability index (e.g. voltage stability margin or critical clearing time). Finally clustering tends to be used to group observations based on measures of similarity, for example grouping operating conditions that are similar or generators that might exhibit similar dynamic response.

There are also various ML models, starting from simple approaches like linear regression and (single) decision trees (e.g. CART algorithm), building up to ensemble decision tree algorithms (e.g. XGBoost) and random forests, as well as artificial neural networks (ANNs). Convolutional Neural Networks and Recurrent Neural Networks (e.g. LSTMs) are also variations of ANNs to deal with more targeted tasks like images and time-series based prediction problems. Transformers have also very recently gained significant traction and are the basis of foundation models that can deal with sequence prediction tasks [3], [4].

## What can ML do for power system security assessment

One of the key advantages of ML based methods is the ability to significantly speed up security assessment with reported cases of up to 100s of times speed-up in the academic literature. This can allow fast screening of more scenarios and help improve the understanding of potential underlying risks or even flag cases that need to be further investigated with traditional tools (e.g. time domain simulations) in more depth. This can be helpful in both planning and operational timescales.

ML can also help to improve situational awareness in close to real time due to the capability to quickly compute an output metric related to power system stability, after it has been trained. For example, current SCADA/EMS systems can provide close to real time understanding of how far we are from thermal and static voltage limits, but to do this for specific stability metrics is still challenging due to the computational implications. ML can

utilize close to real time measurements as they become available and quickly compute stability related metrics (e.g. the critical clearing time across several locations in a system).

Moving one step further ML can also help human system operators by offering decision support. ML can help provide useful insights into complex behaviours, e.g. through explainability or graph-based methods. In addition, human system operators sometimes utilize optimization routines for figuring out how to dispatch units or for topology alteration actions. It is not easy, however, for such routines to include stability or security related constraints due to the computational effort needed to compute them. ML can help in this direction by incorporating such aspects into decision support routines and enabling preventive securing of the system while incorporating detailed dynamics.

Finally, even full automation and control can be envisaged moving forward. This can be useful in situations where human operators cannot act within the timescales of the phenomena to be addressed, e.g. for phenomena in the millisecond/second range. This can enable new types of corrective control or last resort defense mechanisms. Reinforcement learning for example, can be used in such a setting.

## Recent advances in ML and security assessment – overcoming key technical challenges

An important aspect that needs to be addressed when discussing ML based methods is trust. ML models, especially the ones that tend to have powerful predicting capability like large neural networks, are usually black-box in nature. This can be a hindrance in real word implementation. However, there are recent advances around explainability/interpretability that allow us to explain what drives the outputs of the models. We can have an understanding not only of what are the important inputs (features) that affect the outputs but also how much. An example of such post-hoc explanation methods that can be applied after the ML model has been trained is the Shapley Additive Explanations (SHAP) method [5], [6].

There are also physics-informed approaches that allow us to introduce in the training process known equations that describe the physics of the system. This can significantly improve training efficiency and generalization capability [7], [8].

This also links to the challenge of scalability. There are several methods conceptually introduced in the academic literature and we are now at the stage where we need to ensuring that the methods scale up in realistic size or even real power systems. Physics-informed methods can help in this direction by reducing the need for several observation datapoints or the need to test several actions in reinforcement learning approaches.

In a similar direction, graph-based ML methods can leverage the natural representation of power systems as graphs to help with the challenge related to re-training when topology changes occur. Power system topology changes, either planned or unplanned, happen often either for maintenance, efficient operation or due to unplanned outages from faults. ML models trained on a particular topology can sometimes struggle to generalize for other topologies and re-training exhaustively for a lot of possible topologies can become computationally cumbersome due to the combinatorial nature of the problem. Graph based methods like Graph Convolutional Networks can help in this direction by improving the

performance, generalization capability as well as providing useful insights on locational vulnerabilities [9], [10].

Finally, one of the challenges related to ML methods is the fact that the models do not necessarily “fail gracefully”. It is important therefore to design such methods in a manner that can account for this. For example, the outputs of ML models can be “enveloped” or systems can remain in place to ensure last resort mechanisms remain in place. A way to see this is trying to improve on existing approaches using ML, without entirely substituting existing legacy approaches or protection measures that are in place.

## Other practical challenges

Outside of the technical challenges there are also a number of challenges related to data availability, quality and management, cyber security and lack (or need of) skills related to AI and data science. Recent competitions and open datasets can help overcome some of those barriers and speed up implementations. Advances towards regulation of AI applications to power systems are also an important step that can help in real-world implementations. The EU AI Act offers a potential route since it deals with applications to critical infrastructure and there are similar initiatives in the UK for initial steps towards potential regulatory advances in the specific domain.

## Conclusions

In summary, ML based methods can help power system security assessment through offering a significant speed up, offering useful insights into complex dynamics, improving situational awareness and decision support as well as envisaging improved automation and control. While ML methods are useful, they are definitely not the only solution and should be carefully and thoughtfully designed and used in appropriate manners to solve challenging problems and to complement existing approaches.

## References and further reading

- [1] CIGRE C2.42 Working Group Technical Brochure 946, “The impact of the growing use of machine learning/artificial intelligence in the operation and control of power networks from an operational perspective”, 2024.
- [2] OECD (2024), "Explanatory memorandum on the updated OECD definition of an AI system", OECD Artificial Intelligence Papers, No. 8, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/623da898-en>.
- [3] Stuart Russell, Peter Norvig (2021). Artificial Intelligence: A Modern Approach. Pearson.
- [4] Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, & Aaron Courville (2016). Deep Learning. MIT Press.
- [5] R. I. Hamilton and P. N. Papadopoulos, "Using SHAP Values and Machine Learning to Understand Trends in the Transient Stability Limit," in IEEE Transactions on Power Systems, vol. 39, no. 1, pp. 1384-1397, Jan. 2024, doi: 10.1109/TPWRS.2023.3248941.
- [6] S. M. Lundberg and S.-I. Lee, "A unified approach to interpreting model predictions", Adv. Neural Inf. Process. Syst., vol. 30, pp. 4768-4777, Dec. 2017.
- [7] G. E. Karniadakis et al., "Physics-informed machine learning", Nature Rev. Phys., vol. 3, no. 6, pp. 422-440, 2021.
- [8] J. Stiasny, B. Zhang and S. Chatzivasileiadis, "PINNSim: A simulator for power system

- dynamics based on physics-informed neural networks", Electric Power Systems Research, vol. 235, October 2024. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2024.110796>
- [9] F. Scarselli, M. Gori, A. C. Tsoi, M. Hagenbuchner and G. Monfardini, "The graph neural network model", IEEE Trans. Neural Netw., vol. 20, no. 1, pp. 61-80, Jan. 2009.
- [10] T. Ahmad, P. N. Papadopoulos, "Dynamic functional connectivity graph for assessing cascading events in power system," Electric Power Systems Research, vol. 235, October 2024. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2024.110724>
- [11] P. N. Papadopoulos, S. Chatzivasileiadis and A. Marot, "Can Machine Learning Help Keep the System Secure?: Power Systems and Change Addressing the Increasing Complexity and Uncertainty During the Energy Transition," in IEEE Power and Energy Magazine, vol. 22, no. 6, pp. 100-111, Nov.-Dec. 2024, doi: 10.1109/MPE.2024.3421388.

## *Towards a real-life application of Artificial Intelligence for the French Transmission System*

by Balthazar Donon<sup>1</sup>, Efthymios Karangelos<sup>2</sup>, and Louis Wehenkel<sup>3</sup>

### Introduction

Although the idea of leveraging Artificial Intelligence (AI) to address challenges related to planning and operation of electric power systems is certainly not new, this potential remains mostly untapped. In recent years, three complementary factors have come together to accelerate the realization of this potential.

In the era of deregulated markets, decarbonization and broadening electrification, electric power system operation is becoming more and more complex. There is a clearly recognized need for new tools to efficiently assess the state of the system in the face of numerous uncertainties and to ultimately guide operators in taking the decisions required to keep the system secure in the most economical way possible. In parallel, the increased availability of powerful computing resources (particularly Graphical Processing Units, Cloud Computing and High-Performance Computing Clusters) is both lowering the cost of experimenting with AI and also increasing the scalability and applicability of AI solutions. Last but certainly not the least, the creativity of talented engineers, data scientists and mathematicians can now be shared more easily than ever, thanks to the proliferation of open-source communities and collaborative platforms.

This article reports on the efforts to develop a real-life AI application to solve a key operational challenge of the French electricity transmission system, specifically the problem of Tertiary Voltage Control (TVC). We first introduce the scope for our application by presenting an overview of the French electricity transmission system and the particular challenges for Voltage Control in the modern operating regime. We next introduce the developed AI application, with an emphasis on the suitability of this approach to tackle the problem at hand. In the concluding section, we outline the on-going and future steps towards this real-life application of AI for the French Transmission System as well as lessons learned.

### AI use-case: Hierarchical Voltage Control for the French Transmission System

#### *The French Electricity Transmission System*

The French electricity transmission system, operated by Réseau de Transport d'Electricité (Rte) at the 63, 90, 150, 225 and 400 kV levels, is the largest electricity transmission system

---

<sup>1</sup> Réseau de Transport d'Electricité, France.

<sup>2</sup> University College Dublin, Ireland.

<sup>3</sup> Université de Liège, Belgium.

in Europe with approximately 100.000 kilometers of lines. Beyond serving the local demand for electricity, this grid also supports the interconnection of France to 11 neighboring countries.

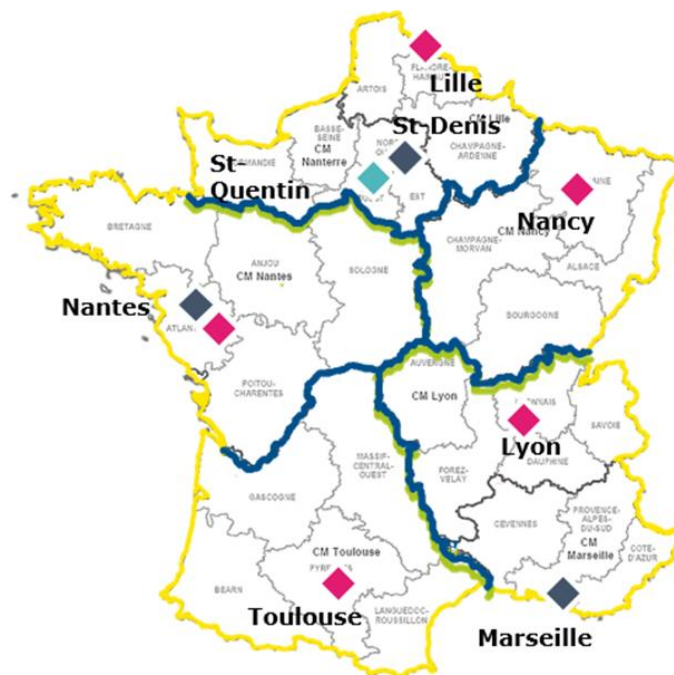


Figure 1 Hierarchical Organization of the French Transmission System

Traditionally, France is a net exporter of electricity. During the past year 2023, France was in fact the largest European exporter of electricity with a total export volume of 50.1 TWh. The secure and reliable operation of the French electricity transmission system is therefore fundamental for the European interconnected electric power system. The operation of the French transmission system follows a hierarchical organization. At the top of this organization lies the National Control Centre (NCC), overlooking the whole system and managing power flows at the 400 kV Extra-High Voltage Level. Voltage Control is handled locally by respective Regional Control Centres (RCC), also managing power flows at 225 kV and below. Figure 1 illustrates the boundaries of the 3 RCCs in green color.

## The Challenges with the Current Approach to Hierarchical Voltage Control

Voltage control on the French Transmission System relies on a hierarchical approach. Primary Voltage Control (PVC) -- associating a setpoint to each unique generator in the system -- is in practice unmanageable due to the large number of generators involved. A Secondary Voltage Control (SVC) scheme is in place to reduce the size of the task at hand. The grid is split into several Voltage Control Areas, each featuring a so-called pilot bus. Groups within the same area jointly adjust their reactive power to ensure that the voltage magnitude at the pilot bus matches a specific setpoint.

Tertiary Voltage Control (TVC) refers to the calculation of the voltage setpoints for the pilot buses of the different voltage control areas, which serve as inputs for SVC. In the French system, along with these setpoints, the scope of TVC also includes deciding on:

- Opening/closing transmission lines.
- Voltage setpoints for tap changers.
- Activation/deactivation of shunt reactors and capacitors.
- Activation/deactivation and setpoints for synchronous condensers.
- Setpoints for static VAR compensators.

In principle, formalizing the TVC problem mathematically calls for dynamically modeling the system in the time domain since SVC is by nature a continuous control process. Approximated as a static problem, the TVC problem on the French electricity transmission grid still remains a quite challenging instance of large-scale Mixed-Integer Non-Linear Programming Problem (MINLP). Several alternative variants of such a problem could be posed; however, it is unrealistic to rely on analytical optimization methods for solving them. Taking the decisions related to TVC relies on the domain knowledge and experience of human power system operators. Inevitably, different operators approach this task differently according to their risk aversion, situational awareness, training, habits etc.

Over the recent years, the French transmission system has been experiencing more severe and more frequent overvoltage events. The issue is in part related to building most new transmission capacity underground in response to space limitations, as well as safety and environmental concerns. Indicatively 96% of the newly built transmission capacity within the year 2022 relates to new underground cables or burying overhead lines. More prominently, the increased frequency and severity of overvoltage events is a side-effect of the low carbon energy transition. The growing penetration of distributed renewable energy sources (mostly solar and wind) at the distribution level results in both lowering the net system demand relative to the available generation as well as making the net system demand harder to accurately forecast. In this context, operators face more complex and more unfamiliar situations, for which relying on past experience and applying their domain-specific knowledge is not sufficient. To make matters worse, operators have limited time to recognize these situations, make decisions and apply suitable controls.

A possible solution could be to rely on forecasts of the power grid state available well in advance, thus giving the operators the time required to carefully recognize the potential problems and identify suitable solutions. However, the issue is that reactive power demand forecasts are of much lower accuracy than active power demand forecasts. Particularly, while the exogenous factors driving the demand for active power are more clearly understood and anticipated, reactive power demand endogenizes the decisions of system operators regarding voltage control. This latter factor is dependent on the behavior and experience of the particular operator in place, hence more difficult to anticipate. In consequence, relying on the available forecasts to gain time is not at present a viable solution to the challenges related to TVC.

## The Use-Case for Artificial Intelligence

Directly solving the TVC problem so as to determine the optimal control actions that operators should implement can nowadays be considered as a futuristic AI use-case. There still exist several behavioral, procedural, and organizational barriers to AI adoption that require a comprehensive change management process before the human operators forgo the control of the power system to this new technology. With this in mind, we focused on a less critical use-case that would imply a less disruptive change management process and

could still support the power grid operators to tackle the growing complexity of the TVC task. The hope was that a useful AI application that is relatively easier to put in place could pave the way for further applications requiring a more radical transformation of the current operating practices.

As mentioned, while the topological and active power aspects of the grid operation forecasts are of good quality, the reactive part is too hard to accurately predict. The specific issue is that reactive power internalizes the different voltage control actions of different operators. We therefore developed an AI-based Decision Support Tool (DST) providing realistic control actions, thus improving forecasts and helping operators to identify upcoming challenges in advance. Conceivably, forecasts for which the AI-based DST would be able to find suitable TVC actions resulting in no forecasted over-/under- voltage issues would require less attention and preparations from the human power system operators in advance. On the other hand, forecasts featuring significant over-/under- voltage issues as per the controls identified by the DST would have to be studied by the human operators in order to determine in advance preemptive actions. For such instances, the controls identified by the AI-based DST would also serve as a starting point. We must underline here that this use-case came with two precise requirements.

The first requirement was to develop an AI-based DST while relying on any<sup>4</sup> simulator of the French transmission system. Relying on simulations rather than (input/output) labeled data was driven by the need to avoid building a tool that can mostly help with past operating conditions and replicate the observed behaviors of power grid operators. Indeed, as explained, the conditions within which the power system operates are undergoing a rapid transformation and the help from the AI-based DST is most needed while facing new/unfamiliar situations. Notice also that the optimal TVC problem cast as a MINLP is only an approximation that is practically unsolvable by analytical optimizations tools for the scale of the French transmission system. It would therefore also not be possible to create a learning database through processing forecasted snapshots.

The available snapshots recording the historical operation of the French transmission system show a considerable variation in topology. Indeed, contrary to academic benchmarks, real-life systems feature topological variations related not only to forced (contingencies) and planned (maintenance) branch outages, but also to substation reconfigurations, disconnection of cables to improve the voltage profile, connection/disconnection of shunts etc. The second requirement was therefore to go beyond most academic works and develop a solution that can handle the topological variability of real-life transmission grids.

## Topology-Aware Graph Neural Networks

### *Theoretical background and innovations*

Given the specific requirement to rely on any simulator of the French electricity transmission system, the choice of addressing the TVC problem as a Reinforcement Learning (RL) problem appeared natural. Put simply, RL is a subset of Machine Learning (ML) in which

---

<sup>4</sup> Notice that we use any to imply that the proposed approach should not be imposing the use of a specific simulator but should rather be agnostic to such choice.



an agent learns to make decisions through interaction with its environment. The interaction is bi-directional, in the sense that the agent chooses actions having an effect on the environment and the environment provides feedback evaluated in the form of a reward function. The reward observations influence the future choices of the agent. Specifically, through repeated experiences, the agent refines its actions based on the feedback from the environment, towards the goal of maximizing (minimizing) its reward (penalty) function.

Over the recent years, the field of RL has been generally experiencing a significant surge in interest and development. A main factor for this surge is success with so-called Deep Reinforcement Learning (DRL). DRL relies on the use of Deep Neural Networks (DNNs) that consist of multiple layers of artificial neurons, allowing them to learn complex hierarchical representations. The deeper (i.e., more layers of neurons) the network, the more complex patterns it can capture. Unlike traditional ML, where feature extraction often requires domain knowledge, DNNs can automatically learn features from raw data (e.g., images, text, or audio). Deep learning particularly thrives on large amounts of data, as the networks learn from vast quantities of examples to improve their performance. It has revolutionized areas like computer vision, natural language processing, and robotics, enabling advancements such as self-driving cars, real-time language translation, and automated medical diagnoses.

Although several applications of DRL on electric power system operation problems exist, to the best of our knowledge, this application is the first real-life topology-aware application of RL in the context of TVC. By way of topology-aware, we refer to the ability of our developed DST to adapt to the variability of the transmission system topology. Common DNNs, such as the Multi-Layer Perceptron (MLP) are by default not robust to such topology changes since encoding input data by concatenating several variables into a large input vector of fixed length. In other words, these assume a constant object count and a constant ordering of objects. Notice that the constant ordering is also critical. Transmission system data are arranged in various orderings in historical files.

The catalyst for developing the topology-aware DST has been the idea to represent a power system snapshot in the format of a so-called Hyper-Heterogeneous Multi Graph (H2MG)<sup>5</sup>. This is an evolution of the conventional approach of representing the electric power system as a standard graph, whose nodes correspond to the power system buses and edges correspond to the power system branches. This conventional approach requires the aggregation of all collocated node-like objects (buses, generators, etc.) and edge-like objects (lines, transformers, etc.) and therefore implies information loss. An H2MG is composed of hyper-edges of various orders (i.e., connected to various numbers of other hyper-edges) and connects heterogeneous objects of different classes. Figure 2 illustrates an example of converting the single-line diagram of a 3-bus system into both a standard graph and an H2MG. The H2MG representation coincides seamlessly with the numerical representation approach used in most power systems software. Critically for our application, an H2MG can be directly fed as input into a companion Graph Neural Network (GNN).

---

<sup>5</sup> Originally developed in Donon, Balthazar. Deep statistical solvers & power systems applications. Diss. Université Paris-Saclay, 2022.

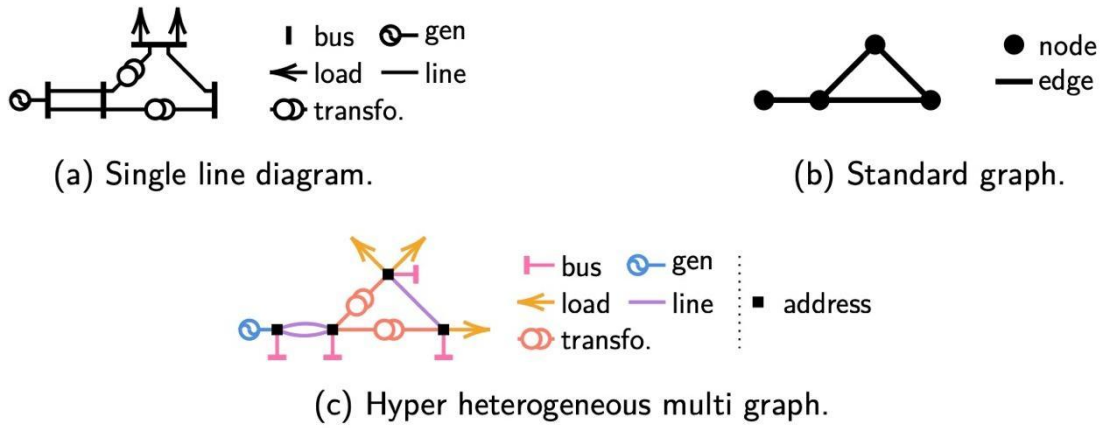


Figure 2 Hyper-Heterogeneous Multi-Graph Illustration on a Small Power Grid

## Graph Neural Networks

GNNs are a type of neural network specifically designed to work with graph-structured data. GNNs explicitly model the relationships between nodes in a graph and use the connectivity information to learn and extract meaningful features. Further, GNNs are permutation invariant, providing consistent output even if the order of the nodes and edges in the input graph is changed. This is a very important feature when working with real-life power system data wherein, as mentioned, the ordering is frequently different between different files. The key aspect in GNNs is the process of message passing. Message passing refers to the ability of the nodes of a graph to iteratively exchange messages with their direct neighbors and update their own representation based on the received information. This process allows GNNs to capture complex relationships and dependencies within the graph. Through message passing, GNNs learn so-called node embeddings. Node embeddings are vector representations of nodes that encode information about their features and position in the graph. Decoding these embeddings returns the transformation of the graph information into a form that is useful for a specific task. In other words, the decoding process acts as a bridge between the abstract representations used internally by the GNN and the concrete outputs required for decision-making or analysis.

