

Verandering zonder Compromissen

PAC als Fundament
van Betrouwbaarheid

8 april 2026



cigre
Nederland

Introductie vPAC en terugkoppeling CIGRE B5 werkgroepen

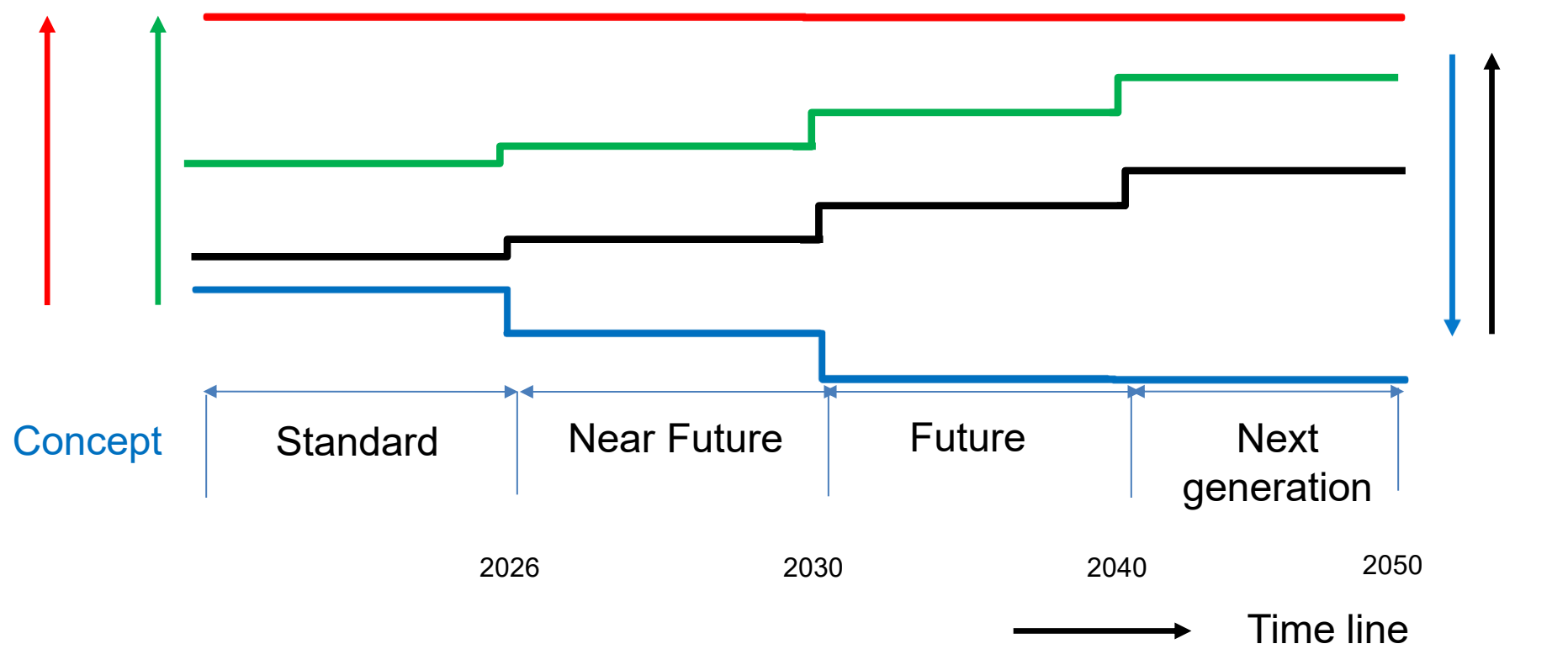


Ernst Wierenga, DNV

Agenda

1. Inleiding en historische ontwikkeling
2. Virtualisatie concepten
3. Virtual PACS (vPACS)
4. Waar toepasbaar
5. Cigre B5 werkgroepen
6. Conclusies en toekomstvisie

Risk Performance Complexity Technology



Evolutie van beveiligingssystemen

Historische ontwikkeling:

- **1900s:** Elektromechanische relais
- **1960s:** Statische/solid-state relais
- **1980s:** Numerieke/digitale relais
- **2003+:** IEC 61850 en IEDs
- **2020s+:** Virtualisatie van PAC (vPAC)

