

PhD Eng . Aleksander Gul

ABB Sp. z o.o. , Warszawa

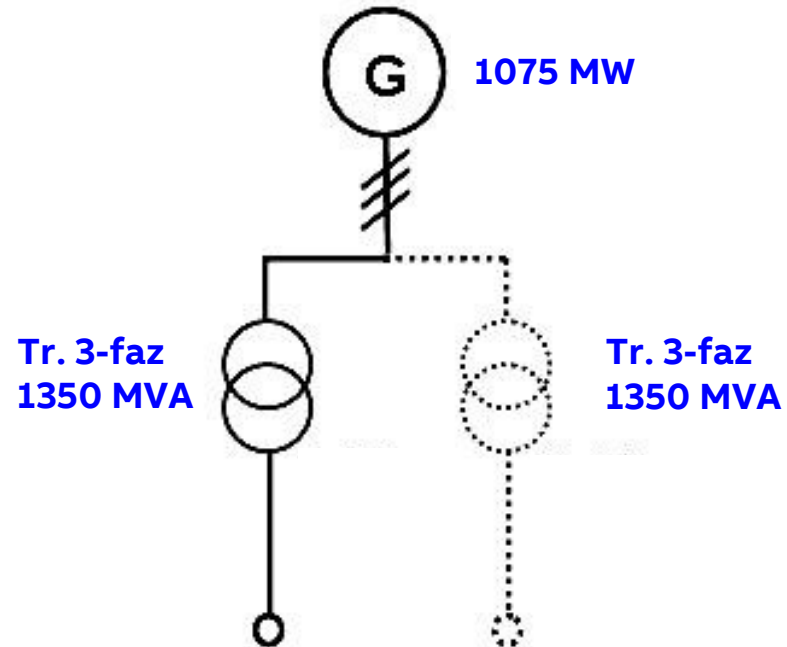
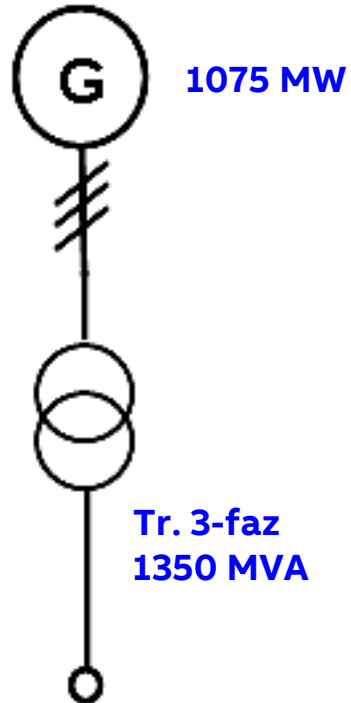
Nowoczesne rozwiązania ABB dla wyprowadzenia mocy dla bloków Elektrowni Jądrowych o mocy rzędu 1.0 GW.

- 1) **Polski producent** transformatorów mocy ABB Sp. z o.o. , Fabryka w Łodzi , dostarczył i uruchomił 4 transformatory mocy (1-fazowe) Typu TN1SRE 450000 /400 PN (jeden w rezerwie wymianę) dla wyprowadzenia mocy z Bloku Energetycznego o mocy **1075 MW w Elektrowni Koźienice .**
- 2) Obliczenia , projektowanie i pełny cykl produkcyjny zrealizowany w **Polsce** . Transformatory 1 – fazowe to optymalne rozwiązanie zarówno technicznie jak i kosztowo , w przypadku budowy pierwszej **Elektrowni Jądrowej w Polsce** .