To address the TVC problem, a specific GNN architecture was developed by adapting the general GNN framework to the structure of H2MG and incorporating Neural Differential Ordinary Equations (NODEs) for the interaction between addresses connected through a common hyper-edge. Notice that in the resulting (so-called H2MGNODE) architecture, addresses that share common neighbors also interact indirectly. NODEs are incorporated to model the local information exchange between addresses as a continuous dynamical system. This contrasts with the typically discrete message passing steps in GNNs. Once the dynamical system reaches its final state, decoders are used to translate the H2MGNODE embeddings (a.k.a. latent variables) into meaningful quantities. Figure 3 illustrates the developed neural network architecture. The left panel illustrates the embedding of the feature vectors of all hyper-edges into the abstract space of latent variables, using class-specific encoders  $\mathcal{E}_\theta^c$ . The middle panel illustrates the interaction of the latent variables associated to all addresses, as per the NODE system, until  $\tau = 1$ . As shown in the right panel, class-specific decoders  $\Psi_\theta^c$  are used to retrieve meaningful information from the final state of the dynamic system.

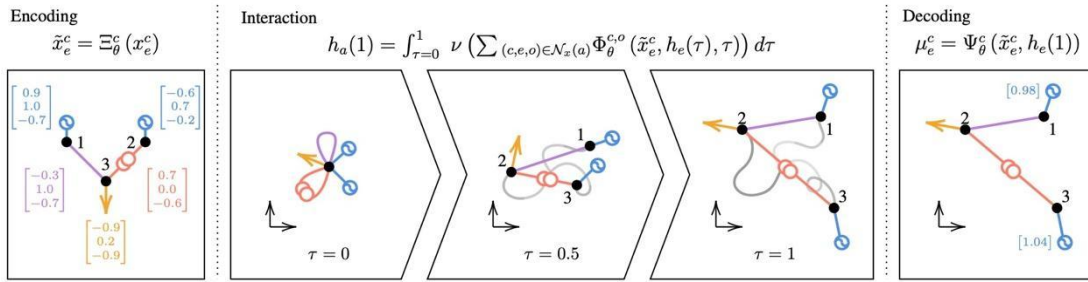


Figure 3 H2MGNODE architecture: Information is propagated between objects of the grid by solving a neural ordinary differential equation

## Developing ideas in a sandbox environment

As a first step, the H2MG architecture was developed to address a simplified version of the TVC problem on a (small-scale) academic test system. The problem was simplified by solely focusing on the choice of voltage setpoints for generators, neglecting the extra degrees of freedom related to tap-changers, connection/disconnection of lines, shunts, etc. In other words, only continuous control actions were considered. The chosen test system was the well-known Nordic 32-bus system with additional topological variations to reflect the variable topologies of real-life systems. Notice that this particular sandbox environment was designed by also considering the need to benchmark the proposed approach against a relevant standard alternative. Indeed, the reduction to voltage setpoints and the application on the Nordic 32-bus system facilitated comparing the approach under development to the resolution of the full non-linear AC Optimal Power Flow (ACOPF) problem by a commercially available solver.

The particular instantiation of the H2MGNODE architecture, the problem definition, the database generation process as well as all obtained results for this case are extensively reported in (Donon, et al., 2024)<sup>6</sup>. To summarize the main findings, the performed experiments demonstrated that the trained GNNs can achieve comparable performance to the ACOPF solver baseline in terms of reducing voltage violations and minimizing costs. This indicates the effectiveness of the proposed method in addressing the voltage control problem. Notably, the trained GNNs exhibited the ability to generalize well to out-of-distribution samples, particularly including topologies not encountered during training. This property is, as already underlined, crucial for real-world applicability. The interested reader may freely access all codes and data related to these experiments on GitHub.

## Practical experience in a real-life setting

An extended version of the proposed approach is currently being tested in real-life conditions. The extended version features a broader TVC decision-making scope, including the voltage setpoints for tap changers and the activation/deactivation of shunts (in addition to the voltage setpoints of the SVC pilot buses). Notice that the setpoints for the tap changers are represented as categorical variables and the activation/deactivation status of shunts is represented by means of binary variables. A static power system simulator, namely the open-source simulator OpenLoadFlow, incorporating a static approximation for SVC, is used for training the H2MGNODE GNNs. We recall here that the proposed approach is not

<sup>6</sup> The paper can be accessed at <https://hdl.handle.net/2268/315490>.

imposing the choice of a specific simulator and is rather compatible with any relevant power system simulator.

The dataset used to train, validate, and test the extended version of the H2MGNODE contains power grid forecast files generated in the morning of every operational day (specifically, 24 hourly forecasts per day for a period of approximately 18 months). The grid snapshots correspond to a part of the French electricity transmission system under the responsibility of a particular RCC, with an approximate size of 1200 buses. The external grids to this part are represented as equivalent loads. This reduction step unfortunately invalidates a number of the available snapshots by way of leading to power flow divergence. A further filtering step discards snapshots that feature abnormally low/high voltages and/or abnormally high power flows. The scope is to create a dataset that remains representative of the conditions under which the AI-based DST would be used.

Comparing the performance of the AI-based DST to the ACOPF commercial solver is not feasible in the considered setting for two reasons. First and foremost, the extended decision-making scope for TVC includes categorical and binary variables that can only be handled by adding heuristics on top of the ACOPF solver. Additionally, the problem size becomes a prohibitive factor in terms of efficiently using the available computational budget. An adapted version of a heuristic tool developed privately by Rte was used as an alternative. Although a one-to-one comparison of results would be unfounded, using this tool provides a frame of reference to put the performance of the developed approach into context. The current results are encouraging, as these demonstrate the ability of the AI-based DST to reduce the number of power grid snapshots with overvoltage as well as reduce the extent of overvoltage to a practically meaningless order. In other words, the AI-based DST could indeed filter out a large share of potentially problematic power grid forecasts by finding a quick solution to the TVC problem. This could then allow operators to focus ahead of time on finding preventive solutions for the instances deemed unmanageable by the AI-based DST.

## Concluding Discussion

This article reported the experience from the on-going effort to put in place an AI-based application to help the operators of the French electricity transmission system in tackling the increasingly complex Tertiary Voltage Control problem. At the time of writing, there are promising indications for the success of this effort. In particular, the overarching approach has been successfully validated in a sandbox environment against a state-of-the-art alternative (ACOPF) and is also already tested with positive results on real-life case studies. Testing and validation in real-life conditions remains in progress, along with research efforts to further develop the underlying methodology. Along with this, given the current success, the idea of exploring alternative applications of GNNs on problems related to the operation of the French transmission system has also emerged. This generalization of the GNNs for power system operation will be actively pursued by a newly formed research group within Rte. We conclude by discussing lessons learned regarding the difference between academic Research and Development (R&D) and real-life application.

The first discussion point refers to the statement of the problem under consideration. Methodological academic R&D typically starts on the basis of a well-defined problem statement. In real-life, ill-defined problems still require solutions. In our example, no

“universally acceptable” formulation for the real-life TVC problem exists, with degrees of freedom referring both to the overarching objective for decision-making as well as to the relevant physical modeling domain, etc. Power system operators understand how to solve the TVC problem, but this is not the same as the understanding required to describe the problem. Several such ill-defined problems are today solved by power system operators and, some of these will perhaps have to be solved with the help of AI in the future. Investing the resources to clearly document such problems would bring direct value to the potential of AI.

A similar discussion can be made regarding data. Academic data are typically nice and clean, in the sense that all required information is available in a standard, organized manner. This experience, as well as several others, showcase that this may not be the case in practice. One should be ready to both resolve missing data situations, to work with randomly ordered data as well as to filter out invalid data. Anticipating such issues from the onset may have an effect on the development of the solution. In our case, the permutation invariance of the GNNs was a clear factor in choosing this architecture. It is perhaps obvious but still relevant to mention here that AI is a data-driven method, and that past data cannot be collected retroactively. Dedicating considerable effort on choosing, understanding and/or (re)constructing the data is as important as tuning the meta-parameters of a neural network.

Finally, we wish to emphasize the major differences in terms of the operational requirements for code between academic R&D and real-life application. Research-grade code, written by the (few) researcher(s) involved in a project may well serve the purpose of developing methodology but prove insufficient in the real-life setting. Robustness requirements, security requirements, as well as dependency conflicts are much different between the two environments. Even though modern-day researchers are quite proficient in coding, bringing in expertise from the real-life operational environment early in advance can only speed up the development of AI solutions that can be seamlessly integrated within a real-life computational environment.

## Further Reading

Donon, B., Cubélier, F., Karangelos, E., Wehenkel, L., Crochepierre, L., Pache, C., Saludjan, L., Panciatici, P. (2024). Topology-aware reinforcement learning for tertiary voltage control. Electric Power Systems Research.

Το τεύχος Ιουνίου 2024 του περιοδικού *Protection, Automation and Control (PAC World)* είναι αφιερωμένο στις εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης (Artificial Intelligence -AI), στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας <https://www.pacw.org/issue-067-march-2024-2>. Το τεύχος περιλαμβάνει θέματα σχετικά με τις εφαρμογές στην Προστασία και τον Έλεγχο των ΣΗΕ, τα αναμενόμενα οφέλη καθώς και τις σχετικές προκλήσεις και προβληματισμούς. Στη συνέχεια παρουσιάζουμε το Κύριο Άρθρο και τον Επίλογο του Alex Apostolov (εκδότη του *PAC World magazine*) που μεταφράζουμε και αναδημοσιεύουμε με την άδειά του. Στο επόμενο κείμενο των Θ. Κορωνίδη και Γ. Γεωργαντζή παρουσιάζονται σύντομα τα βασικά άρθρα του τεύχους Ιουνίου του *PAC World magazine*, ενώ για την εικονογράφηση του αφιερώματος των Πυλώνων χρησιμοποιούμε κάποιες από τις εικόνες που δημιουργήθηκαν για το PAC με χρήση τεχνητής νοημοσύνης.

## Η Τεχνητή Νοημοσύνη ήρθε για να μείνει

του Alex Apostolov

Ελληνική απόδοση από τη Συντακτική Ομάδα



Dr. Alexander Apostolov received MS degree in Electrical Engineering, MS in Applied Mathematics and Ph.D. from the Technical University in Sofia, Bulgaria. He has 51 years' experience in power systems protection, automation, control and communications. He is Principal Engineer for OMICRON electronics in Los Angeles, CA. He is IEEE Life Fellow and Member of the IEEE PES Power Systems Relaying and Control (PSRC) Committee. He is member of IEC TC57 working groups 10, 17 and 19. He is Distinguished Member of CIGRE. He holds five patents and has authored and presented more than 600 technical papers. He is Editor-in-Chief of PAC World.

## Η εποχή της Τεχνικής Νοημοσύνης

Σήμερα ζούμε σε έναν κόσμο που χωρίς αμφιβολία μπορούμε να περιγράψουμε ως την εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης λόγω της εκτεταμένης επιρροής και ενσωμάτωσης της σε διάφορους τομείς της ζωής μας. Η έννοια αυτή δεν είναι κάτι καινούργιο, αλλά η σχετική τεχνολογία έχει αλλάξει δραματικά τις τελευταίες δύο δεκαετίες.

Σημαντική πρόοδος στην Μηχανική Μάθηση (Machine Learning) και την Βαθιά Μάθηση (Deep Learning) έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη συστημάτων που μπορούν να μαθαίνουν, να προσαρμόζονται και να εκτελούν σύνθετες λειτουργίες με ελάχιστη ανθρώπινη παρέμβαση. Αυτό περιλαμβάνει την αναγνώριση εικόνας και ομιλίας, την επεξεργασία φυσικής γλώσσας και τα αυτόνομα συστήματα. Η διαθεσιμότητα τεράστιων ποσοτήτων δεδομένων έχει τροφοδοτήσει την έρευνα και την ανάπτυξη, επιτρέποντας στους αλγόριθμους να εκπαιδεύονται σε μεγάλα και ποικίλα σύνολα πληροφοριών, βελτιώνοντας την ακρίβεια και τις δυνατότητές τους.

Η τεχνητή νοημοσύνη φέρνει επανάσταση αυτοματοποιώντας εργασίες που προηγουμένως απαιτούσαν ανθρώπινες παρεμβάσεις. Χρησιμοποιείται σήμερα για τη διάγνωση ασθενειών, την εξατομίκευση των σχεδίων θεραπείας και την επιτάχυνση της ανακάλυψης νέων φαρμάκων, επηρεάζοντας σημαντικά την ιατρική έρευνα και την παροχή ιατρικής φροντίδας.

Οι συνεχείς εξελίξεις στην έρευνα αυξάνουν δραστικά τις σημερινές δυνατότητες των μηχανών, από την κατανόηση της φυσικής γλώσσας έως την οδήγηση αυτόνομων οχημάτων. Η τεχνητή νοημοσύνη ενσωματώνεται σε τομείς όπως η οικονομία, η εκπαίδευση, η γεωργία και σε πολλά άλλα πεδία, οδηγώντας σε καινοτομία και αποτελεσματικότητα. Τόσο οι κυβερνητικοί φορείς όσο και οι ιδιωτικές εταιρείες επενδύουν σημαντικά στην έρευνα και την ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης, αναγνωρίζοντας την δυνατότητά της να οδηγήσει σε οικονομική ανάπτυξη και να λύσει σύνθετα κοινωνικά προβλήματα. Ο παγκόσμιος διάλογος για την ηθική, τη διαχείριση και την πολιτική της τεχνητής νοημοσύνης υπογραμμίζει τη σημασία της και την ανάγκη για προσεκτική ενσωμάτωσή της στην κοινωνία.

Η αρχή της Τεχνητής Νοημοσύνης μπορεί να εντοπιστεί στα μέσα του περασμένου αιώνα, όταν το 1950 ο Alan Turing δημοσίευσε το άρθρο "Computing Machinery and Intelligence" στο επιστημονικό περιοδικό του Oxford University Press, το οποίο πρότεινε το Test Turing ως κριτήριο για την νοημοσύνη των μηχανών.

Είναι σαφές ότι εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης είναι διαθέσιμες σε διάφορες μορφές για σημαντικό χρονικό διάστημα, αλλά η εισαγωγή του ChatGPT προκάλεσε την έκρηξη του ενδιαφέροντος για αυτήν, που επηρεάζει επίσης την βιομηχανία ηλεκτρικής ενέργειας. Για τον λόγο αυτό, το τεύχος Ιουνίου 2024 του περιοδικού PAC αφιερώθηκε στο θέμα της τεχνητής νοημοσύνης και στις εφαρμογές της στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας.

Στα πιο πάνω πλαίσια χρησιμοποίησα την τεχνητή νοημοσύνη για τη συγγραφή του εισαγωγικού άρθρου του τεύχους, με χρήση του ChatGPT 4, ακολουθώντας τα πιο κάτω βήματα:

- Αρχικό βήμα ήταν η προετοιμασία ενός περιγράμματος του κύριου άρθρου με τη μορφή πίνακα περιεχομένων.
- Στη συνέχεια χρησιμοποιώντας καθένα από τα θέματα του περιγράμματος ως ερώτημα προς το ChatGPT προέκυψε η ανάπτυξη του αντίστοιχου κειμένου.
- Μετά από όλα αυτά, συγκέντρωσα τα επιμέρους κείμενα που δημιουργήθηκαν από το ChatGPT σε ένα ενιαίο ΚΕΙΜΕΝΟ που διαμόρφωσε το τελικό άρθρο.

Τέλος, για τη δημιουργία των εικόνων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό τεχνητής νοημοσύνης DALL-E.

Είναι πράγματι ενδιαφέρον και προκαλεί ενθουσιασμό το να συμμετέχουμε στη νέα εποχή της τεχνητής νοημοσύνης που θα αλλάξει τον τρόπο που λειτουργούμε τα δίκτυα ηλεκτρικής ενέργειας με τρόπο αποδοτικό και αξιόπιστο. Δεν πρέπει να τη φοβόμαστε, αλλά να σκεφτόμαστε πώς μπορεί η τεχνητή νοημοσύνη να μας βοηθήσει να κάνουμε καλύτερα τη δουλειά μας.

## Η Τεχνητή Νοημοσύνη στα Ηλεκτρικά Συστήματα

Η εξέλιξη της τεχνολογίας της τεχνητής νοημοσύνης έχει επιφέρει σημαντικές προόδους σε διάφορους τομείς, όπως η προστασία, η λειτουργία, ο έλεγχος και η συντήρηση ενός Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας. Οι τεχνικές όπως η μηχανική μάθηση (machine learning), η βαθιά μάθηση (deep learning) και η ενισχυτική μάθηση (reinforcement learning), έχουν τη δυνατότητα να αλλάξουν σε σημαντικό βαθμό τον τρόπο με τον οποίο σχεδιάζονται, λειτουργούν και συντηρούνται τα ηλεκτρικά δίκτυα .

Ειδικότερα στον τομέα της προστασίας, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να βελτιώσει την ανίχνευση, την ταξινόμηση και τον εντοπισμό των σφαλμάτων. Τα παραδοσιακά σχήματα προστασίας βασίζονται σε προκαθορισμένα όρια, αλγόριθμους και λογική, τα οποία ενδέχεται να μην είναι πάντα βέλτιστα απέναντι στην αυξανόμενη πολυπλοκότητα και μεταβλητότητα των σύγχρονων ΣΗΕ. Οι αλγόριθμοι προστασίας, που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη, μπορούν να μαθαίνουν από ιστορικά δεδομένα και να προσαρμόζονται στις μεταβαλλόμενες συνθήκες του συστήματος, επιτρέποντας πιο ακριβή και ταχύτερη ανίχνευση σφαλμάτων. Για παράδειγμα, οι αλγόριθμοι βαθιάς μάθησης μπορούν να εκπαιδευτούν σε μια τεράστια ποσότητα δεδομένων των σφαλμάτων, ώστε να αναγνωρίσουν μοτίβα και ανωμαλίες, διευκολύνοντας έτσι την ανάπτυξη πιο ανθεκτικών και αξιόπιστων συστημάτων προστασίας.

Επιπλέον, η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να εφαρμοστεί για τον αυτοματισμό διαφόρων διαδικασιών στη λειτουργία και τον έλεγχο των ΣΗΕ. Με την αυξανόμενη διείσδυση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και την ανάπτυξη των έξυπνων δικτύων, τα ΣΗΕ γίνονται πιο δυναμικά και διεσπαρμένα. Η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να βοηθήσει στη διαχείριση αυτής της πολυπλοκότητας μέσω της βελτιστοποίησης της ροής ισχύος, του ελέγχου της τάσης και της ρύθμισης της συχνότητας. Οι αλγόριθμοι μηχανικής μάθησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη της παραγωγής ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές, της ζήτησης φορτίου και των πιθανών απρόβλεπτων καταστάσεων, επιτρέποντας προληπτικές ενέργειες ελέγχου για τη διατήρηση της σταθερότητας και της αξιοπιστίας του συστήματος.

Η προβλεπτική συντήρηση είναι ένας άλλος τομέας όπου η τεχνητή νοημοσύνη μπορεί να έχει μια σημαντική επίδραση. Αναλύοντας δεδομένα αισθητήρων από διάφορα στοιχεία ενός ΣΗΕ, όπως μετασχηματιστές, διακόπτες και γραμμές μεταφοράς, οι αλγόριθμοι τεχνητή νοημοσύνη μπορούν να ανιχνεύσουν τα σφάλματα στα αρχικά τους στάδια και να προβλέψουν τις αστοχίες του εξοπλισμού πριν αυτές συμβούν. Αυτό επιτρέπει στα συνεργεία αποκατάστασης βλαβών να εφαρμόζουν προληπτική στρατηγική συντήρησης, μειώνοντας τον χρόνο εκτός λειτουργίας, αυξάνοντας την αξιοποίηση του εξοπλισμού και ελαχιστοποιώντας τα κόστη συντήρησης.

Κοιτάζοντας προς το μέλλον, αναμένεται οι εφαρμογές της τεχνητής νοημοσύνης στην προστασία, τον αυτοματισμό και τον έλεγχο των Συστημάτων Ηλεκτρισμού να αναπτυχθούν σε εκθετικό βαθμό. Καθώς όλο και περισσότερα δεδομένα γίνονται διαθέσιμα από έξυπνους μετρητές, μονάδες μέτρησης φαινομένων (Phasor measurement units – PMU) και άλλες συσκευές, οι σχετικοί αλγόριθμοι θα έχουν πρόσβαση σε πληθώρα πληροφοριών για να εκπαιδευτούν και να βελτιώσουν την απόδοσή τους. Η αυξανόμενη υπολογιστική ισχύς και η πρόοδος στον τομέα του εξοπλισμού της τεχνητής νοημοσύνης θα



επιτρέψουν ταχύτερη και πιο αποτελεσματική επεξεργασία δεδομένων, επιτρέποντας λήψη αποφάσεων και έλεγχο σε πραγματικό χρόνο.