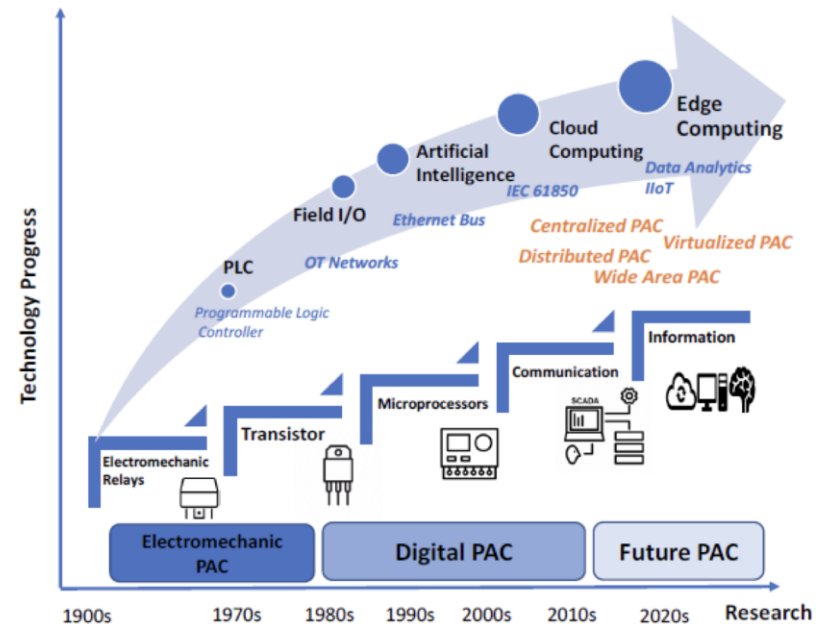


Figure 1 - Evolution Line of Protection Systems

Virtuele concepten: verschillende namen en definities

Fully Digital Substation

↓
Virtual PAC

↙
Virtual IED

↘
Centralized PAC

Standard IED



Hardware and software
same supplier

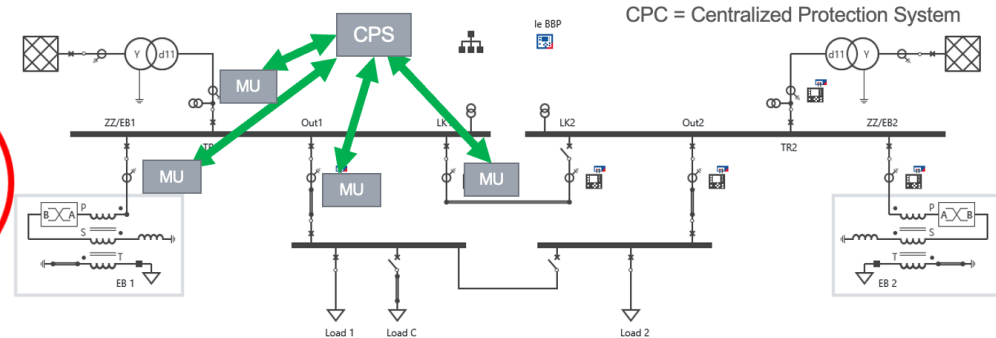


Virtualized (container)
IED/SENSOR/SYSTEM

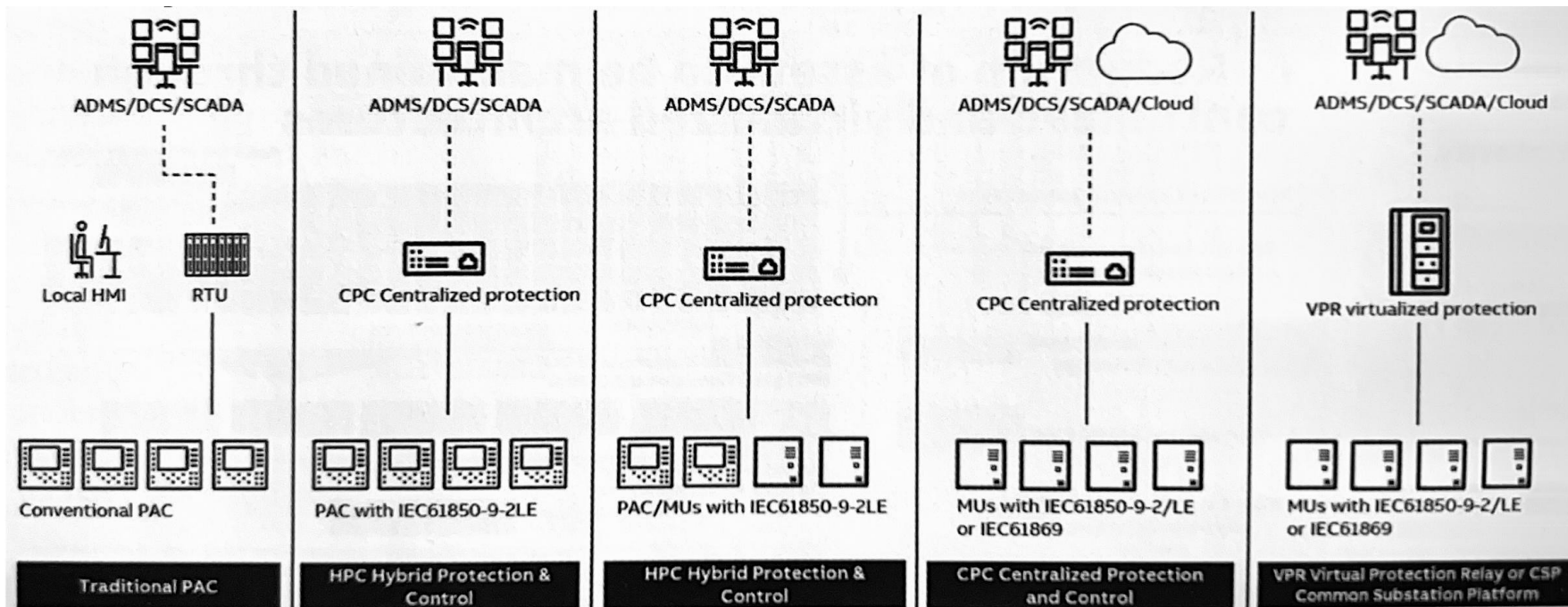


Challenge: responsibility

- Standard hardware
- OS(Linux)
- App multi vendor