**DWIE OPCJE DLA ELKTROWNI JĄDROWEJ Z BLOKAMI O
MOCY RZĘDU 1.0 GW :**

- transformatory 3 – fazowe**
- transformatory 1 - fazowe**

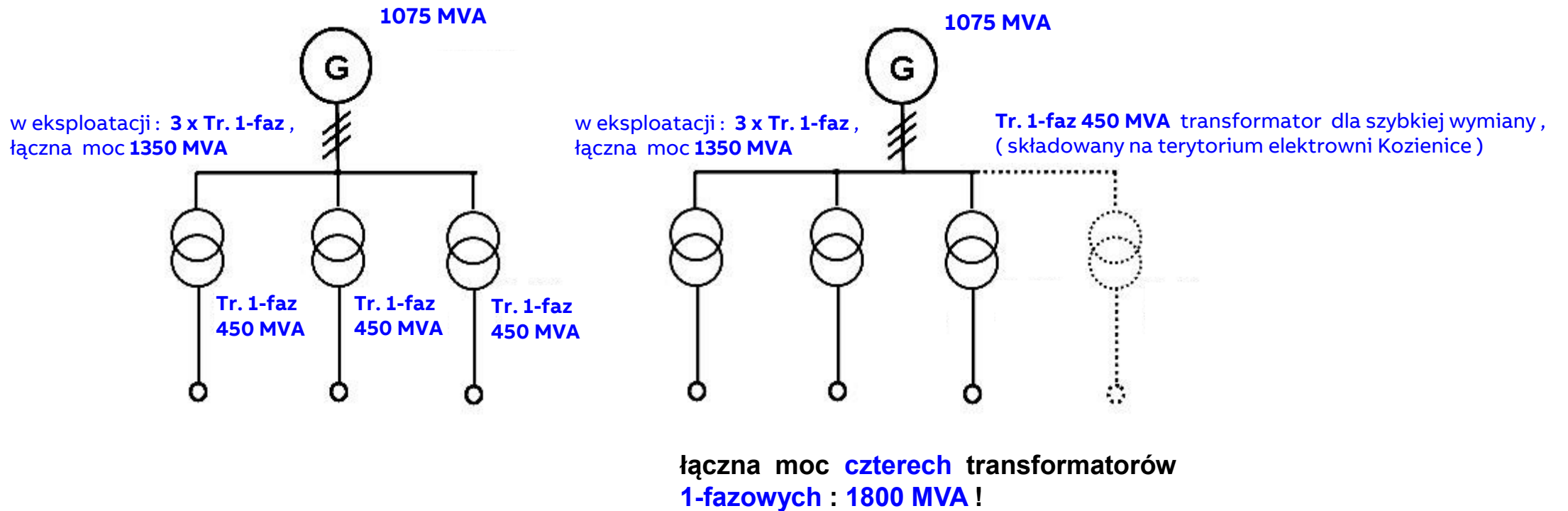
Konfiguracja wyprowadzenie mocy z generatora (transformatory 3 – fazowe)



Łączna moc **dwóch** transformatorów **3-fazowych** **2700 MVA** ! jeśli jeden w rezerwie w Elektrowni , na wymianę w razie awarii !

Konfiguracja wyprowadzenie mocy z generatora (transformatory 1 – fazowe)

Elektrownia KOZIENICE , blok 1075 MW



Ograniczenia gabarytowe dla transportu w Polsce

Moc Transformatora	Długość transportowa	Szerokość transportowa	Wysokość transportowa	Masa transportowa bez oleju	Masa całkowita
1000 MVA	15 m	4m	5m	390ton	485ton
1200 MVA	17m	4.5m	5.5m	490ton	630ton
Ograniczenia gabarytowe dla transportu kolejowego na terenie kraju	14m	3.5m	4.8m	transformator jednofazowy 200 ton 265 ton	

tak dużej mocy transformatory nie mogą być dostarczone do polskich elektrowni koleją czy drogami publicznymi !

cztery transformatory 1- fazowe Typu TN1SRE 450000 /400 PN przewieziono z Łodzi do Kozienic z wykorzystaniem transportu kolejowego

Porównanie kosztów wykonania transformatorów (bez kosztów transportu)			
Moc Transformatora MVA	Blok bez rezerwy	Moc Transformatora MVA	Blok z rezerwą
1 x 1200 Tr. 3-faz.	100%	2 x 1200 Tr. 3-faz.	200%
2 x 600 Tr. 3-faz.	151%	3 x 600 Tr. 3-faz.	227%
3 x 400 Tr. 1-faz.	141%	4 x 400 Tr. 1-faz.	188%

cztery transformatory 1-fazowe o mocy 450 MVA transformatory Typu TN1SRE 450000 /400 PN wybrano dla Elektrowni Kozienice - również ze względu na niższą cenę czterech jednostek , w porównaniu z dwoma transformatorami 3-fazowymi !