Ωστόσο, η υιοθέτηση της Τεχνητής Νοημοσύνης στα ηλεκτρικά συστήματα παρουσιάζει επίσης αρκετές προκλήσεις. Ένα από τα κύρια προβλήματα είναι η ερμηνεία και η διαφάνεια των αλγορίθμων και των μοντέλων της. Καθώς οι σχετικοί αλγόριθμοι γίνονται πιο σύνθετοι, καθίσταται δυσκολότερο για τους διαχειριστές του συστήματος να κατανοήσουν πώς λαμβάνονται οι αποφάσεις, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε αμφισβήτηση των αποτελεσμάτων. Η ανάπτυξη εξηγήσιμων μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης που παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τη διαδικασία λήψης αποφάσεων, είναι κρίσιμη για την οικοδόμηση της εμπιστοσύνης από πλευράς των χειριστών των συστημάτων ως προς τα αποτελέσματα των αλγορίθμων. Επιπλέον, η διασφάλιση της κυβερνοασφάλειας των συστημάτων που βασίζονται στην τεχνητή νοημοσύνη είναι υψίστης σημασίας, καθώς οποιαδήποτε ευπάθεια ή επίθεση θα μπορούσε να έχει σοβαρές συνέπειες στο ηλεκτρικό δίκτυο.



Παρά τις προκλήσεις αυτές, οι ευκαιρίες για την εφαρμογή της Τεχνητής Νοημοσύνης στην προστασία, τον αυτοματισμό και τον έλεγχο των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας είναι τεράστιες. Η τεχνητή νοημοσύνη έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει την αξιοπιστία, την αποτελεσματικότητα και την ανθεκτικότητα των Συστημάτων, ενώ παράλληλα επιτρέπει νέες εφαρμογές, όπως τα αυτό-ιάσιμα δίκτυα και τον αυτόνομο έλεγχο. Καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να ωριμάζει και περισσότερες επιχειρήσεις ηλεκτρισμού υιοθετούν λύσεις βασισμένες στην τεχνητή νοημοσύνη, αναμένεται να δούμε ένα μετασχηματισμό στον τρόπο λειτουργίας και συντήρησης των ηλεκτρικών δικτύων, που οδηγεί σε ένα πιο βιώσιμο και έξυπνο ενεργειακό μέλλον.

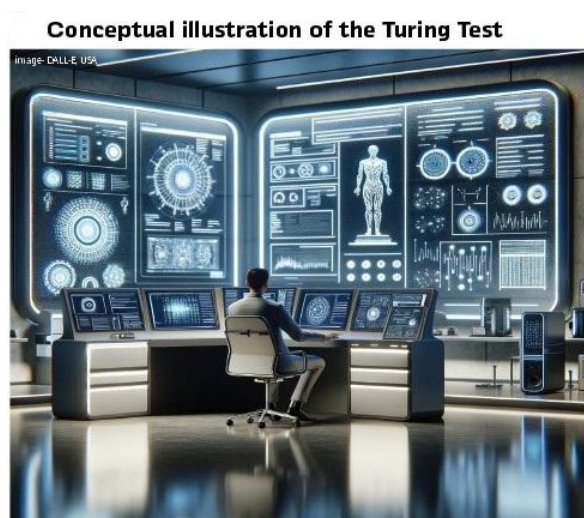
# Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην προστασία και στον έλεγχο των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας

(από το τεύχος PAC World, Ιούνιος 2024)

Θάνος Κορωνίδης και Γιώργος Γεωργαντζής

Το τεύχος Ιουνίου 2024 του περιοδικού Protection, Automation and Control (PAC) World είναι αφιερωμένο στις εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης (TN) στην προστασία και στον έλεγχο των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ). Το παρόν άρθρο περιλαμβάνει μια συνοπτική περιγραφή των επτά σχετικών άρθρων του τεύχους, ώστε ο αναγνώστης να ενημερωθεί για τις αναμενόμενες και πιθανές εφαρμογές της TN στα ΣΗΕ.

## 1. Η Τεχνητή Νοημοσύνη στην προστασία και στον έλεγχο των ΣΗΕ



Το εισαγωγικό άρθρο του τεύχους [1] έχει διαμορφωθεί με χρήση λογισμικού Τεχνητής Νοημοσύνης. Περιλαμβάνει καταρχήν μια ιστορική αναδρομή στη τεχνολογία TN με αναφορές, μεταξύ άλλων, στον Άλαν Τούρινγκ και στο ομώνυμο τεστ, και στις μετέπειτα εξελίξεις όπως στη **μηχανική μάθηση** (machine learning) που στην δεκαετία του '80 αναδύθηκε ως μια πιο προσαρμοστική προσέγγιση, επιτρέποντας στα συστήματα να μαθαίνουν από δεδομένα και να κάνουν προβλέψεις ή να λαμβάνουν αποφάσεις χωρίς ρητή προγραμματιστική παρέμβαση. Η **βαθιά μάθηση** (deep learning)

περιλαμβάνει την εκπαίδευση μεγάλων νευρωνικών δικτύων σε πολλά επίπεδα χρησιμοποιώντας μεγάλες ποσότητες δεδομένων και η εφαρμογή της έχει ενισχυθεί σε μεγάλο βαθμό τόσο από τη διαθεσιμότητα τεράστιων συνόλων δεδομένων όσο και από τις προόδους στην ισχύ των υπολογιστών. Μια άλλη σημαντική εξέλιξη στην τεχνητή νοημοσύνη είναι η **ενισχυτική μάθηση** (reinforcement learning), η οποία λειτουργεί μέσω μιας διαδικασίας δοκιμής και σφάλματος, όπου το μοντέλο μαθαίνει να επιτυγχάνει έναν στόχο σε ένα αβέβαιο και ενδεχομένως πολύπλοκο περιβάλλον.

Ο 21ος αιώνας έχει οδηγήσει σε μια δραματική αύξηση των εφαρμογών TN με κινητήρια δύναμη τις προόδους στην υπολογιστική ισχύ, την διαθεσιμότητα δεδομένων και την ενσωμάτωση τεχνολογιών, όπως η ανάλυση Μεγάλων Δεδομένων (Big Data), το Υπολογιστικό Νέφος (Cloud Computing) και το Διαδίκτυο των Πραγμάτων (Internet of Things).

Βασικές δυνατότητες της TN στα ΣΗΕ αφορούν (α) στην **Ανίχνευση και Διάγνωση Σφαλμάτων**, επειδή μπορούν να αναλυθούν τεράστιες ποσότητες δεδομένων για να

εντοπίσουν διαδικασίες που προηγούνται των σφαλμάτων, επιτρέποντας την πρόωμη ανίχνευση διαταραχών και την ενεργοποίηση προληπτικών ενεργειών, (β) στην **Παρακολούθηση σε Πραγματικό Χρόνο και Ανίχνευση Διαταραχών** μέσω νευρωνικών δικτύων, εντοπίζοντας ανωμαλίες που υποδεικνύουν βλάβες εξοπλισμού ή εξωτερικές απειλές, ενώ επίσης συντελούν στην ανάλυση δεδομένων καιρού βοηθώντας στη πρόληψη ανωμαλιών, (γ) στα **Προσαρμοστικά Συστήματα Ελέγχου** για βελτιστοποίηση της διαχείρισης του συστήματος ηλεκτρικής ενέργειας και των επίπεδων τάσης, διασφαλίζοντας αποδοτική και αξιόπιστη λειτουργία του δικτύου, ενώ η δυναμική προσαρμογή στις ταχείες αλλαγές στο ισοζύγιο παραγωγής και ζήτησης ενέργειας είναι ζήτημα ιδιαίτερα σημαντικό λόγω της ενσωμάτωσης ΑΠΕ και διασπαρμένης παραγωγής, (δ) στη **Πρόβλεψη Ζήτησης και Βελτίωση της Σταθερότητας του Δικτύου**, δεδομένου ότι η ΤΝ μπορεί να προβλέψει περιόδους μέγιστης ζήτησης και να επιτρέψει αποτελεσματικότερη διαχείριση της παραγωγής και προσαρμογή σε αιφνίδιες αλλαγές στο σύστημα.

Προκλήσεις και Προβληματισμοί σχετικά με τις εφαρμογές της ΤΝ στα ΣΗΕ αφορούν (α) την **Ποιότητα και Ποσότητα Δεδομένων**, αφού η ακρίβεια των μοντέλων ΤΝ εξαρτάται από την ποιότητα και την ποσότητα των δεδομένων, (β) την **Ενσωμάτωση και Εκπαίδευση**, δεδομένου ότι απαιτείται σημαντική επένδυση και εκπαίδευση του προσωπικού και (γ) την **Κυβερνοασφάλεια**, δεδομένου ότι η διασφάλιση των εφαρμογών ΤΝ από κυβερνοεπιθέσεις είναι κρίσιμη για την εύρυθμη λειτουργία του ηλεκτρικού συστήματος.

Αν αντιμετωπιστούν αυτές οι προκλήσεις, η ΤΝ θα διαδραματίσει ολοένα και πιο σημαντικό ρόλο στην οικοδόμηση ενός πιο ανθεκτικού, αποδοτικού και βιώσιμου ΣΗΕ.

## 2. Πρακτικές Εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης/Μηχανική Μάθηση στην προστασία και στον έλεγχο ΣΗΕ

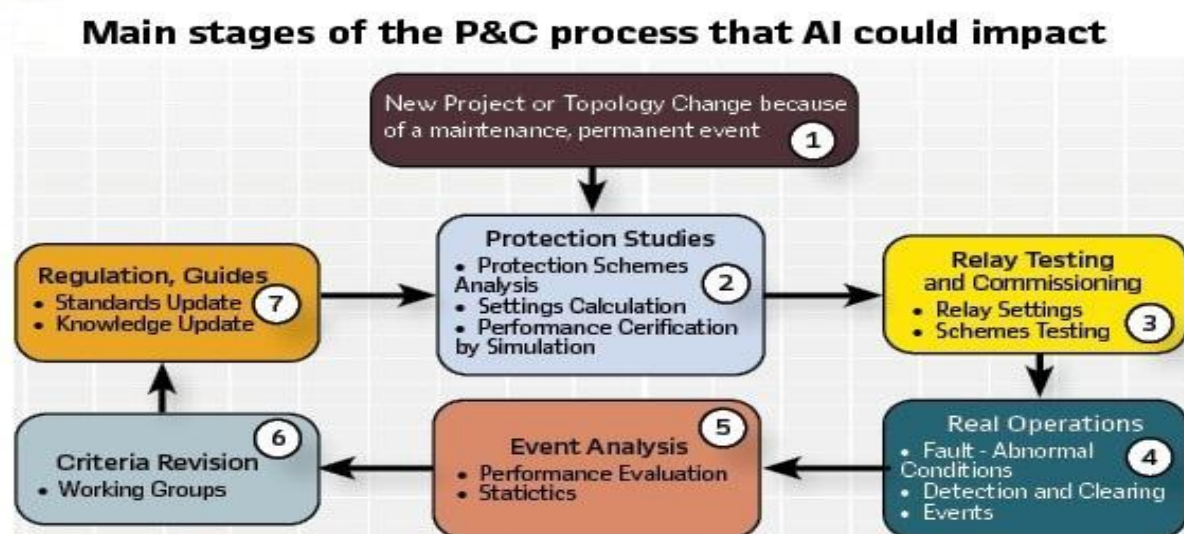
Το άρθρο αυτό [2] συνοψίζει τα βασικά συμπεράσματα του πορίσματος της ΟΕ C43 της Επιτροπής Power Systems Relaying and Control του IEEE, σχετικά με τις πρακτικές εφαρμογές της ΤΝ και της Μηχανικής Μάθησης στην προστασία και τον έλεγχο των ΣΗΕ.

Αναφέρεται στους περιορισμούς των υφιστάμενων τεχνολογιών προστασίας και ελέγχου και στον τρόπο που η ΤΝ μπορεί να βοηθήσει στην αντιμετώπιση τους, σε παραδείγματα για τον τρόπο που μπορεί να αξιοποιηθεί για τη βελτίωση της προστασίας του εξοπλισμού καθώς και στα αναμενόμενα οφέλη, όπως είναι η ταχύτερη ανίχνευση και ο εντοπισμός βλαβών και η βελτίωση της δυναμικής ευστάθειας του συστήματος.

Επισημαίνονται οι περιορισμοί των συμβατικών μεθόδων προστασίας, όπως η δυσκολία προσαρμογής σε μεταβολές της τοπολογίας, σε δυναμικές συνθήκες λειτουργίας και στη διατήρηση βέλτιστων ρυθμίσεων, καθώς το ΣΗΕ αλλάζει διαρκώς. Η άμεση εξάρτηση από την εμπειρία του προσωπικού για το σχεδιασμό και τη ρύθμιση σχεδίων προστασίας ενέχει και τη πιθανότητα ανθρώπινου σφάλματος. Η ταχεία αύξηση της διείσδυσης ΑΠΕ σε συνδυασμό με την απαίτηση αυστηρών χρόνων αποκατάστασης βλαβών, οδηγεί σε διαρκή ανάγκη επαναξιολόγησης και βελτιστοποίησης των ρυθμίσεων προστασίας.

Τα πλεονεκτήματα της εφαρμογής ΤΝ αφορούν στην ταχύτερη λήψη αποφάσεων, αφού μπορεί να αναλυθεί πλήθος ιστορικών δεδομένων σε πραγματικό χρόνο και στην βελτιστοποίηση των ρυθμίσεων προστασίας και των στρατηγικών ελέγχου οδηγώντας σε ταχύτερους χρόνους απόκρισης. Οι σχετικές προκλήσεις και προβληματισμοί αφορούν την

έλλειψη διαφάνειας και δυνατότητας ερμηνείας του αποτελέσματος λόγω της πολυπλοκότητας των μεθόδων TN.



Στη συνέχεια προσδιορίζονται συγκεκριμένες περιοχές όπου η TN μπορεί να εφαρμοστεί σε ΣΗΕ, όπως: (α) Βελτιωμένη ανίχνευση και διάκριση βλαβών με μεγαλύτερη ακρίβεια, ειδικά σε δύσκολες καταστάσεις, όπως σφάλματα υψηλής σύνθετης αντίστασης, (β) Βελτιστοποιημένες ρυθμίσεις ηλεκτρονόμων λαμβάνοντας υπόψη και τις τρέχουσες συνθήκες, (γ) Δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί η TN για την ανίχνευση κυβερνοεπιθέσεων σε ΣΗΕ, (δ) Αξιολόγηση λειτουργικής ασφάλειας σε πραγματικό χρόνο, (ε) Ανάπτυξη προηγμένων σχεδίων διορθωτικών ενεργειών που μπορούν αυτόματα να ενεργοποιούνται για να αποτρέψουν αστάθεια στο σύστημα και (στ) Προβλεπτική συντήρηση, αξιοποιώντας την TN για την πρόβλεψη αστοχιών εξοπλισμού και τη βελτιστοποίηση προγραμμάτων συντήρησης.

Η αναφορά καταλήγει επισημαίνοντας την επιτυχημένη εφαρμογή της TN σε συγκεκριμένα σενάρια προστασίας και ελέγχου ΣΗΕ, τονίζοντας επίσης ότι η ευρεία εφαρμογή της βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο, ενώ σε κάθε περίπτωση είναι σημαντικό να εξετάζονται προσεκτικά οι πιθανοί κίνδυνοι και περιορισμοί αυτών των τεχνολογιών .

### 3. Αξιοποίηση της Τεχνητής Νοημοσύνης για την Ενισχυμένη Λειτουργικότητα σε Συστήματα Προστασίας, Αυτοματισμού και Ελέγχου ΣΗΕ

Το άρθρο [3] πραγματεύεται την ενσωμάτωση της TN για βελτιώσεις σε θέματα προστασίας και ελέγχου των ΣΗΕ αξιοποιώντας τις δυνατότητες της τεχνολογίας να αναλύει τεράστιες ποσότητες δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.

Τα σημαντικότερα οφέλη είναι: (α) η **Δυναμική πρόβλεψη** των θερμοκρασιακών συνθηκών σε πραγματικό χρόνο κατά μήκος των γραμμών μεταφοράς, παρέχοντας έτσι τη δυνατότητα βέλτιστης εκτίμησης της μεταφορικής ικανότητας, (β) η **Δυνατότητα ακριβέστερης πρόβλεψης της ζήτησης**, επιτρέποντας στους Διαχειριστές να προγραμματίζουν και να αξιοποιούν βέλτιστα τις δυνατότητες του δικτύου σε περιόδους αιχμής. Διευκολύνεται επίσης η ενσωμάτωση των ΑΠΕ προβλέποντας την παραγωγή τους

και προσαρμόζοντας τις παραμέτρους του δικτύου ανάλογα, (γ) η **Βελτιστοποίηση των Συστημάτων Προστασίας** λόγω της δυνατότητας Δυναμικής Πρόβλεψης Φορτίου και Δυναμικής Ρύθμισης Παραμέτρων με βάση τις συνθήκες του δικτύου σε πραγματικό χρόνο καθώς και ελαχιστοποίησης εσφαλμένων ενεργοποιήσεων. Επίσης παρέχεται η δυνατότητα Ανίχνευσης και Κατηγοριοποίησης Σφαλμάτων σε πραγματικό χρόνο, (δ) η **Βέλτιστη Διαχείριση Παγίων και Προληπτική Συντήρηση**, δεδομένου ότι η TN καθιστά δυνατή την προληπτική συντήρηση του εξοπλισμού και την ελαχιστοποίηση των διακοπών λαμβάνοντας υπόψη τις τρέχουσες λειτουργικές συνθήκες και την κατάσταση του εξοπλισμού.

Η ανάλυση εικόνας με χρήση TN μπορεί επίσης να αλλάξει δραματικά τον τρόπο παρακολούθησης και συντήρησης της υποδομής των ΣΗΕ. Η ενσωμάτωση τεχνικών Εικονικής Πραγματικότητας (Virtual Reality) και Επαυξημένης Πραγματικότητας (Augmented Reality) στα συστήματα Προστασίας, Αυτοματισμού και Ελέγχου σηματοδοτεί μια επαναστατική εξέλιξη στην παρακολούθηση, διάγνωση και συντήρηση του εξοπλισμού και της υποδομής των ΣΗΕ, ενισχύοντας τις δυνατότητες του προσωπικού παρέχοντάς του μοναδικές γνώσεις και εργαλεία για τη λήψη αποφάσεων σε πραγματικό χρόνο.

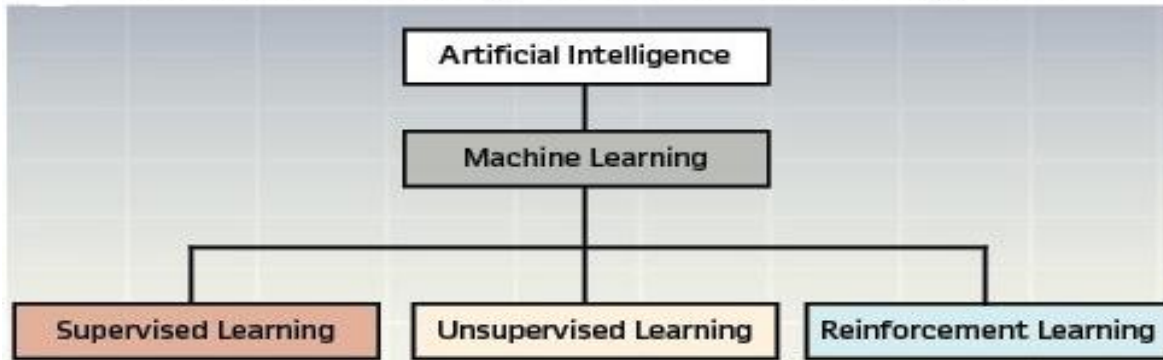
Με χρήση μεθόδων TN είναι δυνατόν οι τεχνικοί, χρησιμοποιώντας κατάλληλες συσκευές όπως έξυπνα γυαλιά ή ακουστικά, να έχουν πρόσβαση σε πλήθος πληροφοριών χωρίς να αποσπούν την προσοχή τους από τον εξοπλισμό, λαμβάνοντας δεδομένα, διαγράμματα, εγχειρίδια και πληροφορίες διάγνωσης σε πραγματικό χρόνο. Επίσης είναι δυνατόν να προσφέρεται παράλληλα οπτικοποίηση παραμέτρων συστήματος και μετρήσεων. Επιπλέον, οι τεχνολογίες TN, σε συνδυασμό με την Εικονική Πραγματικότητα, μπορούν να δημιουργήσουν εικόνα ενός ολόκληρου υποσταθμού, προσφέροντας μια εμπειρία εκπαίδευσης και παρακολούθησης που ξεπερνά τις παραδοσιακές μεθόδους.