Evolutie van beveiligingssystemen



Virtuele concepten: Van hardware naar software

Huidige trend:

- Volledig digitale substations op basis van IEC 61850
- Ontkoppeling van software en hardware
- Virtualisatie van functionaliteiten
- Software-gebaseerd systeem

Key Drivers:

- Sampled Values (SV) frames voor V/I data
- GOOSE voor trip/logic signalen
- PTP voor tijd synchronisatie
- MMS voor Client/Server communicatie

Virtualisatieconcepten

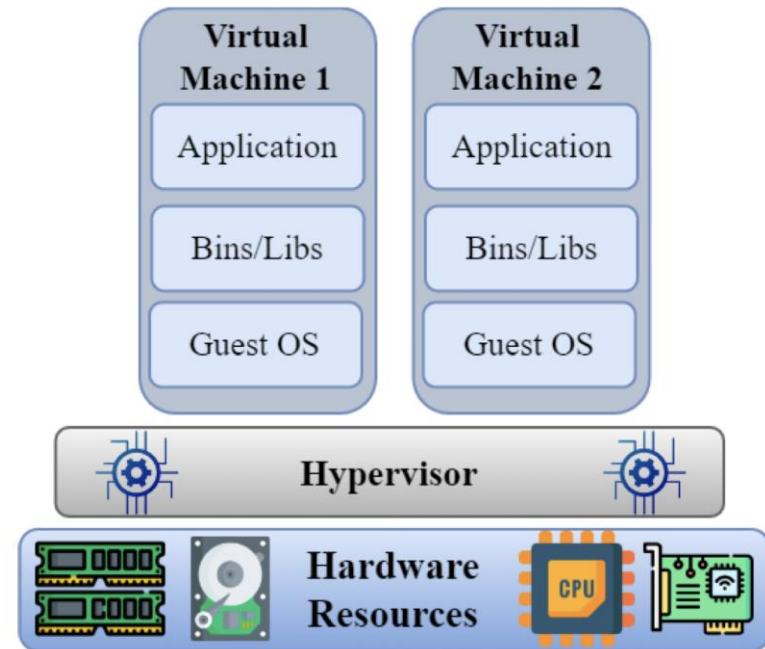
Type 1 Hypervisor (Bare-Metal)