ABB Sp. z o.o. , Warszawa

Fabryka Transformatorów Mocy Łodzi produkuje wyroby o najwyższej jakości , w oparciu o wspólną technologię zwaną **TrafoSar™** , oraz urządzenia i metody pomiarów wykorzystywane podczas prób fabrycznych FAT , takie same we wszystkich fabrykach Koncernu ABB . W opracowaniu technologii **TrafoSar™** wykorzystano doświadczenie **ośmiu** dużych i niezależnych producentów transformatorów mocy , wchodzących obecnie w skład Koncernu ABB !

Wspólna Technologia

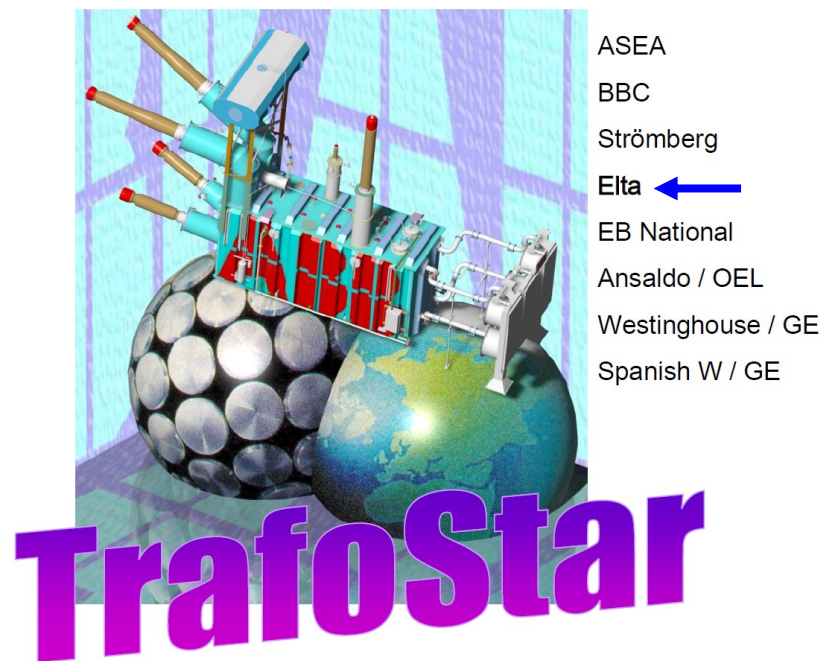


ABB Sp. z o.o. Fabryka Transformatorów Mocy w Łodzi , zdolność produkcyjna :

-- moc znamionowa do **600 MVA**

-- napięcie znamionowego do **550 kV**



Stacja Prób Fabryki Transformatorów Mocy w Łodzi :