Για παράδειγμα οι χειριστές και οι τεχνικοί μπορούν να “περπατούν” εικονικά μέσα στους υποσταθμούς, να επιθεωρούν τον εξοπλισμό και να προσομοιώνουν διάφορα σενάρια για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Αυτή η προσέγγιση εκπαίδευσης ενισχύει την εμπειρία των εκπαιδευόμενων, προάγει την εξοικείωση με τις διατάξεις του εξοπλισμού και επιτρέπει ρεαλιστικές προσομοιώσεις σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη ενός υψηλά εξειδικευμένου προσωπικού. Επίσης οι τεχνολογίες αυτές δίνουν την δυνατότητα βοήθειας εξ’ αποστάσεως επιτρέποντας σε ειδικούς να παρέχουν καθοδήγηση στους τεχνικούς που εργάζονται επί τόπου στο δίκτυο, σε πραγματικό χρόνο. Αυτό διευκολύνει όχι μόνο την αποτελεσματική επίλυση προβλημάτων, αλλά και τη μεταφορά γνώσης και την ανάπτυξη δεξιοτήτων του προσωπικού.

#### 4. Πηγές δεδομένων για εφαρμογές Τεχνητής Νοημοσύνης σε ΣΗΕ

Το άρθρο [4] καταρχήν κάνει εκτενή αναφορά στη προδιαγραφή IEC 61850 και στα δεδομένα που είναι διαθέσιμα σε ένα ψηφιακό υποσταθμό (digital substation). Η διαθεσιμότητα τεράστιας ποσότητας δεδομένων στους υποσταθμούς αυτούς παρέχει τη δυνατότητα στις εφαρμογές της TN να βελτιστοποιήσουν διάφορες πτυχές των λειτουργιών του Συστήματος, όπως πρόβλεψη αστοχίας εξοπλισμού που δίνει τη δυνατότητα προληπτικής συντήρησης μειώνοντας έτσι την πιθανότητα διακοπών, βελτιστοποίηση των διαδικασιών κάλυψης της ζήτησης, δυναμική ρύθμιση των παραμέτρων του Συστήματος, καλύτερη πρόβλεψη της παραγωγής των ΑΠΕ, καθώς και βελτίωση των ρυθμίσεων των συστημάτων προστασίας.

## Machine learning in artificial intelligence



Οι ψηφιακοί υποσταθμοί παράγουν μια αφθονία και ποικιλία δεδομένων, που μπορούν να αξιοποιηθούν από τις εφαρμογές της ΤΝ, όπως πρωτογενείς μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο, στοιχεία για την κατάσταση του εξοπλισμού, ακριβείς και χρονικά συγχρονισμένες μετρήσεις φάσεως τάσης και ρεύματος, πληροφορίες κατάστασης, αναφορές συμβάντων και δεδομένα χρονικού συγχρονισμού από συσκευές προστασίας και ελέγχου και ιστορικά δεδομένα, όπως καταγραφές σφαλμάτων και διαταραχών κ.λπ. Αυτοί οι τύποι δεδομένων μπορούν να συνδυαστούν και να τροφοδοτηθούν σε αλγόριθμους μηχανικής μάθησης, ώστε να γίνουν εφικτές εφαρμογές, όπως είναι η προηγμένη προστασία, η αυτοματοποίηση και ο έλεγχος και η διαχείριση παγίων.

### 5. Η Τεχνητή Νοημοσύνη και οι ενδεχόμενοι κίνδυνοι για τον ενεργειακό τομέα

Το άρθρο [5] συνοψίζει τα συμπεράσματα πρόσφατης έκθεσης του Υπουργείου Δικαιοσύνης των ΗΠΑ αναφορικά με τους ενδεχόμενους κινδύνους από τις εφαρμογές της ΤΝ στον ενεργειακό τομέα, όπως:

(α) **Ακούσιες Αποτυχίες των εφαρμογών ΤΝ** από ανεπιθύμητα σφάλματα, (β) **Εχθρικές Επιθέσεις** κατά της ΤΝ από ατομικές ή συντεταγμένες κυβερνοεπιθέσεις, που μπορεί να προκαλέσουν ζημιά σε τμήματα ή σε όλο το δίκτυο, (γ) **Εχθρικές Εφαρμογές** μέσω της ΤΝ, που αφορά μια κατάσταση όπου εχθρικά άτομα αναπτύσσουν εφαρμογές ΤΝ με στόχο την πρόκληση ζημιών και τη διατάραξη των υποδομών, (δ) **Εγγενή προβλήματα** του Λογισμικού ΤΝ. Αυτή η τελευταία κατηγορία αναφέρεται στους κοινούς τρόπους με τους οποίους οποιοδήποτε σύστημα ΤΝ και λογισμικού μπορεί να υποστεί εισβολή κάθε είδους.

### 6. Η Τεχνητή Νοημοσύνη σε Υποσταθμούς για το Δίκτυο του Μέλλοντος

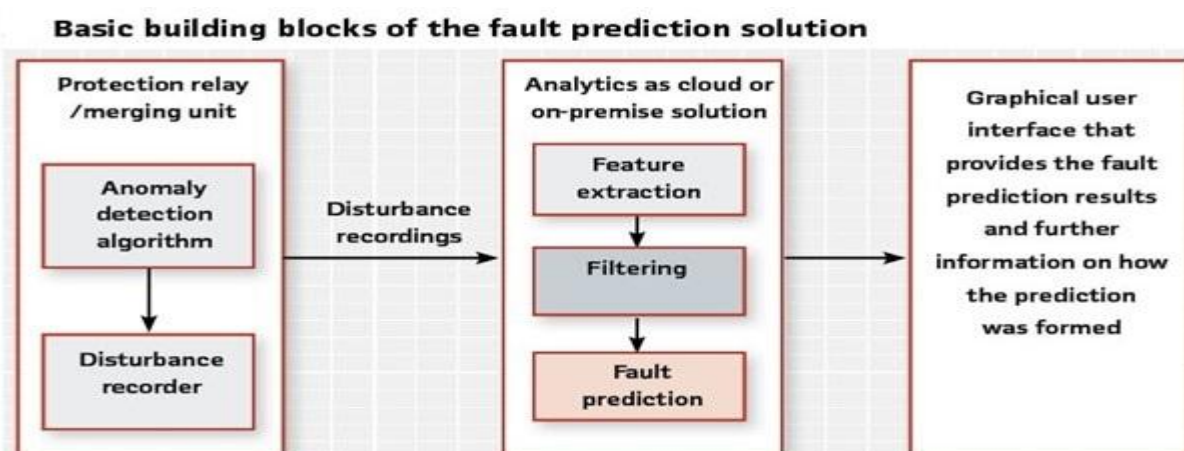
Στο άρθρο αυτό [6] καταρχήν γίνεται ένας συσχετισμός με την ανθρώπινη νοημοσύνη, καθώς η ΤΝ μιμείται τον ανθρώπινο εγκέφαλο επεξεργαζόμενη δεδομένα μέσω μοντέλων. Αυτά τα μοντέλα, όπως ο ανθρώπινος εγκέφαλος, αναγνωρίζουν μοτίβα και παίρνουν αποφάσεις με βάση τα δεδομένα που λαμβάνουν. Μέσω της διαδικασίας εκπαίδευσης, τα συστήματα ΤΝ μαθαίνουν με παρόμοιο τρόπο με αυτόν που οι άνθρωποι μαθαίνουν από τις εμπειρίες τους. Καθώς τα συστήματα ΤΝ λαμβάνουν περισσότερα δεδομένα, βελτιώνεται η ικανότητά τους να κάνουν ακριβείς προβλέψεις και αναλύσεις.

Ακολούθως γίνεται αναφορά στη προληπτική αντιμετώπιση προβλημάτων και συντήρησης Μετασχηματιστών, αξιοποιώντας δεδομένα που παρέχονται από ηλεκτρονόμους προστασίας (ηλεκτρικές και θερμικές παράμετροι), καθώς και από την ανάλυση αερίων μονωτικού ελαίου, καθιστώντας έτσι δυνατή την έγκαιρη αναγνώριση εξελισσόμενων βλαβών και τον προληπτικό προγραμματισμό συντήρησης. Αντίστοιχες αναφορές γίνονται για θέματα προστασίας και προληπτικής αντιμετώπισης προβλημάτων των ηλεκτρικών μηχανών, καθώς και του συνόλου του υποσταθμού. Το άρθρο καταλήγει στα αναμενόμενα οφέλη από την TN σε υποσταθμούς, συμβάλλοντας σε ένα πιο αξιόπιστο, βιώσιμο και αποδοτικό ενεργειακό δίκτυο.

## 7. Αποτελεσματική Πρόβλεψη Σφαλμάτων - Αξιοποίηση Τεχνητής Νοημοσύνης και Ψηφιοποιημένης Υποδομής

Στο άρθρο [7] καταρχήν επισημαίνεται η σημασία της πρώιμης πρόβλεψης βλαβών για τη βελτίωση της αξιοπιστίας του δικτύου, τη μείωση λειτουργικών εξόδων και την εξασφάλιση αδιάλειπτης τροφοδότησης. Οι υφιστάμενες εφαρμογές TN για πρόβλεψη βλαβών, συχνά απαιτούν νέους αισθητήρες και εκτενείς διαδικασίες εγκατάστασης. Το άρθρο αναφέρει μια προσέγγιση μηχανικής μάθησης που αξιοποιεί δεδομένα ρεύματος και τάσης από υπάρχουσες διατάξεις προστασίας, ελαχιστοποιώντας την ανάγκη για πρόσθετο εξοπλισμό. Με την καταγραφή διαταραχών είναι δυνατόν να συλλέγονται πολύτιμα δεδομένα για προβλεπτική ανάλυση. Επιπλέον πηγές δεδομένων, όπως οι μονάδες μέτρησης φάσης (PMUs), οι έξυπνοι μετρητές και οι πληροφορίες για τον καιρό μπορούν να βελτιώσουν περαιτέρω την ακρίβεια των προβλέψεων. Στόχος είναι η αυτοματοποίηση της ερμηνείας των καταγραφών διαταραχών, καθώς η ανθρώπινη αξιολόγηση αδυνατεί να επεξεργαστεί τεράστιους όγκους δεδομένων. Οι αλγόριθμοι TN μπορούν να αναγνωρίζουν πρότυπα που μπορεί να διαφεύγουν από την ανθρώπινη ικανότητα ανίχνευσης.

Παρουσιάζεται ένα συγκεκριμένο παράδειγμα εφαρμογής TN, όπου το σύστημα ανίχνευσε αυξανόμενη συχνότητα ανωμαλιών που σχετίζονταν με ένα πρόβλημα μετασχηματιστή, που χαρακτηριζόταν από διακριτά μοτίβα στις κυματομορφές τάσης και ρεύματος αναγνωρίζοντάς τα ως πιθανούς δείκτες επερχόμενης βλάβης. Η περιγραφόμενη εφαρμογή χρησιμοποιεί προηγμένες τεχνικές που διευκρινίζουν ποιες καταγραφές διαταραχών επηρεάζουν τις προβλέψεις, αυξάνοντας έτσι την εμπιστοσύνη των χειριστών.



Η εφαρμογή βασίστηκε σε (α) Αρχιτεκτονική Βαθιάς Μάθησης που επιτρέπει στο μοντέλο να αντιλαμβάνεται και να μαθαίνει αποτελεσματικά από τη χρονική εξέλιξη των καταγραφών ανωμαλιών, (β) Εκτενή Ανάλυση Χαρακτηριστικών, μια διαδικασία που εξάγει τις πιο σχετικές και επιλεκτικές πληροφορίες από τα ακατέργαστα δεδομένα, παρέχοντας στο μοντέλο ένα πλούσιο σύνολο πληροφοριών, (γ) Τεχνικές Αύξησης Δεδομένων, οι οποίες ενισχύουν την ανθεκτικότητα και τη γενίκευση του μοντέλου και (δ) Ενσωμάτωση επισημάνσεων από ειδικούς κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης που έχει καθοδηγήσει τη μάθηση του μοντέλου και έχει βελτιώσει τον τρόπο ερμηνείας του. Η ενσωμάτωση πρόσθετων πηγών δεδομένων, όπως δεδομένα καιρού, αρχεία κατάστασης εξοπλισμού και ιστορικά ημερολόγια συντήρησης, θα μπορούσε να ενισχύσει περαιτέρω τις προβλεπτικές δυνατότητες του συστήματος. Το σύστημα που περιγράφεται έχει αξιολογηθεί κατά τη διάρκεια ανεξάρτητων δοκιμών, επιτυγχάνοντας ποσοστό ακρίβειας 100%, που σημαίνει ότι κάθε συναγερμός που εκδόθηκε συνδέθηκε με μια βλάβη που συνέβη πράγματι. Ωστόσο, η αποτελεσματικότητά του ήταν 64%, υποδεικνύοντας ότι προειδοποίησε επιτυχώς για το 64% των βλαβών που συνέβησαν.

Συμπερασματικά, η αναφερόμενη λύση της πρόβλεψης βλαβών εκμεταλλεύεται την υπάρχουσα υποδομή, εξελίσσεται με την πάροδο του χρόνου και παρέχει ακριβή εντοπισμό βλαβών. Καθώς συνεχίζει να αναπτύσσεται και να ενσωματώνει νέες πηγές δεδομένων και προηγμένες αναλυτικές τεχνικές, έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει σε μεγάλο βαθμό την πρόβλεψη και τη διαχείριση βλαβών τόσο σε εναέρια όσο και σε υπόγεια δίκτυα μεταφοράς και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

## 8. Αναφορές

(Άρθρα τεύχους Ιουνίου 2024, PAC World–AI in electric power systems protection and control – Οι εικόνες εντός του κειμένου προέρχονται από τα αντίστοιχα άρθρα του τεύχους)

- [1] AI in electric power systems protection and Control by ChatGPT and DALL-E, USA, (σελ. 18-25)
- [2] Practical Applications of Artificial Intelligence / Machine Learning in Power System Protection and Control By PSRC Working Group C43 Report, (σελ. 28 – 33)
- [3] Leveraging AI for Enhanced Functionality in Electrical Power Grids Protection, Automation, and Control (PAC) Systems by Massimo Petrini, Daniela Pellegrino, Emiliano Casale, TERNA RETE Italia, Italy (σελ. 39-43)
- [4] Data Sources for AI applications by Alexander Apostolov, PAC World, USA (σελ. 47 – 51)
- [5] AI, and the dangers it may potentially cause to the energy sector by Yana A. St. Clair, Esq. (σελ. 53)
- [6] AI Grid Analytics in a Substation for the Grid of the Future – AI innovations with digitalization can accelerate the energy transition by Mital Kanabar, GE Grid Solutions, Canada, Sudhanshu Mishra and Balakrishna Pamulaparthu, GE Grid Solutions, India, and Claudia Cosoreanu, Global PM & CTO (σελ. 54-59)
- [7] Efficient Fault Prediction Solution - Leveraging AI and Digitalized Infrastructure by Karl Backstrom, Eneryield, Sweden, Petri Hovila and Anna Kulmala, ABB, Finland, Ebrahim Balouji, Eneryield, Sweden (σελ. 78- 83)



## Σχέδιο για τη Μετάβαση της Ελλάδας στην Εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης



Η μελέτη της Συμβουλευτικής Επιτροπής εξετάζει την εκθετική πρόοδο που έχει σημειώσει ο τομέας της Τεχνητής Νοημοσύνης, δημιουργώντας μοναδικές ευκαιρίες για τον μετασχηματισμό ποικίλων πτυχών της ανθρώπινης δραστηριότητας, με θετικές προεκτάσεις στην κοινωνία και στην οικονομία, τόσο σε εθνικό όσο και σε διεθνές επίπεδο.

Η μελέτη, η οποία βασίζεται σε εκτενή έρευνα και διαβουλεύσεις με ειδικούς από την Ελλάδα και το εξωτερικό, όπως ο Κωνσταντίνος Δασκαλάκης, Καθηγητής MIT, Επικεφαλής της Ερευνητικής Μονάδας «Αρχιμήδης» του Ερευνητικού Κέντρου «Αθηνά», και ο Καθηγητής Τίμος Σελλής, Διευθυντής της Ερευνητικής Μονάδας «Αρχιμήδης» του Ερευνητικού Κέντρου «Αθηνά», αναλύει τις αρχές που οφείλουν να διέπουν μία εθνική στρατηγική, τη μεθοδολογία που υιοθετήθηκε, καθώς και έξι εμβληματικά έργα που έχουν τη δυνατότητα να μετασχηματίσουν την Ελλάδα στον τομέα της Τεχνητής Νοημοσύνης. Παράλληλα, εξετάστηκαν διεθνείς στρατηγικές και βέλτιστες πρακτικές, όπως αυτές που παρουσιάζονται σε εκθέσεις του ΟΟΣΑ και άλλων φορέων. Η προσέγγιση αυτή διασφάλισε ότι οι

προτάσεις της Επιτροπής ευθυγραμμίζονται με τις διεθνείς τάσεις, ενώ ταυτόχρονα λαμβάνουν υπόψη τις εθνικές ανάγκες και ιδιαιτερότητες. Η διαμόρφωση της στρατηγικής βασίστηκε σε μια συνεργατική προσέγγιση διασφαλίζοντας ότι η στρατηγική είναι τόσο ολοκληρωμένη όσο και κατάλληλη για τις ιδιαίτερες προκλήσεις και ανάγκες της Ελλάδας.

Τα δύο πρώτα κεφάλαια περιγράφουν το πλαίσιο και τη μεθοδολογία της Επιτροπής, ενώ τα επόμενα κεφάλαια επικεντρώνονται σε τέσσερις βασικούς τομείς: την καινοτομία και επιχειρηματικότητα, την εκπαίδευση και έρευνα, το κανονιστικό πλαίσιο και τις εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης στο Κράτος. Συγκεκριμένα, το Κεφάλαιο 3 εξετάζει πώς η Τεχνητή Νοημοσύνη μπορεί να προωθήσει την καινοτομία και να ενισχύσει το επιχειρηματικό οικοσύστημα, καθιστώντας την Ελλάδα έναν ελκυστικό κόμβο για νεοφυείς επιχειρήσεις και επενδύσεις. Το Κεφάλαιο 4 δίνει έμφαση στην ενίσχυση της εκπαίδευσης και της έρευνας, απαραίτητων για την ανάπτυξη δεξιοτήτων και την προαγωγή γνώσης στον τομέα της Τεχνητής Νοημοσύνης. Το Κεφάλαιο 5 διερευνά το κανονιστικό πλαίσιο, τονίζοντας τη σημασία της υπεύθυνης και ασφαλούς χρήσης της Τεχνητής Νοημοσύνης. Το Κεφάλαιο 6 προτείνει τρόπους για την εφαρμογή της τεχνολογίας στο δημόσιο τομέα, με στόχο τη βελτίωση της αποδοτικότητας και της διαφάνειας.

Το Σχέδιο περιλαμβάνει επίσης δυο ενδιαφέροντα Παραρτήματα. Στο Παράρτημα I παρουσιάζονται οι κατευθυντήριες γραμμές λειτουργίας με την τεχνητή νοημοσύνη. Τέλος, στο Παράρτημα II αναλύονται οι αρμοδιότητες του Επικεφαλής Στρατηγικής Τεχνητής Νοημοσύνης (Chief AI Strategy Officer) οι οποίες αφορούν τη χαρτογράφηση και τη

διακυβέρνηση των δεδομένων καθώς και τον στρατηγικό σχεδιασμό και την εποπτεία στον τομέα της Τεχνητής Νοημοσύνης.

Σχετικά με τον Κλάδο της Ενέργειας και την Κλιματική Αλλαγή σημειώνουμε ότι γίνονται αρκετές αναφορές σε δυνητικές εφαρμογές της Τεχνητής Νοημοσύνης. Η δημιουργία ενός AI Factory στην Ελλάδα θα λειτουργεί ως επιταχυντής για την ανάπτυξη νεοφυών επιχειρήσεων ΤΝ σε βασικούς τομείς και κλάδους όπως της Ενέργειας (Υπηρεσίες που σχετίζονται με τον ενεργειακό τομέα) και ως καταλύτης για την ταχύτερη διάχυση των ικανοτήτων της ΤΝ στο ελληνικό εταιρικό οικοσύστημα. Επίσης, προτείνεται η ίδρυση νέων — πιθανώς κοινών — μεταπτυχιακών τίτλων σπουδών ή εξειδικεύσεων σε υπάρχοντα προγράμματα σπουδών, που θα συνδυάζουν την εκπαίδευση στην ΤΝ με δεξιότητες συγκεκριμένων τομέων λχ ΤΝ και Ενέργεια.

Το κείμενο της μελέτης βρίσκεται [εδώ](#).

### Pharos: Το 1<sup>ο</sup> Ελληνικό Εργοστάσιο Τεχνητής Νοημοσύνης (AI Factory)

Η Ελλάδα είναι μία από τις επτά χώρες της Ε.Ε. όπου θα δημιουργηθούν τα πρώτα εργοστάσια τεχνητής νοημοσύνης με ευρωπαϊκή και εθνική χρηματοδότηση. Μετά την πρόσφατη ευρωπαϊκή έγκριση, η έναρξη των εργασιών για τη δημιουργία του Pharos αναμένεται τον Μάρτιο του 2025. Το Pharos θα παρέχει ένα ολοκληρωμένο οικοσύστημα για την ανάπτυξη και υιοθέτηση της τεχνητής νοημοσύνης εστιάζοντας σε 3 στρατηγικούς πυλώνες: Υγεία, Αειφορία, και Πολιτισμός/Γλώσσα. Αναφορικά με την Αειφορία, για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών και των σύγχρονων ενεργειακών απαιτήσεων, το Pharos θα υποστηρίζει λύσεις βασισμένες στην τεχνητή νοημοσύνη για τη διαχείριση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και τη μείωση του αποτυπώματος άνθρακα, ενώ θα παρέχει προηγμένη ανάλυση μετεωρολογικών και κλιματολογικών εν γένει δορυφορικών δεδομένων από το Εθνικό Δορυφορικό Πρόγραμμα. Το Pharos θα υποστηρίζεται από τον υπερυπολογιστή «[DAEDALUS](#)», ο οποίος θα ανήκει στο top500 υπολογιστών του κόσμου με υπολογιστική ισχύ > 60Petaflops. Το DAEDALUS θα δημιουργηθεί έως το φθινόπωρο του 2025 σε χώρο που παραχωρεί η Εταιρεία Αξιοποίησης και Διαχείρισης της Περιουσίας του ΕΜΠ (ΕΑΔΙΠ-ΕΜΠ) στο Τεχνολογικό Πάρκο του Λαυρίου όπου εκεί αναμένεται να δημιουργηθεί και το πρώτο Ελληνικό Εργοστάσιο Τεχνητής Νοημοσύνης.