Kenmerken:

- Geïnstalleerd direct op fysieke hardware
- Geen tussenliggende OS laag nodig
- Hogere efficiëntie en prestaties
- Ideaal voor kritieke server omgevingen

Voordelen:

- Lagere latency en overhead
- Betere resource isolatie
- Geschikt voor real-time applicaties
- Robuuste beveiliging tussen VMs
- **Voorbeelden:** VMware vSphere, Microsoft Hyper-V, Citrix XenServer; VM machine ABB Substation Control and Protection SSC600 SW, VM server Siemens Siprotec V, LF Energy SEAPATH/GE/NGNET



Virtualisatieconcepten

Container Engine Architectuur

Kenmerken:

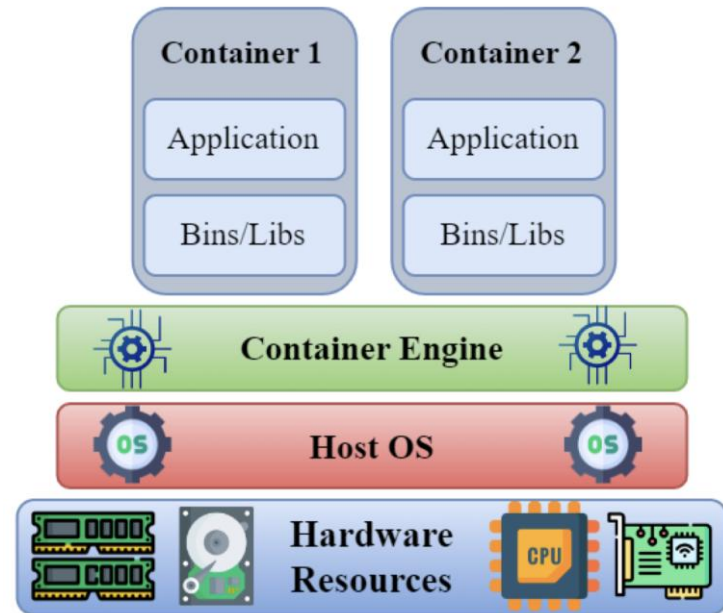
- Deelt host OS kernel tussen containers
- Lichtgewicht virtualisatie
- Snellere applicatie startup
- Efficiënter resource gebruik

Voordelen vs Nadelen:

Voordelen: - Lagere processing overhead - Betere schaalbaarheid - Snellere implementatie

Nadelen: - Minder isolatie dan VMs - Security risico bij kernel compromise

Populaire Platforms: Docker, Kubernetes, Podman



Hypervisor vs Container

Aspect	Type 1 Hypervisor	Container
Isolatie	VM-niveau isolatie (robuust)	Kernel-gedeelde resources
Overhead	Hoger (volledige OS per VM)	Lager (gedeelde kernel)
Prestaties	Geïsoleerde resources	Gedeelde resources
Schaalbaarheid	Beperkt door VM grootte	Uitstekend door containers
Beveiliging	Zeer veilig (VM isolatie)	Minder veilig (gedeelde kernel)
Boot tijd	Langzamer (OS opstarten)	Sneller (alleen applicatie)

Hypervisor vs Container

Keuze voor vPACS:

- **Hypervisor:** Voor kritieke protection functions
- **Container:** Voor flexibele automation functies

vPACS Implementatie

Vendor Specific vIEDs Concept

Implementatie Strategie:

- Centralized protection system
- vIEDs functioneren identiek aan fysieke IEDs
- Zelfde HMI en parameterisatie per vendor

vPACS Architectuur

Systemcomponenten Vendor Specific vIEDs Concept:

1. PIU (Process Interface Unit)

- SV en GOOSE communicatie
- Fysieke aansluiting naar primaire apparatuur

2. Virtual Switch/Network

- IEC 61850 protocol traffic
- PTP tijdsynchronisatie

3. vIEDs van verschillende vendors

- VM1: IED 1 van Vendor X | VM2: IED 2 van Vendor X

Operationele voordelen vPAC

- **Verbeterde veiligheid en betrouwbaarheid**
- **Intelligentere substations door centralized control**
- **Flexibele test configuraties via software**
- **Kostenefficiënte oplossingen door hardware sharing**

Technische voordelen vPAC

- Remote testen mogelijk
- Parallel test activiteiten op hetzelfde platform
- Versie beheer voor test configuraties
- Geautomatiseerd testen

Business voordelen vPAC

- Kortere commissioning tijd
- Lagere onderhoudskosten
- Verbeterde systeem stabiliteit
- Future-proof architectuur

Waar toepasbaar

- Netbeheerders

Expertise

Eigen lab

Veel stations, implementatie
complex en duur

- Industrie

Expertise beperkt

Beperkt aantal stations,
implementatie relatief eenvoudig en
goedkoop

Terugkoppeling werkgroepen

- Werkgroep B5.77
Requirements for IT and OT
managed PAC systems
- Werkgroep WG B5.84
Recommendations and
constraints for development
and interfacing of virtual
Intelligent Electronic Device
implemented in Protection,
Automation and Control
Systems

Werkgroep B5.77 Requirements for IT and OT managed PAC systems

- Het doel van de werkgroep is het beschrijven van functionele specificaties of vereisten op het moment dat IT en OT in PAC systemen samenkomen. IT mensen in een OT wereld en andersom. Het zijn beide aarte vakken maar niet iedereen ziet dat zo.
- Er zijn 17 deelnemers uit verschillende landen.
- De werkgroep is verdeeld in subwerkgroepen en die verzorgen een deel van het document. Regelmatig overleggen over de voortgang en elkaars deel vanfeedback voorzien.
- Huidige status is dat het document rond de zomer afgerond moeten zijn, dat is de voorlopige planning
- Resultaat: Technische brochure Cigré.

Werkgroep WG B5.84 - Naam en doel

Recommendations and constraints for development and interfacing of virtual Intelligent Electronic Device implemented in Protection, Automation and Control Systems

Doel

Het doel van de door de Werkgroep ontwikkelde Technische Brochure is het beschrijven van de mogelijkheden en vereisten voor virtuele IED's (vIED's) en de bijbehorende hosting- en serverarchitectuur.

De brochure:

- geeft een overzicht van de stand van de techniek;
- illustreert dit aan de hand van praktische use-cases;
- doet aanbevelingen voor vervolgonwikkeling, waaronder:
 - verdere technische ontwikkelingen,
 - inzet van open-source platformen,
 - mogelijke standaardisatie-activiteiten.

Werkgroep WG B5.84 - Deelnemers

Overzicht

- Aantal deelnemers: 41
- Internationale vertegenwoordiging: België, Brazilië, Canada, Finland, Frankrijk, Duitsland, India, Ierland, Japan, Nederland, Noorwegen, Roemenië, Saoedi-Arabië, Zuid-Afrika, Spanje, Zwitserland, Verenigd Koninkrijk en Verenigde Staten.

Vertegenwoordigde sectoren & disciplines

- Netbeheerders & Energieproducenten
SEC, Enedis, National Grid, EDF, RTE, Statnett, Stedin, Glitre Nett AS, Eskom, Transelectrica, Elia, Chubu Electric Power Grid
- (v)PAC-leveranciers & Technologieaanbieders
OMICRON, Megger, Schneider Electric, AMETEK, ABB, GE Vernova, Hitachi Energy, S&C Electric, Siemens Energy, Siemens AG, Welotec, Belden
- IT & Digitale Infrastructuur
Broadcom, META
- R&D, Consultancy & Test-/Kwalificatie-instituten
IREQ, CEPEL, DNV, OVB Allfinanz, PowerProfs Inc, IIT Jodhpur

Werkgroep WG B5.84 - Onderwerpen / Activiteiten (1)