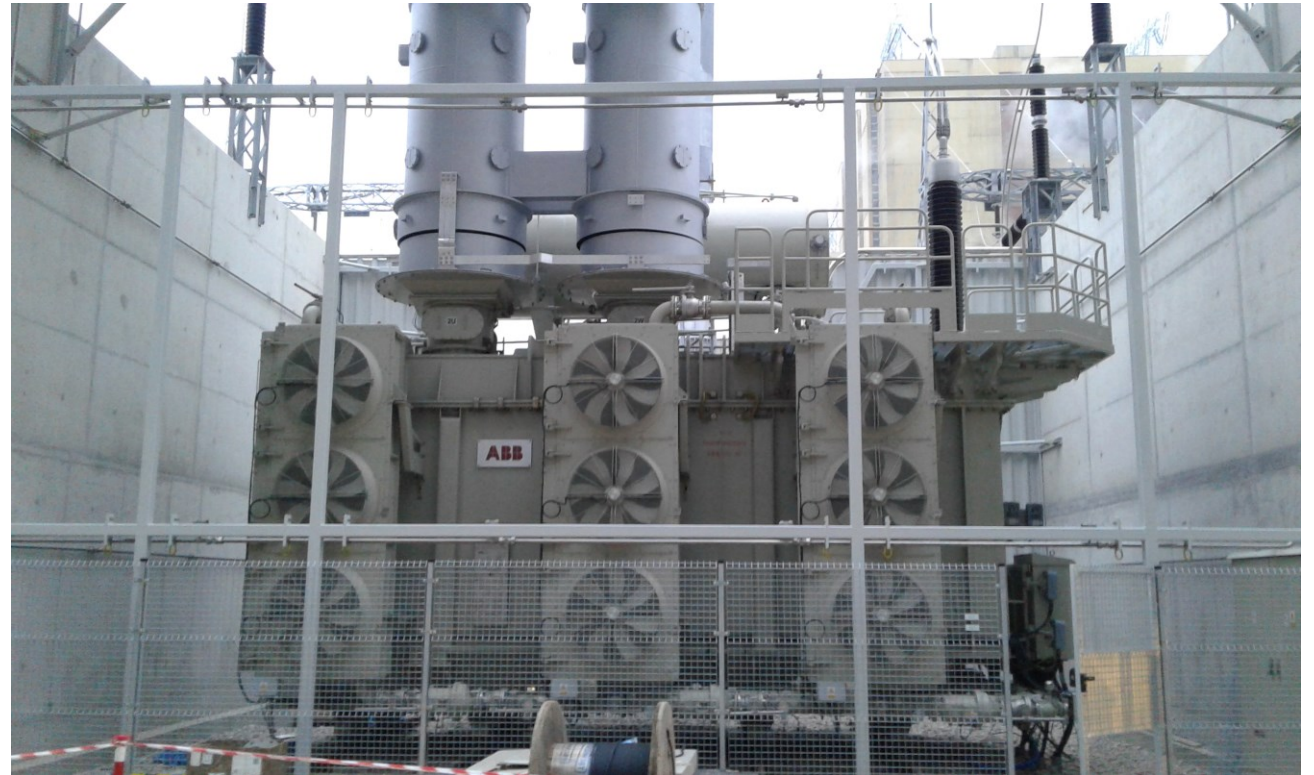
- **Możliwość testowania w obiektów 3 fazowych i 1 fazowych:**
 - **transformatorów i autotransformatorów do**
 - **mocy znamionowej 600 MVA,**
 - **napięcia znamionowego 550 kV**
 - **przesuwników fazowych do mocy 500 MVA**
- **Możliwość testowania jednostek zgodnie z IEC, IEEE oraz GOST**



1-fazowy transformator Typu TN1SRE 450000 /400 PN o mocy 450 MVA dostarczony i uruchomiony w Elektrowni Kozienice podczas prób fabrycznych (FAT) w Laboratorium Fabryki Transformatorów Mocy w Łodzi