*Συμβολική εικόνα για τα Ευρωπαϊκά Εργοστάσια Τεχνητής Νοημοσύνης.*

## Πεπραγμένα CIGRE PARIS SESSION 2024

του Χαράλαμπου Πήτα

Η Σύνοδος της Διεθνούς Επιτροπής CIGRE πραγματοποιείται ανά διετία στο Παρίσι εδώ και 100 χρόνια. Η CIGRE προετοιμάζει και οργανώνει ένα παγκόσμιο πρόγραμμα ανάπτυξης συνεργασίας και ανταλλαγής τεχνικών γνώσεων και εμπειριών, με τη συμμετοχή αναγνωρισμένων ειδικών από όλο τον κόσμο. Αποτελεί την κορυφαία παγκόσμια εκδήλωση αφιερωμένη στην αναδυόμενη τεχνογνωσία και τις νέες προκλήσεις στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ).

Φέτος, η 50η Σύνοδος Paris Session 2024 της CIGRE ξεκίνησε στο Palais des Congrès την Κυριακή 25 Αυγούστου 2024 με τα εγκαίνια της Διεθνούς Τεχνικής Έκθεσης (Technical Exhibition) με σύνολο 310 εκθετών (εκ των οποίων οι 20 ήταν χορηγοί της Συνόδου) σε 17,300 τμ, την εναρκτήρια ομιλία του αφυπηρητήσαντος Προέδρου της CIGRE κ. Michel AUGONNET και την προσκεκλημένη ομιλία του κ. Keisuke SADAMORI, Director of Energy Markets and Security της International Energy Agency (IEA). Κατόπιν έγινε η απονομή των βραβείων της CIGRE. Ειδικότερα, CIGRE Medal έλαβαν ο κ. Mladen KEZUNOVIC και ο κ. Ja-Yoon KOO, ενώ βραβεύτηκαν για την προσφορά τους 5 Fellow Members, 9 Honorary Members, 6 Μέλη στην κατηγορία Women in Energy, και 5 μέλη στην κατηγορία Next Generation Network.

Την επόμενη μέρα, Δευτέρα 26 Αυγ. 2024, η Σύνοδος ξεκίνησε τις εργασίες με το Opening Panel με θεματολογία «A Roadmap to Energy Systems of the Future: Decarbonization with Flexibility and Resilience» οργανωμένο σε 3 forum: 1) Power Grids and Supply Viewpoints, 2) Distribution Companies Viewpoints, 3) Regulatory and Market aspects of DER. Τη Σύνοδο παρακολούθησαν περίπου 11.215 συμμετέχοντες του κλάδου της ηλεκτρικής ενέργειας από 100+ χώρες, συμπεριλαμβανομένων 4.575 διεθνών ειδικών και άλλων υπευθύνων λήψης αποφάσεων συμβάλλοντας σε μια δυναμική ανταλλαγή ιδεών, εμπειριών και τεχνολογικών επιτευγμάτων. Συνολικά διεξήχθησαν 160+ συνεδριάσεις εργασίας (working meetings) και περισσότερες από 30 συνεδριάσεις των 16 Επιτροπών Μελέτης (Study Committees, SCs).

Αξιοσημείωτο είναι ότι έως την Παρασκευή 30 Αυγ. 2024, παρουσιάστηκαν συνολικά 1187 επιστημονικές/τεχνικές εργασίες (papers) από 99 χώρες που καλύπτουν την περιοχή των ΣΗΕ από άκρο σε άκρο, καταναμημένες σε 45 θεματικές περιοχές (Preferential Subjects, PS). Επιπλέον, οργανώθηκαν 16 tutorials και 9 θεματικά workshops από τις Επιτροπές Μελέτης (Study Committees-SCs). Παράλληλα, οι συμμετέχοντες είχαν την ευκαιρία να συνομιλήσουν κατ' ιδίαν με τους συγγραφείς στα 17 θεματικά Poster Sessions.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η κατανομή των εργασιών ανά Group, Study Committee (με σύνδεσμο σε Special Report ανά SC) και Preferential Subject και την σύνοψη στον Πίνακα 1.

Η Ελληνική Επιτροπή Cigre είχε μια αξιοπρόσεκτη συμμετοχή στη Σύνοδο με 16 εργασίες. Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι τίτλοι των εργασιών με συγγραφείς μέλη της ΕΕ CIGRE.

## Group A – Equipment

- [A1 - Power generation and electromechanical energy conversion](#) (29 papers)
  - PS1 - Rotating Electrical Machines and the Energy Transition
  - PS2 - Evolution and Development
  - PS3 - Keeping the Lights on
- [A2 - Power transformers and reactors](#) (102 papers)
  - PS1 - Design of Resilient Transformers
  - PS2 - Advances in Transformer Analytics
  - PS3 - Reliability of Transformers for Renewable Energy
- [A3 - Transmission and distribution equipment](#) (78 papers, 1 from Greece)
  - PS1 - Energy Transition Involving T&D Equipment
  - PS2 - Lowering the Carbon Footprint of T&D Equipment
  - PS3 - Maintaining and Management T&D Assets

## Group B – Technologies

- [B1 - Insulated cables](#) (85 papers, 4 from Greece)
  - PS1 - Learning from Experiences
  - PS2 - Future Functionalities and Applications
  - PS3 - Towards Sustainability
- [B2 - Overhead lines](#) (96 papers, 2 from Greece)
  - PS1 - Challenges from Renewables Integration and Influences of Energy Transition on OHL
  - PS2 - Asset Management, Strategies, Technologies and Methods for OHL
  - PS3 - Impacts from Climate Change on OHL
- [B3 - Substations and electrical installations](#) (65 papers)
  - PS1 - Challenges and New Solutions in T&D Substation Design and Construction for Energy Transition
  - PS2 - Return on Operational Experiences for Substation Management
- [B4 - DC systems and power electronics](#) (99 papers)
  - PS1 - Dc Equipment and Systems
  - PS2 - Facts and Power Electronics
  - PS3 - New Technologies and Concepts of Dc and Facts Enabling Energy Transition

- [B5 - Protection and automation](#) (104 papers, 2 from Greece)
  - PS1 - Practical Experiences and New Developments of Process Bus
  - PS2 - Acceptance, Commissioning, and Field Testing for Protection, Automation and Control Systems

### Group C – Systems

- [C1 - Power system development and economics](#) (71 papers)
  - PS1 - Steering the Energy Transition: Cooperation, Achieving Top-down Targets Through Bottom-up Investment Decisions
  - PS2 - Flexibility as Pivotal Criterion for System Development
  - PS3 - Resilience as Pivotal Criterion for System Development
- [C2 - Power system operation and control](#) (55 papers, 2 from Greece)
  - PS1 - Create Operational Resilience to Extreme/unpredictable Events
  - PS2 - Changes on System Operation and Control Considering the Energy Transition
- [C3 - Power system sustainability and environmental performance](#) (44 papers)
  - PS1 - Public Acceptance and Stakeholder Engagement in Power System Generation, Transmission & Distribution Infrastructures
  - PS2 - Climate Change and Impact on Power System, a Holistic Approach
  - PS3 - Sustainability Starting for the Supply Chain
- [C4 - Power system technical performance](#) (83 papers, 2 papers from Greece)
  - PS1 - Power System Dynamic Analysis in the Energy Transition: Challenges, Opportunities and Advances
  - PS2 - Power Quality (PQ) and Electromagnetic Compatibility (EMC) Analysis in the Energy Transition: Challenges, Opportunities and Advances
  - PS3 - Insulation Co-ordination and Lightning Interference Analysis: Challenges, Opportunities and Advances
- [C5 - Electricity markets and regulation](#) (57 papers, 1 from Greece)
  - PS1 - Characteristics of a Resilient Market and Its Regulatory Regime
  - PS2 - Preparing for the Future with Moving Targets
  - PS3 - Emerging Markets and Forms of Markets
- [C6 - Active distribution systems and distributed energy resources](#) (78 papers, 1 from Greece)
  - PS1 - Flexibility Management in Distribution Networks

- PS2 - Power Electronic Based Solutions for Smart Distribution Systems
- PS3 - Rural, Islanded and Industrial Electrification Standards, Practices and Technology Options

#### Group D – New Materials and IT

- [D1 - Materials and emerging test techniques](#) (65 papers)
  - PS1 - Testing, Monitoring and Diagnostics
  - PS2 - Materials for Electrotechnical Technical Purposes and Modelling
  - PS3 - Materials to Enable the Energy Transition
- [D2 - Information systems telecommunications and cybersecurity](#) (76 papers, 1 from Greece)
  - PS1 - IT/OT Solutions to Improve the Efficiency and Resilience of Electric Power Systems
  - PS2 - Cybersecurity in Emerging Application Domains and Technologies for Securing Energy Organisations
  - PS3 - Meeting the Challenges of Energy Transition with Reliable, Scalable, and Efficient Telecommunications Networks



Πίνακας 1. Συγκεντρωτικός πίνακας των 16 εργασιών στη 50η Σύνοδο Παρισίου της CIGRE.

Group	Study Committee	Preferential Subjects, PS	Total	Greece		
Group A – Equipment	A1 - Power Generation and Electromechanical Energy Conversion	PS1 - Rotating Electrical Machines and the Energy Transition	9	0	0	
		PS2 - Evolution and Development	8	0		
		PS3 - Keeping the Lights on	12	0		
	A2 - Power Transformers and Reactors	PS1 - Design of Resilient Transformers	37	0	0	
		PS2 - Advances in Transformer Analytics	51	0		
		PS3 - Reliability of Transformers for Renewable Energy	14	0		
	A3 Transmission and Distribution Equipment	PS1 - Energy Transition Involving T&D Equipment	13	0	1	
		PS2 - Lowering the Carbon Footprint of T&D Equipment	32	0		
		PS3 - Maintaining and Management T&D Assets	33	1		
Group B – Technologies	B1 - Insulated Cables	PS1 - Learning from Experiences	56	3	4	
		PS2 - Future Functionalities and Applications	20	1		
		PS3 - Towards Sustainability	9	0		
	B2 - Overhead Lines	PS1 - Challenges from Renewables Integration and Influences of Energy Transition on OHL	35	1	2	
		PS2 - Asset Management, Strategies, Technologies and Methods for OHL	44	1		
		PS3 - Impacts from Climate Change on OHL	17	0		
	B3 - Substations and Electrical Installations	PS1 - Challenges and New Solutions in T&D Substation Design and Construction for Energy Transition	18	0	0	
		PS2 - Return on Operational Experiences for Substation Management	47	0		
	B4 - Dc Systems and Power Electronics	PS1 - Dc Equipment and Systems	49	0	0	
		PS2 - Facts and Power Electronics	16	0		
		PS3 - New Technologies and Concepts of DC and Facts Enabling Energy Transition	34	0		
	B5 - Protection and Automation	PS1 - Practical Experiences and New Developments of Process Bus	45	0	2	
		PS2 - Acceptance, Commissioning, and Field Testing for Protection, Automation and Control Systems	59	2		
	Group C – Systems	C1 - Power System Development and Economics	PS1 - Steering the Energy Transition: Cooperation, Achieving Top-down Targets Through Bottom-up Investment Decisions	29	0	0
			PS2 - Flexibility as Pivotal Criterion for System Development	30	0	
PS3 - Resilience as Pivotal Criterion for System Development			12	0		
C2 - Power System Operation and Control		PS1 - Create Operational Resilience to Extreme/Unpredictable Events	24	0	2	
		PS2 - Changes on System Operation and Control Considering the Energy Transition	31	2		
C3 - Power System Sustainability and Environmental Performance		PS1 - Public Acceptance and Stakeholder Engagement in Power System Generation, Transmission & Distribution Infrastructures	12	0	0	
		PS2 - Climate Change and Impact on Power System, a Holistic Approach	21	0		
		PS3 - Sustainability Starting for the Supply Chain	11	0		
C4 - Power System Technical Performance		PS1 - Power System Dynamic Analysis in the Energy Transition: Challenges, Opportunities and Advances	41	2	2	
		PS2 - Power Quality (Pq) and Electromagnetic Compatibility (EMC) Analysis in the Energy Transition: Challenges, Opportunities and Advances	19	0		
		PS3 - Insulation Co-ordination and Lightning Interference Analysis: Challenges, Opportunities and Advances	23	0		
C5 - Electricity Markets and Regulation		PS1 - Characteristics of a Resilient Market and Its Regulatory Regime	8	0	1	
		PS2 - Preparing for the Future with Moving Targets	32	1		
		PS3 - Emerging Markets and forms of Markets	17	0		
C6 - Active Distribution Systems and Distributed Energy Resources		PS1 - Flexibility Management in Distribution Networks	50	1	1	
	PS2 - Power Electronic Based Solutions for Smart Distribution Systems	12	0			
	PS3 - Rural, Islanded and Industrial Electrification Standards, Practices and Technology Options	16	0			
Group D – New Materials and IT	D1 - Materials and Emerging Test Techniques	PS1 - Testing, Monitoring and Diagnostics	35	0	0	
		PS2 - Materials for Electrotechnical Technical Purposes and Modelling	24	0		
		PS3 - Materials to Enable the Energy Transition	6	0		
	D2 - Information Systems, Telecommunications and Cybersecurity	PS1 - IT/OT Solutions to Improve the Efficiency and Resilience of Electric Power Systems	40	1	1	
		PS2 - Cybersecurity in Emerging Application Domains and Technologies for Securing Energy Organisations	13	0		
		PS3 - Meeting the Challenges of Energy Transition with Reliable, Scalable, and	23	0		
<b>Sum</b>			<b>1187</b>	<b>16</b>		

Πίνακας 2. Τίτλοι των 16 Εργασιών από Μέλη της ΕΕ CIGRE στη Σύνοδο Παρισίου 2024.

<p><b>A3 – TRANSMISSION AND DISTRIBUTION EQUIPMENT</b></p> <p><b>ID: 11015</b>  <b>A3 TRANSMISSION AND DISTRIBUTION EQUIPMENT - Full Papers</b>  <i>Topics:</i> A3 PS3 - Maintaining and Management T&amp;D Assets  <i>Keywords:</i> Asset Performance Management System (APMS), Condition Based Maintenance Strategy, Assets Health Index (AHI), Risk Indices, AHI methodology, APMS roadmap, Online Monitoring Systems, Real-time DataHub, IT solution architecture, Data management</p> <p><b>Asset Performance Management System Design for a Modern TSO</b>  <b>Ales HVALA<sup>1</sup>, Andrej F. GUBINA<sup>2</sup>, Despoina MAKRIDOU<sup>3</sup>, Anastasios PATSIOTIS<sup>3</sup></b>  <sup>1</sup>Blueprint Energy Solutions, Austria; <sup>2</sup>IRI UL, Slovenia; <sup>3</sup>TSO Greece</p>
<p><b>B1 – INSULATED CABLES</b></p> <p><b>ID: 11307</b>  <b>B1 INSULATED CABLES - Full Papers</b>  <i>Topics:</i> B1 PS1 - Learning from Experiences  <i>Keywords:</i> Ampacity, Cable, Harmonic, Triplen</p> <p><b>Cable Current rating in the presence of Harmonics</b>  <b>Andreas CHRYSOCHOS, Konstantina BITSI, Iordanis CHALEPLIDIS, Dimitrios CHATZIPETROS, Varvara RIZOU, Vasileios KANAS</b>  Hellenic Cables, Greece</p>
<p><b>ID: 11308</b>  <b>B1 INSULATED CABLES - Full Papers</b>  <i>Topics:</i> B1 PS1 - Learning from Experiences  <i>Keywords:</i> Cable System, Direct Cross Bonding, Insulation Coordination, Lightning, Overvoltage</p> <p><b>Evaluation of Cable Bonding Scheme under Lightning Overvoltages in HVAC Modern Siphon Systems</b>  <b>Christos TRAIANOS<sup>1</sup>, Iordanis CHALEPLIDIS<sup>2</sup>, Andreas CHRYSOCHOS<sup>2</sup>, Dimitrios CHATZIPETROS<sup>2</sup></b>  <sup>1</sup>Electrical Engineer, Greece; <sup>2</sup>Hellenic Cables, Greece</p>
<p><b>ID: 11311</b>  <b>B1 INSULATED CABLES - Full Papers</b>  <i>Topics:</i> B1 PS1 - Learning from Experiences  <i>Keywords:</i> FEM, Modeling, Rigid Joint, Submarine Cable.</p> <p><b>Modeling of the Thermoelectric Performance of Offshore Power Cable Joints</b>  <b>Konstantina BITSI, Dimitrios CHATZIPETROS, Andreas CHRYSOCHOS, Vasileios KANAS</b>  Hellenic Cables, Greece</p>
<p><b>ID: 11050</b>  <b>B1 INSULATED CABLES - Full Papers</b>  <i>Topics:</i> B1 PS2 - Future Functionalities and Applications  <i>Keywords:</i> Cable Ampacity, Cable Dimensioning, Dynamic Load Curve, HVDC Export Cable, Meshed Grid</p> <p><b>Cable Dimensioning based on Wind Predictions in an Offshore Meshed Network</b>  <b>Tom EGAN<sup>1</sup>, Vasileios L. KANAS<sup>2</sup>, Andreas I. CHRYSOCHOS<sup>2</sup>, Nikolaos Ion BATISTATOS<sup>2</sup>, Maryam ZADFALLAH<sup>1</sup>, Henry ABRAMS<sup>1</sup>, Casey FONTANA<sup>1</sup></b>  <sup>1</sup>Invenergy, United States of America; <sup>2</sup>Hellenic Cables, Greece</p>
<p><b>B2 - OVERHEAD LINES</b></p> <p><b>ID: 11717</b>  <b>B2 OVERHEAD LINES - Full Papers</b>  <i>Topics:</i> B2 PS1 - Challenges from Renewables Integration and Influences of Energy Transition on OHL  <i>Keywords:</i> power system, overhead line, dynamic line rating, dynamic modeling</p> <p><b>Dynamic modeling and analysis of a DLR System towards increasing overhead transmission Lines ampacity</b>  <b>Jemma MAKRYGIORGOU, Christos – Spyridon KARAVAS, Ioannis MORAITIS, Efthimia CHASSIOTI, Jun RONG</b>  Department of Research Technology &amp; Development, Independent Power Transmission Operator (IPTO) S.A., Athens, Greece</p>
<p><b>ID: 11710</b>  <b>B2 OVERHEAD LINES - Full Papers</b>  <i>Topics:</i> B2 PS2 - Asset Management, Strategies, Technologies and Methods for OHL  <i>Keywords:</i> UAVs, OHL Inspection, Fault Detection, Machine Learning, Drones, Artificial Intelligence</p> <p><b>The Innovative Project “ALTITUDE” - Automatic aerial Network inspection using Drones and Machine Learning</b>  <b>Georgios CHATZARGYROS<sup>1</sup>, Vasiliki KOTOULA<sup>1</sup>, Evangelia RIGATI<sup>1</sup>, Dimitrios STIMONIARIS<sup>2</sup>, Dimitrios TSIAMITROS<sup>2</sup>, Apostolos PAPAΚONSTANTINOY<sup>3</sup>, Argyrios MOUSTAKAS<sup>3</sup>, Dimitrios SIMOS<sup>3</sup>, Georgios LOUKOS<sup>4</sup>, Sotirios CHRISTOPOULOS<sup>4</sup>, Georgios DOUKAKIS<sup>4</sup>, Konstantinos MARIOLIS<sup>4</sup>, Konstantinos KAOUSIAS<sup>4</sup></b>  <sup>1</sup>Renel I.K.E, Greece; <sup>2</sup>INNORA, Greece; <sup>3</sup>SciDrones, Greece; <sup>4</sup>Hellenic Electricity Distribution Network Operator (HEDNO), Greece</p>



## B5 - PROTECTION AND AUTOMATION

**ID: 10630**

**B5 PROTECTION AND AUTOMATION - Full Papers**

*Topics:* B5 PS2 - Acceptance, Commissioning, and Field Testing for Protection, Automation and Control Systems

**Development and Implementation of a WAMPAC Algorithm for Detecting Real-Time Voltage Instability Phenomena in Electric Power Systems**

Anibal Antonio PRADA HURTADO<sup>1</sup>, Eduardo MARTINEZ CARRASCO<sup>1</sup>, Jose SALDANA<sup>1</sup>, Carlos ALBERO CASTILLÓN<sup>1</sup>, Konstantinos F. KROMMYDAS<sup>2</sup>, Christos-Spyridon G. KARAVAS<sup>2</sup>, Konstantinos A. PLAKAS<sup>2</sup>, Efthimia CHASSIOTI<sup>2</sup>, Ioannis MORAITIS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>CIRCE Technological Centre, Spain; <sup>2</sup>Indep. Power Transmission Operator, Greece