Virtual IED

- Identificatie en bespreking van **knelpunten, risico's, voordelen en oplossingsrichtingen**
- Engineering van **IEC 61850-gebaseerde interfaces**
- **IEC 61850-configuratie**
- **Tijdssynchronisatie**
- **Beheer en updates** van virtuele IED's
- **Monitoring en supervisie** van virtuele IED's
- Evaluatie van **communicatie-, geheugen- en CPU-capaciteit**
- Toekomstvisie op het **Virtual IED-concept**

Serverstructuur

- Eisen aan **servers voor hosting van virtuele IED's**
- Eisen aan de **interfaces** die de serverstructuur biedt aan virtuele IED's
- **Industriële serververeisten** voor gevirtualiseerde PAC-omgevingen
- Vergelijking van **hypervisors en bijbehorende technologieën**
- **Redundantie-vereisten**
- Monitoring van **hardware, middleware en software**

Werkgroep WG B5.84 - Onderwerpen / Activiteiten (2)

Overige kernonderwerpen

- Eisen aan **IED Configuration Tools (ICT)** voor virtuele IED's
- **State-of-the-art survey** en literatuurstudie
- Koppeling van virtuele IED's met **bestaande PAC-systemen**, inclusief:
 - Interface met fysieke (stand-alone) IED's
 - Procesinterface
 - Tijdssynchronisatie-interface
- **Testen en inbedrijfstelling** van virtuele IED's
- Nieuwe **vaardigheden en opleidingsbehoeften**
- Relatie tussen **Virtual IED en Digital Twin-concepten**

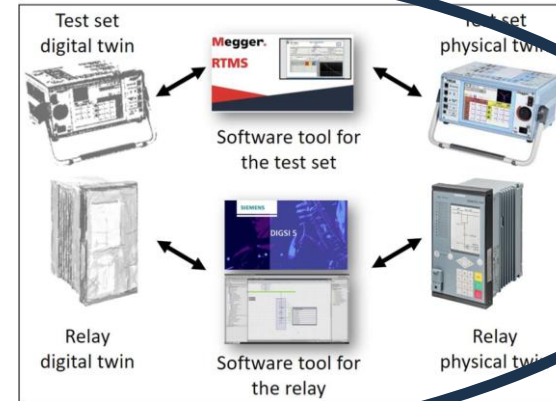
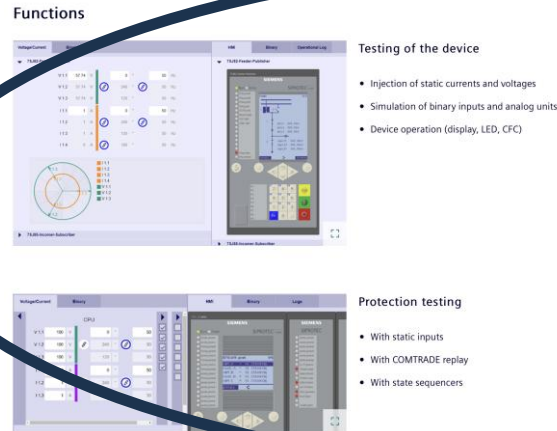
Conclusies