Świadectwo prób fabrycznych transformatora Typu TN1SRE 450000 /400 PN →

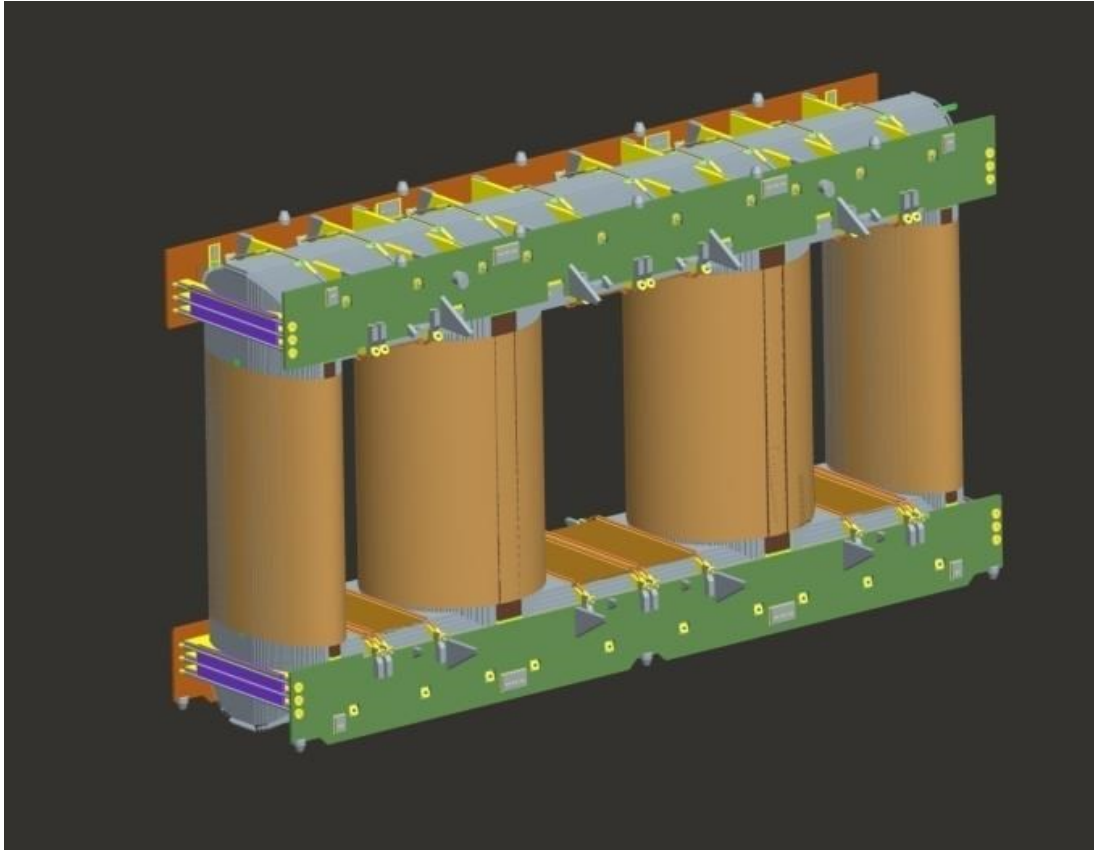
ABB		RAPORT Z PRÓB ABB Sp. z o. o.	Nr raportu 2015/0141/026 Strona 1 z 55
Klient: Kozienice	Objekt badany: Moc znamionowa: 450 / 450 MVA Napięcie: 425V 3+10 x 1.0% / 27 kV Prąd znamionowy: 1834 / 16667 A Poziomy izolacji: Uzwojenie GN: LI 1300 AC 570 - LI 650 AC 325 kV Uzwojenie DN: LI 170 AC 70 kV Połączenie uzwojeń: II0 Grupa połączeń: II0 (YNd11 dla 3 sztuk) Częstotliwość: 50 Hz Rodzaj chłodzenia: ODAF Dopuszczalny przyrost temp. oleju: 60 °C Dopuszczalny przyrost temp. uzw.: 70 °C	Nr fabryczny.: 1134174 Transformator 1 fazowy	
Oznaczenie ABB Sp. z o. o. Typ transformatora: TN1SRE 450000/400 PN Numer zlecenia produkcyjnego: W.580.1.2014			
Próby przeprowadzone i zatwierdzone: Pomiar przekładni Pomiar rezystancji uzwojeń Pomiar strat i prądu stanu jałowego Pomiar prądów magnesujących 230 V Pomiar strat i napięcia zwarcia Próba napięciem doprowadzonym Próba napięciem indukowanym Pomiar wyładowań niezapalnych Pomiar rezystancji izolacji Wyznaczenie parametrów halasu Próba napięciem udarowym piorunowym Próba napięciem łączeniowym Pomiar nagrzewania Pomiar strat w obwodach pomocniczych Laboratoryjne Badanie Oleju Pomiar współczynnika stratności Pomiar czasów własnych przełącznika zaczepek FDS Próby Funkcjonalne Karta Kalibracji Modelu Ciepłego Próba szczelności FRA Pomiar Przekładników Prądowych Próba próżni		Stosowane normy: IEC 60076-1 Obecni podczas prób: - Zbigniew Musiałowicz Polimex - Theo Smits MHPS - Waldemar Wróbel ILF - Dariusz Chołuj ENEA Uwagi: Wynik Prób i Badań - POZYTYWNY	
Zakład: ABB Sp. z o. o. 91-205 Łódź ul. Aleksandrowska 67/93	Komórka organizacyjna: Stacja Prób	Data: 2015-07-17	
Opracował: Krzysztof Andrzejak Podpis: <i>[Signature]</i> Specjalista ds. Kontroli Jakości ABB Sp. z o.o. Dział w Łodzi	Zatwierdził: <i>[Signature]</i> Podpis: <i>[Signature]</i> Kierownik Stacji Prób Zakład Transformatorów Mocy ABB Sp. z o.o. Dział w Łodzi Adam Jaros		
<i>[Signature]</i> Krzysztof Andrzejak			



Jeden z trzech 1-fazowych transformatorów Typu TN1SRE 450000 /400 PN o mocy 450 MVA w Elektrowni Kozienice ,
zainstalowany i uruchomiony dla wyprowadzenia mocy z Bloku Energetycznego o mocy 1075 MW.