**ID: 11745**

**B5 PROTECTION AND AUTOMATION - Full Papers**

*Topics:* B5 PS2 - Acceptance, Commissioning, and Field Testing for Protection, Automation and Control Systems

*Keywords:* Protection coordination, protection relay, transmission network, wide area assessment

**A wide Area protection coordination assessment for the Albanian transmission System**

Aristotelis TSIMTSIOS<sup>1</sup>, Vassilis PAPASPILIOTOPOULOS<sup>1</sup>, Vassilis KLEFTAKIS<sup>1</sup>, Mohammad DJAMALI<sup>2</sup>, Ralf KYNAST<sup>3</sup>, Elgi HAXHIRAJ<sup>4</sup>

<sup>1</sup>PROTASIS SA, Greece; <sup>2</sup>Fichtner GmbH & Co. KG, Germany; <sup>3</sup>KfW Development Bank, Germany; <sup>4</sup>OST sh.a., Albania

## C2 - POWER SYSTEM OPERATION AND CONTROL

**ID: 11182**

**C2 POWER SYSTEM OPERATION AND CONTROL - Full Papers**

*Topics:* C2 PS2 - Changes on System Operation and Control Considering the Energy Transition

*Keywords:* Island System, Load Sharing, Power/Frequency Control, Isochronous, Secondary Control, Hybrid Station, Storage

**Power sharing and secondary frequency control for Greek island systems supplied by RES+storage hybrid stations and thermal generating plants**

Apostolos PAPAKONSTANTINOY, Georgios PSARROS, Stavros PAPATHANASSIOU

National Technical University of Athens (NTUA), Greece

**ID: 11185**

**C2 POWER SYSTEM OPERATION AND CONTROL - Full Papers**

*Topics:* C2 PS2 - Changes on System Operation and Control Considering the Energy Transition

*Keywords:* Non-Interconnected, Isolated Microgrids, Renewable Energy, Wind Park, Control, SCADA

**Advanced functionalities for managing Wind Parks in non-interconnected Islands**

Stefanos KOKKINELIS, Despoina KOUKOULA, Charalampos PAPPAS, Eleni LAMPRINIDI, Argyro MAGKANIOTI, Konstantinos KAOUSIAS, Andreas REPPAS, Theodora PATSAKA

HEDNO S.A., Greece

## C4 - POWER SYSTEM TECHNICAL PERFORMANCE

**ID: 11302**

**C4 POWER SYSTEM TECHNICAL PERFORMANCE - Full Papers**

*Topics:* C4 PS1 - Power System Dynamic Analysis in the Energy Transition: Challenges, Opportunities and Advances

*Keywords:* Phasor Measurement Units, Real Time Monitoring, Voltage Stability Assessment, Power System Security, Oscillation Damping

**PMU Applications for Voltage Stability monitoring and Oscillation analysis**

Costas VOURNAS<sup>1</sup>, Panos MANDOULIDIS<sup>1</sup>, Orestis DARMIS<sup>1</sup>, Spiros CHOUNTASIS<sup>2</sup>, Stavros TSAKIRIS<sup>2</sup>, George KORRES<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ECE NTUA, Greece; <sup>2</sup>IPTO, Greece

**ID: 11748**

**C4 POWER SYSTEM TECHNICAL PERFORMANCE - Full Papers**

*Topics:* C4 PS1 - Power System Dynamic Analysis in the Energy Transition: Challenges, Opportunities and Advances

*Keywords:* Data Center, Generator Pool, Pulse Load, Model Validation, Dynamic Security

**Evaluation of the robust operation of a diesel Generator Pool in new proposed Data Center electrical topology considering specific Generator manufacturer**

Georgios KARVELIS<sup>1</sup>, Christos AGATHOKLEOUS<sup>1</sup>, Vassilis BAKOLAS<sup>1</sup>, Drazena BROCILO<sup>2</sup>, John WILTSHIRE<sup>2</sup>, Salver CORHODZIC<sup>2</sup>

<sup>1</sup>PROTASIS SA, Greece; <sup>2</sup>META, USA

## C5 - ELECTRICITY MARKETS AND REGULATION

**ID: 11178**

**C5 ELECTRICITY MARKETS AND REGULATION - Full Papers**

*Topics:* C5 PS2 - Preparing for the Future with Moving Targets

*Keywords:* Renewable Energy, Storage, Grid Congestion, Connection Agreement, Power Limitation, Hosting Capacity

**Connection agreements subject to limitations for renewable generation and storage facilities in Greece**

Apostolos PAPAKONSTANTINOY, Evangelos CHATZISTYLIANOS, Georgios PSARROS, Stavros PAPATHANASSIOU

National Technical University of Athens (NTUA), Greece

## C6 - ACTIVE DISTRIBUTION SYSTEMS AND DISTRIBUTED ENERGY RESOURCES

**ID: 11702**

C6 ACTIVE DISTRIBUTION SYSTEMS AND DISTRIBUTED ENERGY RESOURCES - Full Papers

*Topics:* C6 PS1 - Flexibility Management in Distribution Networks

*Keywords:* Hybrid power, non-interconnected islands, Pelton turbine, deflector control, needle control, primary frequency response

**The challenge of smooth cooperation of hydroelectric Turbines with thermal Units to provide FCR and aFRR in a NonInterconnected Island**

Anastasios TSOUMANIS<sup>1</sup>, Stefanos KOKKINELIS<sup>2</sup>, Konstantinos NATSIS<sup>1</sup>, Stavros PAPATHANASSIOU<sup>3</sup>, Despoina KOUKOULA<sup>2</sup>, Charalampos PAPPAS<sup>2</sup>, Eleni LAMPRINIDI<sup>2</sup>, Theodora PATSAKA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> PPC Renewables S.M.S.A., Greece; <sup>2</sup> Hellenic Electricity Distribution Network Operator S.A., Greece; <sup>3</sup> National Technical University of Athens, Greece

## D2 - INFORMATION SYSTEMS, TELECOMMUNICATIONS AND CYBERSECURITY

**ID: 11304**

D2 INFORMATION SYSTEMS, TELECOMMUNICATIONS AND CYBERSECURITY - Full Papers

*Topics:* D2 PS1 - IT/OT Solutions to improve the Efficiency and Resilience of Electric Power Systems

*Keywords:* Energy, Residential Load Consumption, Electricity Forecasting, Long Short-Term Memory, Multilayer Perceptron

**State-of-the-Art Algorithms for short-term residential Load forecasting for Smart Grids**

Vasileios LAITSOS<sup>1</sup>, Georgios VONTZOS<sup>2</sup>, Georgios LOUKOS<sup>1</sup>, Paschalis PARASCHOUDIS<sup>1</sup>, Sotiris CHRISTOPOULOS<sup>1</sup>, Konstantinos KAOUSIAS<sup>1</sup>, Katerina DRIVAKOU<sup>3</sup>, Despoina MAKRYGIORGOU<sup>4</sup>, Dimitrios BARGIOTAS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Hellenic Electricity Distribution Network Operator, Greece; <sup>2</sup>Univ. of Thessaly - Dept. of Elec. and Comp. Eng., Greece;

<sup>3</sup> UBITECH ENERGY, Belgium; <sup>4</sup>Independent Power Transmission Operator, Greece

## Εκλογή του Επίτιμου Μέλους της ΕΕ CIGRE κ. Κωνσταντίνου Παπαηλιού, Καθηγητή Επί Τιμή στο TU Dresden, στη θέση του Προέδρου της Διεθνούς CIGRE

Την Τετάρτη 28 Αυγ. 2024, ένα σημαντικό γεγονός έλαβε χώρα στη 50<sup>η</sup> Σύνοδο Παρισίου, αφού πραγματοποιήθηκε [αλλαγή σκυτάλης στη Διοικητική Ομάδα της CIGRE](#) και μέσα σε ένα θερμό και ενθουσιώδες κλίμα ο **κ. Κωνσταντίνος Παπαηλιού**, Επίτιμος Καθηγητής του Πολυτεχνείου Δρέσδης, εκλέχθηκε ως ο νέος Πρόεδρος της CIGRE, μιας διεθνούς κοινότητας αποτελούμενη από [61](#) Εθνικές Επιτροπές (National Committees, NC), με εμβέλεια σε 90+ χώρες και εκπροσώπηση 17.500+ ατομικών μελών και 1.250 συλλογικών μελών οργανισμών/εταιριών.

*Η Ε.Ε. Cigre συγχαίρει θερμά τον κ. Παπαηλιού, ο οποίος είναι Επίτιμο Μέλος της, για την επάξια εκλογή του και του εύχεται κάθε επιτυχία στον νέο ηγετικό και καθοδηγητικό ρόλο που αναλαμβάνει στο πλαίσιο της διεθνούς Cigre.*



Εικόνα 1. Συνέντευξη στο CIGRE TV του κ. Παπαηλιού ως Πρόεδρος CIGRE. Περισσότερα [εδώ](#).



Εικόνα 2. Η νέα σύνθεση της ηγετικής ομάδας της CIGRE. Το σχετικό δελτίο τύπου [\[1\]](#) και η νέα σύνθεση της ΓΣ [\[2\]](#).



Ο **Κωνσταντίνος Οθ. Παπαηλιού** (Hon. Prof. Dr. Sc. Techn. Dr. Ing. Habil.) γνωστός και ως ο πατέρας των εναέριων γραμμών στην επιστημονική κοινότητα της CIGRE, υπήρξε παγκόσμια μορφή στον χώρο, έχοντας αφιερώσει ολόκληρη την επαγγελματική και ακαδημαϊκή του σταδιοδρομία, για περισσότερα από 40 χρόνια, στα Συστήματα Ηλεκτρικής Ενέργειας και ιδιαίτερα στις εναέριες γραμμές.

Ο Κωνσταντίνος Παπαηλιού γεννήθηκε στην Αθήνα, αποφοίτησε από τη Γερμανική Σχολή Αθηνών (DSA) και σπούδασε ακολούθως στη Γερμανία με υποτροφία DAAD. Είναι Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός του Πανεπιστημίου της Μπράουνσβαϊγκ και Διπλωματούχος Πολιτικός Μηχανικός Πολυτεχνείου του Στουτγάρδης. Έλαβε το διδακτορικό του από το Ελβετικό Ομοσπονδιακό Ινστιτούτο Τεχνολογίας (ETH) της Ζυρίχης, τη διατριβή του επί υφηγεσία (Dr.-Ing. Habilitation) από το Πολυτεχνείο της Δρέσδης, όπου είναι και επίτιμος Καθηγητής. Μέχρι τη συνταξιοδότησή του, ήταν Διευθύνων Σύμβουλος του Ομίλου Pfisterer, θέση στην οποία υπηρέτησε για περισσότερα από 25 χρόνια. Ο Καθηγητής Παπαηλιού δραστηριοποιείται επίσης στην εκπαίδευση Ενεργειακών Μηχανικών, διδάσκοντας μαθήματα επιπέδου Master για γραμμές μεταφοράς υψηλής τάσης στο Πανεπιστήμιο της Στουτγάρδης και στο Πολυτεχνείο της Δρέσδης.

Κατείχε ηγετικές θέσεις σε διάφορες διεθνείς τεχνικές επιστημονικές κοινότητες και φορείς τυποποίησης και έχει συγγράψει στα Αγγλικά και Γερμανικά έναν σημαντικό αριθμό βιβλίων και περισσότερες από 100 εργασίες με 1200+ ετεροαναφορές σύμφωνα με το προφίλ του στο [Google Scholar](#). Είναι επίσης Ανώτερο Μέλος του Ινστιτούτου Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE) (Μ' 81-SΜ' 85). Το 2020, του απονεμήθηκε το μετάλλιο CIGRE Medal, η υψηλότερη διάκριση του οργανισμού για μέλη που έχουν επιδείξει εξαιρετική συνεισφορά στη CIGRE και στον τομέα της τεχνολογίας.

Ο Κωνσταντίνος Παπαηλιού ασχολείται εδώ και πολλά χρόνια ενεργά με τις δραστηριότητες της CIGRE και έχει αναλάβει επιτυχώς διάφορες τιμητικές θέσεις σε Τεχνικούς Φορείς και Ενώσεις Τυποποίησης. Ήταν Πρόεδρος της Επιτροπής Μελέτης Cigre «Overhead Lines» (SC B2) και επιμελητής του συλλογικού τόμου [CIGRE Green Book Overhead Lines](#). Έχει δημοσιεύσει πολυάριθμες εργασίες σε επαγγελματικά περιοδικά και συμμετείχε στην ομάδα συγγραφέων του [EPRI Transmission Line Reference Book: Wind-Induced Conductor Motion \(Orange Book\)](#) και είναι συν-συγγραφέας του βιβλίου [Silicone Composite Insulators: Materials, Design, Applications](#). Είναι επίσης ο ιδρυτικός αρχισυντάκτης του [CIGRE Science & Engineering Journal](#). Το 2021, ο Κωνσταντίνος Παπαηλιού επιμελήθηκε το [Springer Handbook of Power Systems](#), ένα ολοκληρωμένο εγχειρίδιο για τα συστήματα ηλεκτρικής ενέργειας. Είναι συν-συγγραφέας του βιβλίου [Overhead lines and cables in high and extra-high voltage networks](#), το οποίο κυκλοφόρησε στα Γερμανικά το 2022, ενώ η [αναθεωρημένη και εμπλουτισμένη έκδοσή](#) του κυκλοφόρησε το 2024.

## 14<sup>ο</sup> Διεθνές Συνέδριο MED POWER 2024 στην Αθήνα

Στο διάστημα 3 έως 6 Νοεμβρίου 2024, διεξήχθη με μεγάλη επιτυχία το 14ο Μεσογειακό Συνέδριο για Παραγωγή, Μεταφορά και Διανομή ηλεκτρικής Ισχύος (MEDPOWER24). Το συνέδριο ανήκει στη σειρά των συνεδρίων που πραγματοποιούνται κάθε δεύτερη χρονιά στην ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου και έχουν καθιερωθεί τα τελευταία 30 χρόνια ως ιδιαίτερα σημαντικά στον χώρο των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας.



Το Συνέδριο έλαβε χώρα στο ξενοδοχείο Royal Olympic στην Αθήνα με την υποστήριξη και της ΕΕ Cigre.

Ακολουθεί απόσπασμα το απολογιστικό Δελτίο Τύπου του Συνεδρίου

### PRESS RELEASE (απόσπασμα)

The 14th Mediterranean Conference on Power Generation Transmission, Distribution and Energy Conversion (MEDPOWER24) was held in Royal Olympic Hotel, Athens from 3rd to 6th of November 2024. The event was organized by National Technical University of Athens, University of West Attica, IET Hellas, IET Cyprus, MGPEI with the support of the CIGRE National Committee of Greece, IEEE Region 8 Young Professionals and IEEE Greece Young Professionals.

The conference left behind rich material from knowledgeable insights during the Opening Speeches (by CIGRE president Konstantin Papailiou and IPTO Director of New Projects Michalis Chatzipanos), Super Session on “Massive electrification for achieving NetZero Grid”, 6 excellent Keynote speeches by eminent speakers (Jovica V Milanović, Marija Ilic, João A. Peças Lopes, Bikash Pal, Harris Patsios, Alfredo Vaccaro) debates from 8 interesting Panel Sessions and 22 paper Sessions. The paper sessions covered a wide range of topics related to power systems, namely; Energy Demand Clustering and Monitoring, Flexibility by DER, Distribution Management Systems and Distribution Grids, Forecasting, Integrated Energy Systems, High Voltage Engineering, Power Quality and Efficiency, Energy and Ancillary Services Markets, Energy Storage, Local Energy Communities–Local Energy Markets, DER Integration in Distribution Networks, Power Electronics, Power System Planning, Inverter Dominated Power System Stability, Power System Stability and Control, Protection and State Estimation, HVDC & HVAC Transmission Systems, Condition Monitoring and Asset Management, RES Integration in Power Systems, Renewable Energy Technologies, Microgrids, Reliability and Resilience.

We are thrilled to share that the conference was attended by 276 participants from Europe, Asia and America! 121 papers were presented at the conference, from which the 3 best ones were awarded: «Key Role of AC OPF in Support of Energy Transition: The Case of Puerto Rico», "Impact Assessment of the Order Types Mix in the Greek Day-Ahead Electricity Market" and "Global Sensitivity Analysis of the Distance Protection Performance for Submarine Power Transmission Systems.

Moreover, in the framework of the conference a young professionals workshop has been organized where industry leaders shared their journeys, challenges, and innovations shaping the future of energy.

We would also like to thank everyone (participants, speakers, panelists and volunteers) for contributing to this highly successful MEDPOWER edition!



## Αφιέρωμα στα 35 χρόνια από τη μετατροπή της Ε.Ε. CIGRE σε Επιστημονική Εταιρεία

### Β' Μέρος: Απόψεις Μελών ΕΕ CIGRE (συνέχεια)

Γιώργος Γεωργαντζής  
πρώην Πρόεδρος Ε.Ε. CIGRE

#### Εισαγωγή

Στο τέταρτο τεύχος των Πυλώνων, στην στήλη των Αναδρομών, έγινε ένα αφιέρωμα στα 35 χρόνια (από το τέλος 1988 ως το 2024) από την μετατροπή της Ε.Ε. CIGRE σε Επιστημονική Εταιρεία με νομική οντότητα, δηλαδή έγινε αναφορά στην τρίτη περίοδος λειτουργίας της Ε.Ε. CIGRE ως αναγνωρισμένης από το Πρωτοδικείο Αθηνών Επιστημονικής Εταιρείας μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα. Στο δεύτερο μέρος του αφιερώματος παρουσιάστηκαν οι απαντήσεις παλαιών Μελών μας (Ιδρυτικά Μέλη, πρώην Πρόεδροι και ο νυν Πρόεδρος ) στα εξής δύο ερωτήματα:

- α) Πώς αντιλαμβάνονται τη σημασία της Διεθνούς Επιστημονικής Οργάνωσης CIGRE, και**
- β) Τι θυμούνται από την πορεία και συμβολή της Ε.Ε. CIGRE στον Ελληνικό χώρο κατά τις τελευταίες δεκαετίες.**



Στο έκτο αυτό τεύχος των Πυλώνων, παρουσιάζουμε μια συνέχεια του παραπάνω αφιερώματος με τις σκέψεις και τις απόψεις Μελών που έχουν διατελέσει Μέλη σε διάφορες θέσεις στο Διοικητικό Συμβούλιο της Εταιρείας κατά τις προηγούμενες δεκαετίες. Είναι πολύ σημαντικό να τονιστεί ότι οι προσωπικές αυτές καταθέσεις και μαρτυρίες, γεμάτες με βιώματα και εμπειρίες, μας δίνουν ένα αξιόλογο τμήμα της ιστορίας της Ε.Ε. CIGRE.

Πήραμε τις παρακάτω απαντήσεις, τις οποίες και παραθέτουμε αλφαβητικά:

- **Βιτέλλας Ισίδωρος**
- **Γεωργαντζής Γιώργος**
- **Γεωργόπουλος Θανάσης**
- **Κορωνιωτάκης Μανώλης**
- **Μαυρόματος Κώστας**
- **Ντελκής Κώστας**
- **Παπαδόπουλος Κώστας**



### α) Πώς αντιλαμβάνεστε τη σημασία της Διεθνούς Επιστημονικής Οργάνωσης CIGRE

Ως μέλος της «Επιτροπής Μελέτης D1» του Διεθνούς Συμβουλίου Μεγάλων Ηλεκτρικών Δικτύων CIGRE, με αντικείμενο «Ηλεκτροτεχνικά Υλικά και Τεχνολογίες Αιχμής», την περίοδο 1993-2010 είχα την ευκαιρία να συμμετέχω ενεργά στις εργασίες της Επιτροπής, να παρακολουθώ τις τρέχουσες τεχνολογικές εξελίξεις σχετικά με την εφαρμογή νέων συνθετικών μονωτικών υλικών και νανοϋλικών στον εξοπλισμό των Δικτύων Υψηλών Τάσεων, καθώς και στην εφαρμογή νέων διαγνωστικών ελέγχων και εργαστηριακών δοκιμών σχετικά με την γήρανση του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού στα Δίκτυα Υψηλών Τάσεων, όπως Μ/Σ ισχύος και μετρήσεων, καλώδια ΥΤ, κ.λπ.

Η Διεθνής Επιστημονική Οργάνωση CIGRE αποτελεί σημαντικό κόμβο δυναμικής ενημέρωσης και ανταλλαγής εξειδικευμένης γνώσης και εμπειρίας σε σημαντικά και επίκαιρα τεχνικά θέματα που σχετίζονται με την ασφαλή λειτουργία και την ανάπτυξη των Ηλεκτρικών Συστημάτων Υψηλών Τάσεων, καθώς και με την εφαρμογή νέων τεχνολογιών και την διερεύνηση της συμπεριφοράς του εξοπλισμού στα Δίκτυα σε διάφορες συνθήκες λειτουργίας. Επιπρόσθετα, οι Επιτροπές Μελέτης αποτελούν τον προθάλαμο επεξεργασίας νέων Κανονισμών και επικαιροποίησης υπαρχόντων για την εναρμόνιση τους σε σύγχρονες απαιτήσεις δοκιμών και ελέγχου του εξοπλισμού.