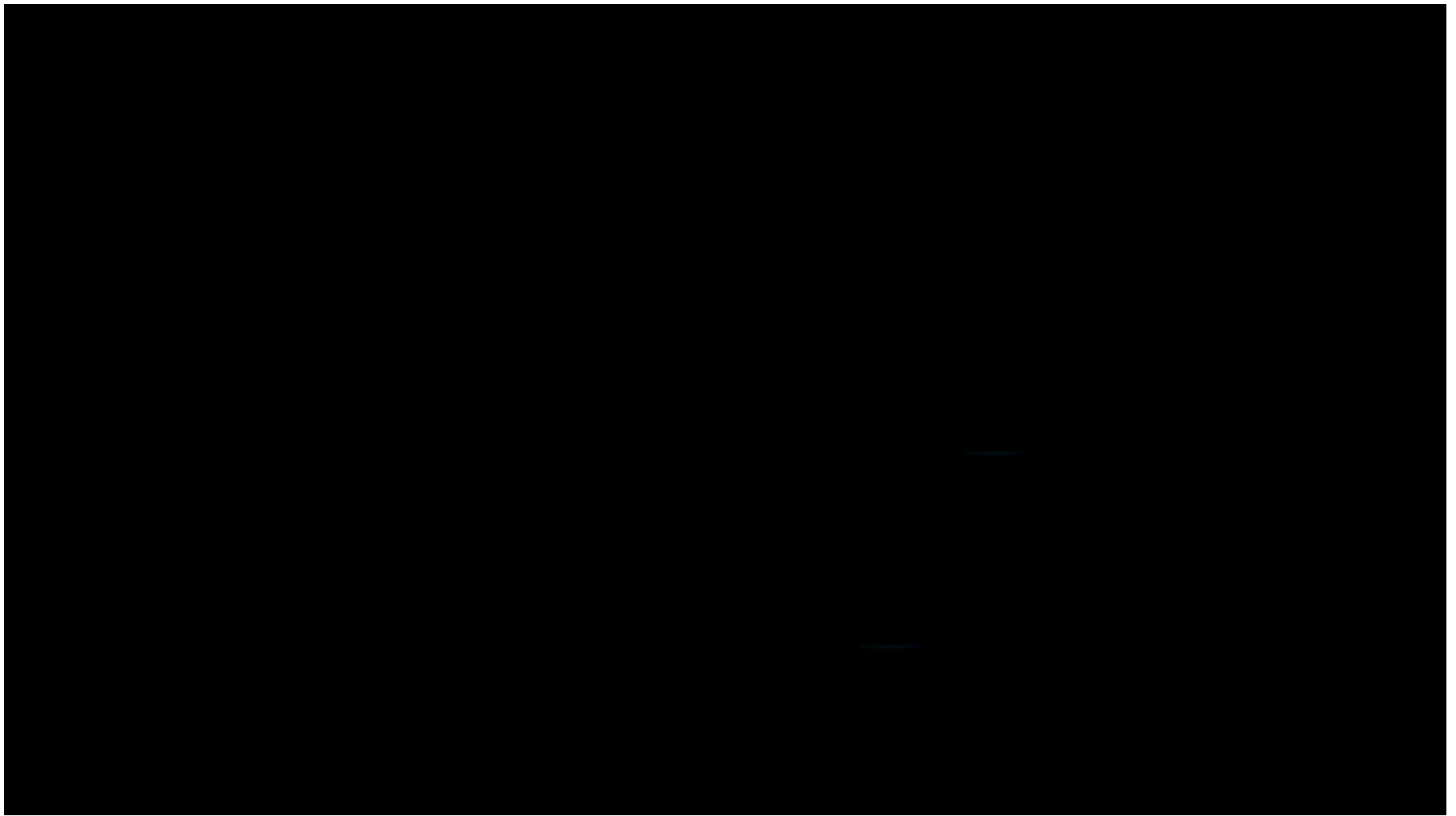
- vPACS is de afgelopen jaren aanzienlijk geëvolueerd.
- Virtualisatie is technisch haalbaar voor alle PAC functies
- De methodologieën voor testen en de bijbehorende eisen verschillen substantieel van traditionele benaderingen. Zowel fysieke als virtuele testomgevingen blijven noodzakelijk.
- Overgang naar software-defined PAC is onontkoombaar
- Fysieke en virtuele test sets blijven nodig

Verwachtingen korte termijn (2-5 jaar)

- **Standaardisatie van test procedures voor vPACS**
- **Geïntegreerde virtuele test omgevingen**
- **Fysieke en Virtuele systemen tijdens transitie periode**

NU





Lange termijn visie (5-10 jaar)

- AI-gebaseerde test optimalisatie en voorspellen van defecten
- Cloud-based testen op afstand
- Digital twin integratie voor real-time systemen

Key Takeaways

1. vPACS testing vereist een **fundamenteel andere benadering**
2. **Virtuele en fysieke test sets** hebben complementaire rollen
3. **Standardization is cruciaal** voor een succesvolle implementatie
4. **Toekomst is software-defined** PAC systemen

Bronnen

- **CIGRE Technical Brochure 891** - Protection, Automation and Control Architectures with Functionality Independent of Hardware
- **CONPROVE, Brazil** - Specialized testing solutions
- **IEC 61850 Standards Series** - Communication protocols

**BEDANKT
VOOR JULLIE
AANDACHT**



cigre
Nederland