### β) Τι θυμάστε από την πορεία και συμβολή της E.E. CIGRE στον Ελληνικό χώρο κατά τις τελευταίες δεκαετίες.

Από το 1989 συμμετείχα στις εργασίες της E.E. CIGRE, αρχικά ως μέλος και ύστερα ως μέλος του Δ.Σ. σε τέσσερις θητείες. Η E.E. CIGRE με μέλη εξειδικευμένους μηχανικούς από την ΔΕΗ, τα ελληνικά Πανεπιστήμια και την ελληνική Βιομηχανία, άρχισε να αναπτύσσεται και να οργανώνεται δυναμικά από το ξεκίνημα της, με πρότυπο την δομή της Διεθνούς CIGRE, με αποτέλεσμα αρκετά μέλη της να στελεχώσουν άμεσα Επιτροπές Μελέτης και Ομάδες Εργασίας της Διεθνούς CIGRE.

Η ενεργός παρουσία των μελών αυτών στις επιστημονικές Συναντήσεις και στα Συνέδρια της Διεθνούς CIGRE και στη συνέχεια η ενεργός συμμετοχή τους στις τακτές επιστημονικές Συνόδους και Ημερίδες της E.E. CIGRE συνέβαλε στη διάχυση της επίκαιρης διεθνούς γνώσης και εμπειρίας σε εθνικό επίπεδο αναφορικά με την ασφαλή λειτουργία και την ανάπτυξη των Ηλεκτρικών Συστημάτων Υψηλών Τάσεων, καθώς και στην εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών σε αυτά.

Επιπρόσθετα, το περιβάλλον και η ζωντάνια της E.E. CIGRE συνέβαλε στην ανάπτυξη συναδελφικών δεσμών μεταξύ των μηχανικών που απασχολούνται στον χώρο της Ενέργειας στον ελληνικό χώρο, και όχι μόνο, με αποτέλεσμα την δημιουργία αμφίδρομων διαύλων επικοινωνίας και ενημέρωσης, που συμβάλουν επιτυχώς τόσο στην καταγραφή τεχνικών προβλημάτων που αφορούν στα ηλεκτρικά συστήματα, όσο και προτάσεων για την αντιμετώπιση τους. Επιπλέον, το υγιές περιβάλλον της E.E. CIGRE ενίσχυσε την ανάπτυξη ειλικρινών φιλικών σχέσεων μεταξύ μελών της.

## **α) Πώς αντιλαμβάνεστε τη σημασία της Διεθνούς Επιστημονικής Οργάνωσης CIGRE**

*Για περισσότερο από 40 χρόνια μετέχω ενεργά στις δραστηριότητες της Διεθνούς CIGRE και είμαι 'Διακεκριμένο Μέλος' της από το 2002.*

*Η συμμετοχή μου στα Συνέδρια της CIGRE στο Παρίσι τα ζυγά χρόνια ήταν ένα σημαντικό γεγονός, που μου άνοιξε επιστημονικούς και κοινωνικούς ορίζοντες, γνωρίζοντας όλες εκείνες τις προσωπικότητες στον κόσμο των Ηλεκτρολόγων Μηχανικών, που όλοι είχαμε σαν φωτεινά παραδείγματα γνώσης. Κάθε φορά αποκόμιζα καινούργιες γνώσεις και εμπειρίες τόσο από τις συνεδριακές διαδικασίες, όσο και από το επίσημο δείπνο σε κοινωνικό επίπεδο και από τις τεχνολογικές εξελίξεις που παρουσιάζονταν στην παράλληλα εξελισσόμενη τεχνική έκθεση. Ιδιαίτερα η ακολουθούμενη διαδικασία στις Συνόδους CIGRE, όπου ο Πρόεδρος των Επιτροπών Μελέτης παρουσιάζει τις δραστηριότητές της και ο Ειδικός Εισηγητής τα προτιμώμενα θέματα, στη συνέχεια αναπτύσσονται οι παρεμβάσεις συνέδρων με εκ των προτέρων προετοιμασμένες εισηγήσεις και προφορικές παρεμβάσεις και τέλος συνοψίζονται τα συμπεράσματα, παραμένει μια καινοτόμος και ενδιαφέρουσα ιδέα.*

*Η συμμετοχή μου σε διάφορες Ομάδες Εργασίας των τότε Επιτροπών Μελέτης 14 και 36 εμπλούτισε τις γνώσεις μου σε πολλές γνωστικές περιοχές των Διασυνδέσεων με Συνεχές Ρεύμα, των Ηλεκτρονικών Ισχύος και της Ποιότητας Ηλεκτρικής Ισχύος. Στη συνέχεια τα τελευταία είκοσι χρόνια μετείχα ως Μέλος στις Επιτροπές Μελέτης SC C4, SC C1 και SC B4, όπου είδα πως η παγκόσμια γνώση σε ένα ειδικό γνωστικό αντικείμενο μπορεί να συγκεντρωθεί σε μια αίθουσα ή ακόμα και σε ένα μεγάλο τραπέζι.*

*Όλοι αυτοί οι επιστήμονες από πολλές χώρες του κόσμου, έχοντας εμπειρίες αναλυτικών μελετών, μελετών εφαρμογής, κατασκευών, παραλαβών έργων και λειτουργίας και εκμετάλλευσης των ΣΗΕ, ανταλλάσσουν γνώμες και απόψεις και στη συνέχεια όλα καταλήγουν σε ένα Τεχνικό Εγχειρίδιο, το οποίο ήταν και είναι αυτό που υπηρετεί με τον καλύτερο τρόπο τις ανάγκες βέλτιστης και ασφαλούς λειτουργίας ενός ΣΗΕ. Πιστεύω πως η επιτυχία της CIGRE είναι όλοι οι άνθρωποι της (τα Μέλη της, οι Εθνικές Επιτροπές, οι άνθρωποι του Κεντρικού Γραφείου) που είναι σταθεροί αρωγοί στις ιδέες και στους σκοπούς της.*

**β) Τι θυμάστε από την πορεία και συμβολή της Ε.Ε. CIGRE στον Ελληνικό χώρο κατά τις τελευταίες δεκαετίες.**

*Με την ένταξή μου στην ΔΕΗ το 1981 γνώρισα την Ε.Ε. CIGRE στη δεύτερη περίοδο*

*λειτουργίας της προ της αναγνώρισης από το Πρωτοδικείο Αθηνών και κατά τη διάρκεια της 3ης Διοικούσας Επιτροπής με Πρόεδρο τον αείμνηστο καθηγητή του ΕΜΠ Β. Παπαδιά. Γράφτηκα ως Μέλος στην Ε.Ε. CIGRE (και ταυτόχρονα στην Διεθνή CIGRE)*

*το 1982. Στη συνέχεια υπήρξα Μέλος της 7ης (προσωρινής) Διοικούσας Επιτροπής (1988 – 1989), που εργάστηκε για την αναγνώριση της Εταιρίας από το Πρωτοδικείο Αθηνών ως Επιστημονικής Εταιρίας μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα. Κατόπιν κατά την τρίτη περίοδο λειτουργίας υπήρξα Μέλος στο 1ο Διοικητικό Συμβούλιο (1989 – 1990), Γεν. Γραμματέας (1991 – 2000), Αντιπρόεδρος (2001 – 2004), Πρόεδρος (2005 – 2008).*

*Από την πολυετή αυτή ενασχόληση μου με την Ε.Ε. CIGRE θα ήθελα να επισημάνω τα παρακάτω σημεία. Ο αριθμός των ισοδύναμων Μελών με την πάροδο των ετών συνεχώς αυξάνεται, η διοργάνωση των Συνόδων και των Ημερίδων βελτιώνεται και εκσυγχρονίζεται, ο αριθμός των επιστημονικών εργασιών που γίνονται αποδεκτές από την Σύνοδο στο Παρίσι αυξάνεται, η ίδρυση του Δικτύου Επόμενης Γενιάς (Next Generation Network, NGN) δίνει αισιοδοξία και προοπτική, η φιλοξενία πολυάριθμων συναντήσεων τεχνικών και διοικητικών οργάνων της Διεθνούς CIGRE σε συνεργασία με την Ε.Ε. CIGRE στον Ελληνικό χώρο όλα αυτά τα χρόνια δείχνει τους δεσμούς της Εταιρίας με την Διεθνή CIGRE, η συμμετοχή της Ε.Ε. CIGRE στο Συμβούλιο της Νοτιοανατολικής Ευρώπης CIGRE SEERC είναι πάντα ενεργός και ζωντανή, η έκδοση του νέου ηλεκτρονικού περιοδικού Πυλώνες έφτασε ήδη στο έκτο τεύχος με πλούσια ύλη τεχνικών άρθρων, ιστορικών αναδρομών και ειδήσεων από την ζωή της Εταιρίας και τα περισσότερα από αυτά μπορεί κάποιος να τα διαπιστώσει στον δικτυακό ιστότοπο της Ε.Ε. CIGRE.*

*Από τις σημαντικές και ξεχωριστές χρονιές στην ζωή της Ε.Ε. CIGRE, θα ήθελα να αναφέρω τρεις και συγκεκριμένα το 1989 με τις επιτυχείς προσπάθειες ίδρυσης της Εταιρίας, το 2005 με την διοργάνωση του Συμποσίου της Διεθνούς CIGRE στην Αθήνα και τις παράλληλες συναντήσεις των Επιτροπών Μελέτης SC C1, SC C4 και SC D1 και το 2023 όπου φιλοξενήθηκαν στην Αθήνα οι ετήσιες συναντήσεις των ανώτατων οργάνων της διοίκησης της Διεθνούς CIGRE, δηλαδή της Διοικούσας Επιτροπής (Steering Committee) και του Τεχνικού Συμβουλίου (Technical Council).*

*Τέλος, ο συντονισμός με τις θεσμικά κατοχυρωμένες διαδικασίες, η εθελοντική συμμετοχή, οι προσωπικές πρωτοβουλίες και η συλλογική προσπάθεια των Μελών της Ε.Ε. CIGRE οδήγησαν, κατά τη γνώμη μου, σε μια συνεχή ανάπτυξη και βελτίωση των λειτουργιών της Εταιρίας και εύχομαι αυτό να συνεχιστεί και στο μέλλον.*

**α) Πώς αντιλαμβάνεστε τη σημασία της Διεθνούς Επιστημονικής Οργάνωσης CIGRE**

*Ως πρώην μέλος της CIGRE από το 1993 έως και το 2018, ως αντιπρόεδρος της E.E. CIGRE και ως διακεκριμένο μέλος της Διεθνούς CIGRE από το 2014, παραθέτω τα ακόλουθα:*

*Η σημασία της Διεθνούς Επιστημονικής Οργάνωσης CIGRE είναι άκρως σημαντική κυρίως σε τεχνικά θέματα του χώρου της ηλεκτρικής ενέργειας και ιδιαίτερα σε αυτά της Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (υψηλή και υπερυψηλή τάση). Μέσω των συνόδων της, οι οποίες πραγματοποιούνται ανά διετία στο Παρίσι, τεχνικών περιοδικών που εκδίδει, τεχνικών οδηγιών και προδιαγραφών (κατά περίπτωση) που συντάσσει και εκδίδει, αλλά και άλλων τεχνικών συναντήσεων και της αλληλεπίδρασης με τεχνικούς/ειδικούς του διεθνούς χώρου που προκύπτει εξ' αυτών των συναντήσεων αλλά και των συνόδων της, παρέχει σημαντική τεχνική βοήθεια σε όσους ασχολούνται σοβαρά με την υπόθεση της ηλεκτρικής ενέργειας ή θέλουν να ασχοληθούν (μηχανικούς, φοιτητές κ.λπ.).*

*Η συμβολή της όμως σε ρυθμιστικά θέματα του χώρου είναι αναιμική και δυσανάλογη του κύρους της καθότι πρόκειται για μια διεθνή οργάνωση μεγάλου κύρους. Αποφεύγει πολιτικά θέματα που άπτονται του χώρου και ουδέποτε ασχολήθηκε σοβαρά με τα δύο (2) μεγάλα ρυθμιστικά θέματα που ταλαιπώρησαν τον χώρο τις τελευταίες δεκαετίες, δηλαδή αυτά του διαμελισμού των καθετοποιημένων ηλεκτρικών εταιρειών και του χρηματιστηρίου ενέργειας.*

**β) Τι θυμάστε από την πορεία και συμβολή της E.E. CIGRE στον Ελληνικό χώρο κατά τις τελευταίες δεκαετίες.**

*Η E.E. CIGRE έχει κάνει τεράστια πρόοδο τις τελευταίες δεκαετίες αρχής γενομένης, κατά την γνώμη μου, από το 1986 (σύννοδος EE CIGRE στην Ξάνθη). Συγκεκριμένα, διοργάνωση συνόδων με συνέπεια και συνέχεια στον Ελλαδικό χώρο, μεγάλη συμμετοχή μελών της στις συνόδους της Διεθνούς CIGRE στο Παρίσι, αρκετές δημοσιεύσεις μελών της και γενικώς μεγάλη συμμετοχή των μελών της στα δρώμενα της διεθνούς CIGRE. Προσωπικά ενθυμούμαι τις συνόδους τα έτη 1999, 2001, 2003 και 2005 λόγω των εργασιών που παρουσιάστηκαν και που συνέβαλαν να επιλυθούν προβλήματα στο Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ευστάθεια τάσεων και χωροταξικά θέματα εγκατάστασης εξοπλισμού σε υποσταθμούς ΥΤ/ΜΤ και Κέντρα Υπερυψηλής Τάσεως με μικρό εμβαδόν).*

**α) Πώς αντιλαμβάνεστε τη σημασία της Διεθνούς Επιστημονικής Οργάνωσης CIGRE**

*Η συμμετοχή μου στις περισσότερες συναντήσεις της CIGRE, σχεδόν από την έναρξη λειτουργίας της σαν Διεθνής Επιστημονική Οργάνωση, αλλά και η χρήση των δημοσιεύσεων από τα διάφορα φόρουμ και κυρίως του περιοδικού της "ELECTRA" ήταν και είναι, κατά την γνώμη μου, ότι πιο χρήσιμο και έγκυρο εργαλείο για ενημέρωση στο χώρο των Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και όχι μόνο!!*

*Η δομή της CIGRE με την λειτουργία Ομάδων Εργασίας και Επιτροπών Μελέτης, με αντικείμενο κάθε τι που απασχολεί το χώρο της Ηλεκτρικής Ενέργειας, δίνει ώθηση στους εμπλεκόμενους με το αντικείμενο να ανταλλάξουν εμπειρίες και απόψεις, χρήσιμες για την προώθηση έργων αναγκαίων για τους πολίτες.*

*Η συνεισφορά της είναι ανεκτίμητη στον τεχνικό, επιστημονικό αλλά και στον χώρο της μόρφωσης, ειδικά με την ύπαρξη της δωρεάν χρήσης της ηλεκτρονικής βιβλιοθήκης και έτσι πρέπει να συνεχιστεί. Ειδικά οι τακτικές συναντήσεις της Οργάνωσης, με την συμμετοχή και πολλών νέων Μηχανικών, θα δίνει συνεχώς ώθηση για νέα επιτεύγματα, λόγω των διαπροσωπικών σχέσεων που επιτυγχάνονται στις συναντήσεις αυτές αλλά ακόμα και στις βραδινές "χαλαρωτικές" βραδιές.*

**β) Τι θυμάστε από την πορεία και συμβολή της E.E. CIGRE στον Ελληνικό χώρο κατά τις τελευταίες δεκαετίες.**

*Η επαφή μου με την E.E. CIGRE ξεκίνησε από τις πρώτες στιγμές του εργασιακού μου βίου στην ΔΕΗ και ο τρόπος που επέδρασε στην επαγγελματική μου πορεία ήταν καταλυτικός.*

*Στην ΔΕΗ εντάχθηκα αρχικά στην Ομάδα του αείμνηστου Γιάννη Βογιατζάκη, ενός από τα ιδρυτικά μέλη της E.E. CIGRE, στον οποίο οφείλω και την γρήγορη συμμετοχή μου στα δρώμενα της. Η συμμετοχή μου στα μεγάλα έργα της εποχής (Διασυνδέσεις Κυκλάδων, Κρήτης, κατασκευή γέφυρας Ρίου - Αντιρρίου με εμπλοκή της στην υπάρχουσα καλωδιακή διασύνδεση κ.λπ.) με οδήγησε στην ανάγκη επίλυσης πρωτόγνωρων τεχνικών προβλημάτων. Αυτό με έφερε για πρώτη φορά σε επαφή με την υπάρχουσα βιβλιογραφία αλλά κυρίως με δημοσιεύσεις στα έντυπα της CIGRE έγκριτων και έμπειρων συναδέλφων, που είχε σαν αποτέλεσμα την εμπλοκή μου πολύ γρήγορα στα δρώμενα της, ενώ συμμετείχα για μεγάλο διάστημα και στο Δ.Σ. σαν απλό μέλος.*

*Οι επαφές μου και οι συνεργασίες μου με καταξιωμένους συναδέλφους από το χώρο των Επιχειρήσεων και της Βιομηχανίας αλλά και των Πανεπιστημίων (με πρόσωπα που ούτε στην φαντασία μου δεν υπήρχε πριν η ελπίδα να συναντήσω και να ανταλλάξω εμπειρίες στον επαγγελματικό μου βίο) ήταν καθοριστικές στην πορεία μου.*

*Στη συνέχεια με τα Συνέδρια και τις Ημερίδες μου δίνονταν οι ευκαιρίες να έχω ενημέρωση για τις εξελίξεις στον χώρο αλλά και το κίνητρο να συμμετάσχω με δικές μου ή σε συνεργασία με άλλους συναδέλφους παρουσιάσεις.*

*Και νομίζω ότι αυτό είναι το πιο σημαντικό που προσφέρει η E.E. CIGRE στον τεχνικό κόσμο της χώρας και ελπίζω και εύχομαι να το συνεχίσει με τον ίδιο ζήλο και επαγγελματισμό.*

*Στη συνέχεια με τα Συνέδρια και τις Ημερίδες μου δίνονταν οι ευκαιρίες να έχω ενημέρωση για τις εξελίξεις στον χώρο αλλά και το κίνητρο να συμμετάσχω με δικές μου ή σε συνεργασία με άλλους συναδέλφους παρουσιάσεις.*

*Και νομίζω ότι αυτό είναι το πιο σημαντικό που προσφέρει η Ε.Ε. CIGRE στον τεχνικό κόσμο της χώρας και ελπίζω και εύχομαι να το συνεχίσει με τον ίδιο ζήλο και επαγγελματισμό.*

**α) Πώς αντιλαμβάνεστε τη σημασία της Διεθνούς Επιστημονικής Οργάνωσης CIGRE**

*Αν έπρεπε να γράψω μία φράση μόνο για το πώς αντιλαμβάνομαι την σημασία της Διεθνούς Επιστημονικής Οργάνωσης CIGRE, θα έγραφα “παράθυρο στον κόσμο”.*

*“Νονός” μου στην CIGRE υπήρξε ο τότε Διευθυντής μου κ. Α. Ρήγος που με προέτρεψε να γραφτώ. Εγώ νέος μηχανικός τότε της ΔΕΗ με τα υπηρεσιακά άγχη της καθημερινότητας δεν αντιλαμβανόμουν σε τι θα με ωφελούσε κάτι τόσο “απόμακρο”. Μέρα με την μέρα και χρονιά με την χρονιά μου έγινε απόλυτα αντιληπτό. Και είχε τρία σκέλη. Γνώσεις, γνωριμίες και την δυνατότητα να μαθαίνεις “πρώτος” τις τεχνικές εξελίξεις στο πεδίο του ηλεκτρολόγου μηχανικού που μας ενδιέφερε.*

*Ένα ταξίδι για πάνω από 30 χρόνια (μα τότε περάσανε...) με ενεργή συμμετοχή ειδικά τα τελευταία χρόνια ως ταμίας, γραμματέας και αντιπρόεδρος και παράλληλα ως μέλος της επιτροπής Α3, όπου γνώρισα, συνομίλησα και αντάλλαξα τεχνικές απόψεις με τόσο αξιόλογους μηχανικούς, Έλληνες και ξένους, υπήρξε η καλύτερη ανταμοιβή μου.*

**β) Τι θυμάστε από την πορεία και συμβολή της E.E. CIGRE στον Ελληνικό χώρο κατά τις τελευταίες δεκαετίες.**

*Η συμβολή της E.E. CIGRE στον Ελληνικό χώρο θεωρώ ότι ήταν καθοριστική στην αρωγή όλων των συμμετεχόντων μελών και μη μελών στο γνωστικό πεδίο του καθενός μας. Όλοι μαθαίναμε γρήγορα τις διεθνείς τεχνολογικές εξελίξεις και άνοιγε το μυαλό μας και ο ορίζοντάς μας.*

*Στα εθνικά συνέδρια, αλλά φυσικά και στα διεθνή για όποιον είχε την ευκαιρία να συμμετέχει, ακούγαμε σαν νέοι μηχανικοί από τους παλιότερους τα τεκταινόμενα σε όλα τα σχετικά τεχνικά πεδία ενδιαφέροντος και αργότερα σαν παλιότεροι και με μεγαλύτερη γνώση και εμπειρία είχαμε την δυνατότητα να μεταλαμπαδέσουμε στους νεότερους αυτά που μάθαμε και βιώσαμε, πράγμα που θεωρώ πολύ σημαντικό που σου δίνει ικανοποίηση όταν πλέον μπορείς να το κάνεις.*

*Εδώ θέλω να παραθέσω και ένα περιστατικό από ένα ετήσιο συνέδριό μας όπου σαν νέος μηχανικός τότε άκουγα τον αείμνηστο καθηγητή και πρώην Πρόεδρο E.E. CIGRE Ι. Τεγόπουλο να παρουσιάζει μία μελέτη του και να αναλύει σε βάθος τα μαγνητικά πεδία και τα συναφή. Όταν τελείωσε και άρχισαν οι ερωτήσεις κάποιος συνάδελφος τον ρώτησε την άποψή του για ένα θέμα από την μελέτη που αφορούσε στα ηλεκτρικά πεδία. Και τότε ο καθηγητής γύρισε με μία παιδική αφέλεια (και αντιλαμβάνεστε όλοι με πόσο σεβασμό λέω αυτή την κουβέντα) προς τον βοηθό/συνεργάτη του και του λέει: “Γιάννη, (δεν θυμάμαι σίγουρα το όνομα) τα ηλεκτρικά πεδία...πρέπει να κοιτάζουμε και τα ηλεκτρικά πεδία...”. Το έλεγε με ένα τρόπο σαν να μην είχε περάσει απ’ το μυαλό του ότι μπορεί κάτι να επηρεάζουν και δαύτα στην μελέτη. Λοιπόν στα δικά μου μάτια ανέβηκε ακόμη περισσότερο στην εκτίμησή μου πρώτον για το πόσο δοσμένος και πόσο σε βάθος ήταν αυτό που έκανε και δεύτερον γιατί είχε την αυτοπεποίθηση του επιστήμονα που δεν θα “ντραπεί” για κάτι που διέφυγε και που θα το συνέχιζε στην επόμενη φάση της μελέτης του.*

*Αυτοί ήταν και είναι οι άνθρωποί μας! Και έτσι προχωράμε μπροστά!*

## α) Πώς αντιλαμβάνεστε τη σημασία της Διεθνούς Επιστημονικής Οργάνωσης CIGRE

Τη σημασία και γενικότερα τη χρησιμότητα της Διεθνούς CIGRE την αντιλαμβανόμαστε και μέσα από τη μακρόχρονη και δυναμική παρουσία της CIGRE στο χώρο των Συστημάτων Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΣΗΕ), και μάλιστα είναι εύλογο να υποθέσουμε ότι η μέχρι σήμερα επιτυχής πορεία της Διεθνούς CIGRE θα συνεχισθεί και στο μέλλον. Ειδικότερα, η CIGRE είναι ένας διεθνής μη κερδοσκοπικός επιστημονικός οργανισμός με διάρκεια ζωής πάνω από ένα αιώνα. Ιδρύθηκε στο Παρίσι το 1921. Σήμερα αριθμεί 1.250 συλλογικά μέλη (εταιρείες/πανεπιστήμια) και 15.000 ατομικά μέλη από 90 χώρες. Ουσιαστικά η σημασία της οφείλεται στους στόχους, στην οργανωτική δομή, στο παραγόμενο έργο και στην στελέχωση – διαχείριση της Διεθνούς CIGRE. Πιο συγκεκριμένα:

**Στόχοι:** Το πεδίο δραστηριοτήτων της Οργάνωσης περιλαμβάνει τις τεχνικές και οικονομικές πτυχές των ΣΗΕ καθώς και τις περιβαλλοντικές και κανονιστικές πτυχές τους με στόχο τη συνεχή αναβάθμιση και τυποποίηση της γνώσης γύρω από τα συστήματα αυτά. Οι στόχοι αυτοί ταυτίζονται με τους στόχους ενός αποτελεσματικά διαχειριζόμενου ΣΗΕ με στόχο την ελαχιστοποίηση του κόστους.

**Οργανωτική δομή-Στελέχωση:** Οι παραπάνω δραστηριότητες διαιρούνται σε **16 Επιτροπές Μελέτης**. Επιπλέον υπάρχουν **61 Εθνικές Επιτροπές CIGRE**, οι οποίες υποστηρίζουν τις Επιτροπές Μελέτης στον εντοπισμό εμπειρογνομόνων για τη συμμετοχή τους σε περισσότερες από **250 Ομάδες Εργασίας**. Οι Ομάδες Εργασίας καλούνται να διερευνήσουν και να δημοσιεύσουν την κατάσταση της τεχνολογίας στον επιλεγμένο τομέα τους. Τα αποτελέσματα των Ομάδων Εργασίας έχουν τη μορφή **Τεχνικών Εγχειριδίων**. Τα τεχνικά Εγχειρίδια χρησιμοποιούνται συχνά για την ενημέρωση και λειτουργούν ως πρόδρομα έγγραφα για τις δραστηριότητες εθνικών και διεθνών οργανισμών τυποποίησης, ιδίως της Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικής Επιτροπής (IEC).

**Παραγόμενο έργο:** Εκτός από τις διετείς συνόδους η CIGRE διοργανώνει διάφορα άλλα είδη συνεδρίων, όπως Συμπόσια - Ημερίδες, Περιφερειακές διασκέψεις και Σεμινάρια. Επίσης η CIGRE δημιουργεί τεχνικούς πόρους που διατίθενται σε μη μέλη είτε ελεύθερα είτε έναντι αμοιβής και στα μέλη ελεύθερα. Περιλαμβάνονται το διμηνιαίο ψηφιακό περιοδικό Ηλέκτρα, πρακτικά συνεδρίων, ΠΡΑΣΙΝΑ ΒΙΒΛΙΑ, Τεχνικά Εγχειρίδια και διαδικτυακά σεμινάρια. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα Τεχνικά Εγχειρίδια αποτελούν σύνοψη των εργασιών μιας Ομάδας Εργασίας. Το περιοδικό Ηλέκτρα περιέχει περιλήψεις πρόσφατα δημοσιευμένων Τεχνικών Εγχειριδίων, καθώς και επιλεγμένες επιστημονικές εργασίες και προσκεκλημένες εργασίες. Τα ΠΡΑΣΙΝΑ ΒΙΒΛΙΑ είναι ένα αποθετήριο γνώσεων σε μια συγκεκριμένη θεματική περιοχή και είναι χρήσιμα ως υλικό αναφοράς.



**β) Τι θυμάστε από την πορεία και συμβολή της E.E. CIGRE στον Ελληνικό χώρο κατά τις τελευταίες δεκαετίες.**

*Το 1989 εκλέχτηκε μέλος του 1ου Διοικητικού Συμβουλίου της νέας Επιστημονικής Εταιρείας μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα με την επωνυμία Ελληνική Επιτροπή CIGRE (E.E.C.) με έδρα την Αθήνα. Μεταξύ των πρώτων αποφάσεων ήταν η προώθηση των διαδικασιών συμμετοχής των Μελών σε συνεδριάσεις οργάνων της CIGRE στο εξωτερικό, η μετονομασία των «Επιστημονικών Συναντήσεων» σε «Συνόδους» και η διοργάνωση «Ημερίδων». Η πρώτη Σύνοδος της E.E.C. διοργανώθηκε το 1989 και η πρώτη Ημερίδα το 1990.*

*Ο μετασχηματισμός της άτυπης έως τότε (1989) E.E. CIGRE σε Επιστημονική Εταιρεία με νομική υπόσταση έδωσε νέα ώθηση και πνοή στην E.E. CIGRE. Με ανεξάρτητη νομική μορφή και οικονομική οντότητα, προχώρησε στην αύξηση του αριθμού των Μελών, σε περισσότερες και ουσιαστικότερες επιστημονικές παρεμβάσεις μέσα από τις Συνόδους, τις Ημερίδες, τις ειδικές Ομιλίες και το Ενημερωτικό Δελτίο στο εσωτερικό της Χώρας. Επίσης ενίσχυσε την συμμετοχή της στα όργανα της Διεθνούς CIGRE στο εξωτερικό και προχώρησε στην διοργάνωση συναντήσεων Ομάδων Εργασίας και Επιτροπών Μελέτης, καθώς και άλλων εκδηλώσεων, όπως π.χ. Συμπόσια της Διεθνούς CIGRE στον Ελληνικό χώρο, εκπληρώνοντας βασικούς σκοπούς του νέου Καταστατικού. Λεπτομερής περιγραφή για την πορεία E.E. CIGRE τις τελευταίες δεκαετίες υπάρχει σε δημοσίευση του Γιώργου Γεωργαντζή στο περιοδικό Πυλώνες 4 με τίτλο «Αφιέρωμα στα 35 χρόνια από τη μετατροπή της E.E. CIGRE σε Επιστημονική Εταιρεία».*

*Σημειώνεται ότι ένας σημαντικός αριθμός Μελών, που συμμετέχουν στις Επιτροπές Μελέτης ή που συμμετέχουν ως εμπειρογνώμονες στις Ομάδες Εργασίας της Διεθνούς CIGRE, προέρχεται κατά βάση από το χώρο του Συστήματος Ηλεκτρικής Ενέργειας και τα Πολυτεχνεία, με αποτέλεσμα να έχουμε θετικές οικονομικές επιπτώσεις. Επίσης, πολλές φορές, τεχνικοοικονομικά θέματα που αφορούν το Ελληνικό ΣΗΕ (Διασυνδέσεις, Ενεργειακή μετάβαση, κ.λπ.) είναι αντικείμενο παρουσιάσεων σε Συνόδους και Ημερίδες της E.E. CIGRE με θετικές επιπτώσεις.*

*Κατά τη γνώμη μου η πορεία και συμβολή της E.E. CIGRE στον Ελληνικό χώρο κατά τις τελευταίες δεκαετίες κρίνεται ως επιτυχής.*

**α) Πώς αντιλαμβάνεστε τη σημασία της Διεθνούς Επιστημονικής Οργάνωσης CIGRE**

*Η γνωριμία μου με την Διεθνή CIGRE ήρθε για εμένα κάπως σαν ένα “υποχρεωτικό” επακόλουθο της επαγγελματικής μου απασχόλησης στον χώρο των προϊόντων και συστημάτων του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού ΥΤ & ΜΤ. Αυτό συνέβη επειδή από τα πρώτα κιόλας εργασιακά μου βήματα είχα την ευτυχή συγκυρία να εργαστώ σε κάποιους από τους μεγαλύτερους διεθνείς Ομίλους ανάπτυξης και παραγωγής ηλεκτρολογικού εξοπλισμού ΥΤ & ΜΤ, όπου η συμμετοχή τους στα δρώμενα της Διεθνούς CIGRE ήταν κάτι αυτονόητο και ήδη εδραιωμένο στις πρακτικές τους εδώ και πολλές δεκαετίες.*

*Η σημασία της Διεθνούς CIGRE για τις εταιρείες που εργαζόμουν ήταν προφανής, αφού εκεί υπήρχε η δυνατότητα κάποιος να συναντήσει στελέχη από πολλούς και σημαντικούς λειτουργούς των ΣΗΕ από όλο τον κόσμο, να ακούσει τους προβληματισμούς τους για την αντιμετώπιση πρακτικών λειτουργικών προβλημάτων των ΣΗΕ και να αξιολογήσει τις ανάγκες για την ανάπτυξη νέων λύσεων, προϊόντων και υπηρεσιών, όπως αυτές ζητούνται στην παγκόσμια αγορά της Ηλεκτρικής Ενέργειας μέσα από τις επιστημονικές παρουσιάσεις και τις άλλες δραστηριότητες και διεργασίες του Συνεδρίου. Η συμμετοχή εκπροσώπων από όλες τις μεγάλες Επιχειρήσεις Ηλεκτρισμού, τους Διαχειριστές Συστημάτων Μεταφοράς & Διανομής ΗΕ, τις Ρυθμιστικές Αρχές Ενέργειας, τα Πανεπιστήμια, τους Κατασκευαστές Ηλεκτρολογικού Εξοπλισμού και άλλους τελικούς χρήστες του ηλεκτρισμού (Μεγάλες Βιομηχανίες, Μέσα Μαζικής Μεταφοράς με ηλεκτρική έλξη, Data Centers, κ.λπ.) αποτελεί την καλύτερη απόδειξη ότι η Διεθνή CIGRE είναι το πιο σημαντικό γεγονός της διετίας στον χώρο των Δικτύων Υψηλής Τάσης.*

*Η ιδιαίτερη μόχλευση που δημιουργείται από την ανάμειξη όλων αυτών των επιστημονικών γνώσεων, πρακτικών εμπειριών, νέων ιδεών και πολυδιάστατων κοινωνικών τάσεων και επαφών, είναι το πιο συναρπαστικό γεγονός που συντελείται στο χώρο της Ηλεκτρικής Ενέργειας ανά διετία και είμαι πολύ ευτυχής που υπήρξα αρκετές φορές συμμετέχων και κοινωνός αυτού του διεθνούς γεγονότος στην διάρκεια της μέχρι σήμερα επαγγελματικής μου πορείας.*

**β) Τι θυμάστε από την πορεία και συμβολή της Ε.Ε. CIGRE στον Ελληνικό χώρο κατά τις τελευταίες δεκαετίες.**

*Συμμετείχα ενεργά, από το 1995 για πρώτη φορά, ως εκλεγμένο μέλος του Δ.Σ. της Ε.Ε. CIGRE και αθροιστικά για συνολικά 26 χρόνια (13 θητείες) και νομίζω ότι μέχρι σήμερα έχω το μοναδικό προνόμιο να έχω συνεργαστεί από κοντά, σαν μέλος του Δ.Σ., με όλους τους μέχρι σήμερα Προέδρους της Ε.Ε. CIGRE.*

*Σαν πρώτη ανάμνηση θέλω να καταθέσω την ίδια προσωπική εμπειρία που βίωσα με όλους τους προέδρους, ξεκινώντας από τον Δ. Τσανάκα και τον αείμνηστο Δ. Αγορή, έως και όλους τους επόμενους, μέχρι και τον σήμερα εν ενεργεία πρόεδρο Ι. Καμπούρη, όπου όλοι επέδειξαν μια ιδιαίτερη επιμονή και αφοσίωση στο κύριο έργο τους που, πέρα από την προώθηση του επιστημονικού έργου της CIGRE, ήταν και είναι πως να αυξηθεί η εγγραφή και ενεργή συμμετοχή όλο και περισσότερων μελών, ατομικών και συλλογικών, στις δραστηριότητες της Ε.Ε. CIGRE. Είναι ακόμα ξεκάθαρα χαραγμένη στην μνήμη μου η ιδιαίτερη χαρά τους όταν ανακοίνωναν την προσθήκη ακόμα και ενός μόνο*

καινούργιου μέλους την ημέρα προ των ετήσιων συνελεύσεων που κυρίως γίνονταν οι νέες εγγραφές, ιδιαίτερα την δεκαετία των 90's, εποχή που η ιδιότητα του μέλους στην E.E. CIGRE συνδυαζόταν σχεδόν υποχρεωτικά με την ύπαρξη υψηλών επιστημονικών περγαμηνών του.

Έτσι αισθάνθηκα ιδιαίτερη τιμή και χαρά όταν το 1994 μου ζητήθηκε να εγγραφώ ως μέλος, τόσο ατομικό όσο και συλλογικό εκπροσωπώντας την εταιρεία μου, προκειμένου να συμμετάσχω στις επικείμενες αρχαιρεσίες για την περίοδο 1995-1996 και να εκπροσωπήσω την σχεδόν απύουσα έως τότε στο χώρο βιομηχανία. Εκείνη την εποχή στις ανά διετία Συνόδους της E.E. CIGRE, υπήρχε η συμμετοχή και παρουσίαση επιστημονικών εργασιών μόνο από τα Πολυτεχνεία και την τότε καθιερωμένη και μονοπωλιακή ΔΕΗ, οπότε η παρουσίαση μιας εργασίας από μια μη κρατική οντότητα ήταν πράγματι ένα άνοιγμα του παράθυρου προς την αγορά και μια νέα φωνή και ματιά προς τα ενεργειακά πράγματα.

Αυτό έδωσε το έναυσμα στο να αποφασίσουμε το περαιτέρω άνοιγμα για νέες ιδέες και νέα δρώμενα στην Σύνοδο και έτσι στην Σύνοδο του 1997, σε συνεργασία και υποστήριξη από την διοίκηση της εταιρείας μου στο εξωτερικό, αποφασίστηκε να οργανωθεί η πρώτη έκθεση σημαντικού ηλεκτρολογικού εξοπλισμού ΥΤ & ΜΤ στους χώρους του ξενοδοχείου όπου γινόταν η Σύνοδος, όπως ακριβώς γίνεται και στην διεθνή Σύνοδο στο Παρίσι. Η επιτυχία της ιδέας και της έκθεσης ήταν αδιαμφισβήτητη, κάτι που οδήγησε σε πολλαπλές συμμετοχές νέων εκθετών στις αμέσως επόμενες Συνόδους, γεγονός που τελικά εξελίχθηκε σε πάγιο θεσμό και έφερε πρόσθετα έσοδα στην Σύνοδο από τις χορηγίες των συλλογικών μελών, ο αριθμός των οποίων αυξήθηκε κατακόρυφα.

Η δημοσιότητα και ελκυστικότητα των Συνόδων ενισχύθηκε έτι περαιτέρω από την συνεχή αύξηση των συμμετοχών από όλους τους τομείς της ελληνικής ενεργειακής κοινότητας, με αποτέλεσμα από την αρχή της δεκαετίας του 2000 η Σύνοδος της E.E. CIGRE να καταστεί το σημαντικότερο επιστημονικό συνέδριο και γεγονός στο χώρο της Ηλεκτρικής Ενέργειας, αναγνωρισμένο και αγκαλιασμένο από όλη την ελληνική ενεργειακή κοινότητα και την πολιτεία.

---

## Επίλογος

Οι Αναδρομές του τεύχους αυτού ασχολήθηκαν με την συνέχεια του δεύτερου μέρους του αφιερώματος για τα 35 χρόνια από τη μετατροπή της E.E. CIGRE σε Επιστημονική Εταιρεία (Πυλώνες 4\_Αναδρομές\_Απόψεις Μελών), δηλαδή παρουσιάστηκαν οι απόψεις Μελών που έχουν διατελέσει Μέλη σε διάφορες θέσεις στο Διοικητικό Συμβούλιο της Εταιρείας κατά τις προηγούμενες δεκαετίες. Με τον τρόπο αυτό πιστεύουμε ότι δίνεται σε όλους μας η ευκαιρία να γνωρίσουμε καλύτερα ένα σημαντικό κομμάτι της ιστορίας της E.E. CIGRE.

Όπως έχουμε ήδη αναφέρει, οι Πυλώνες και ιδιαίτερα η στήλη των Αναδρομών θα είναι πάντα ανοικτοί στις απόψεις και μαρτυρίες και άλλων παλαιών και ιδρυτικών Μελών, καθώς και νεότερων, που θα θελήσουν στο μέλλον να συμμετέχουν στο αφιέρωμα αυτό.

## *In memoriam* Περικλής Μπούρκας

Στις 8 Νοεμβρίου 2024 απεβίωσε ο Ομότιμος Καθηγητής ΕΜΠ Περικλής Μπούρκας, ιδρυτικό μέλος της Ελληνικής Επιτροπής CIGRE ως Επιστημονικής Εταιρείας. Ως αποχαιρετισμό, οι Πυλώνες δημοσιεύουν απόσπασμα από τον επικήδειο που εκφώνησε ο Καθηγητής ΕΜΠ Γιάννης Γκόνος για τον εκλιπόντα.



«Έφυγε από κοντά μας ένας εξαιρετος άνθρωπος, ένας μηχανικός της πιάτσας, ένα ακαδημαϊκός δάσκαλος. Υπήρξε άνθρωπος της εφαρμοσμένης έρευνας. Συνέδεσε το Πολυτεχνείο με την Ελληνική βιομηχανία, την Δημόσια Υγεία και την ΔΕΗ. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αξιότιμου ανθρώπου, πάλευε πάντα για το δίκαιο και δεν δίσταζε να υποστηρίξει την αλήθεια. Άνθρωπος της προσφοράς, ήταν αγαπητός σε όλους, και ιδιαίτερα στους φοιτητές του, όπου πάντα κατόρθωνε να έχει μεγάλο ακροατήριο στο αμφιθέατρο.

Επέβλεψε δεκάδες διδακτορικά και διπλωματικές. Στάθηκε σαν πατέρας στα πνευματικά του παιδιά, στους συνεργάτες και το προσωπικό του Εργαστηρίου Υψηλών Τάσεων και Ηλεκτρικών Μετρήσεων του Ε.Μ.Π. και πάντα χαιρόταν με την πρόοδό τους. Δεν έφυγε ποτέ από το Ε.Μ.Π.. Δίδασκε έως και αυτό το έτος με εφηβικό ζήλο, που κέρδιζε τους φοιτητές. Τέτοια ήταν η αγάπη του για τη Σχολή, που δεν ανεχόταν να φιλοξενείται σε ξένα κτίρια.

Με προσωπικό του αγώνα και υπό την επίβλεψή του ξεκίνησαν τα νέα κτίρια της Σχολής και πάντα έδειχνε την μακέτα με τα πέντε κτήρια που ονειρευόταν να έχουμε κάποια ημέρα. Δυστυχώς πρόλαβε να δει μόνο τα δύο από αυτά ολοκληρωμένα.

Έζησε μία ευτυχισμένη ζωή με την γυναίκα του, τα παιδιά του, τα εγγόνια του αλλά και με όλους εμάς του φοιτητές του. Θερμά συλλυπητήρια στη οικογένειά του.

*Αιωνία του η μνήμη.»*