ABB Sp. z o.o. , Warszawa

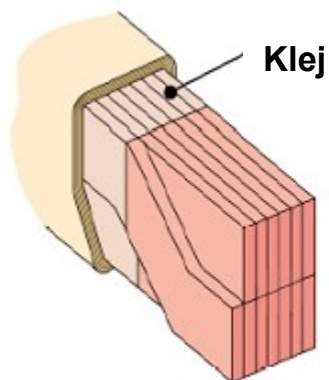
Konstrukcja rdzenia 1-fazowego transformatora blokowego o mocy **450 MVA** , dostarczonego i uruchomionego w Elektrowni KOZIENICE



-- W konstrukcji rdzenia zastosowano wysokiej jakości blachę transformatorową o **niskiej stratności**, dzięki temu obniżono straty jałowe transformatora.

-- Przewidziano rdzeń zawierający 2 kolumny z uzwojeniami oraz 2 kolumny powrotne co znacząco **obniżyło wysokość transformatora** , ważne dla ograniczeń w gabarytach dla transportu kolejowego i drogowego w **Polsce**.

Konstrukcja uzwojenia transformatora blokowego 1-fazowego o mocy 450MVA



Zastosowano przewody z ciągłą transpozycją żył (CTŻ)

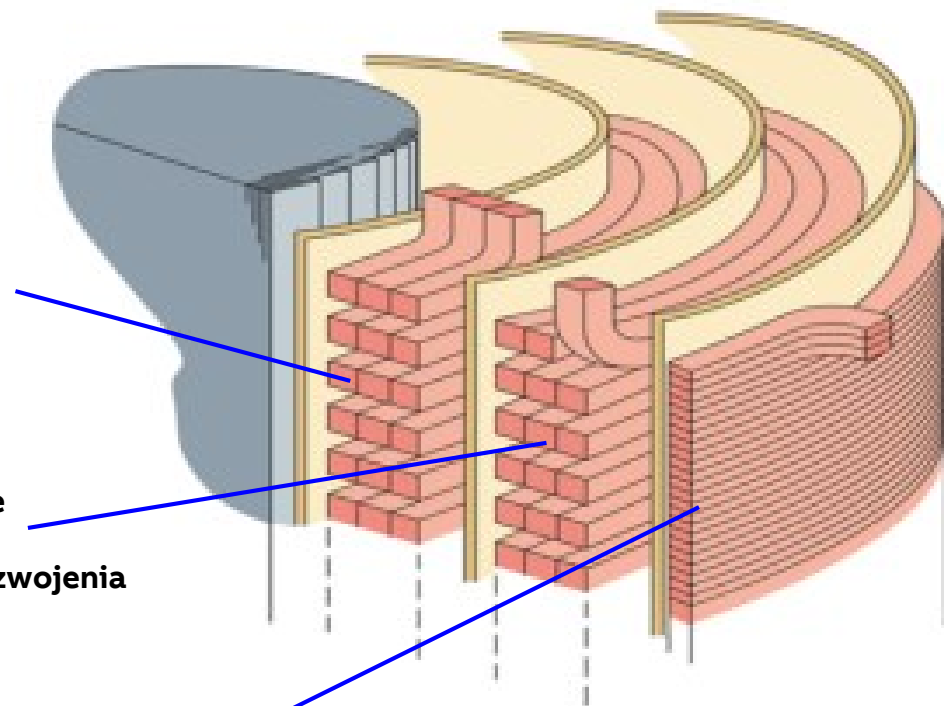
ZALETY :

- Zminimalizowanie **strat** dodatkowych w uzwojeniu
- Zwiększenie **wytrzymałości** zwarciowej (zastosowanie kleju)
- Większa **precyzja** wykonania uzwojenia

uzwojenie DN
śrubowe
odporne na
duże pądy
zwarciove

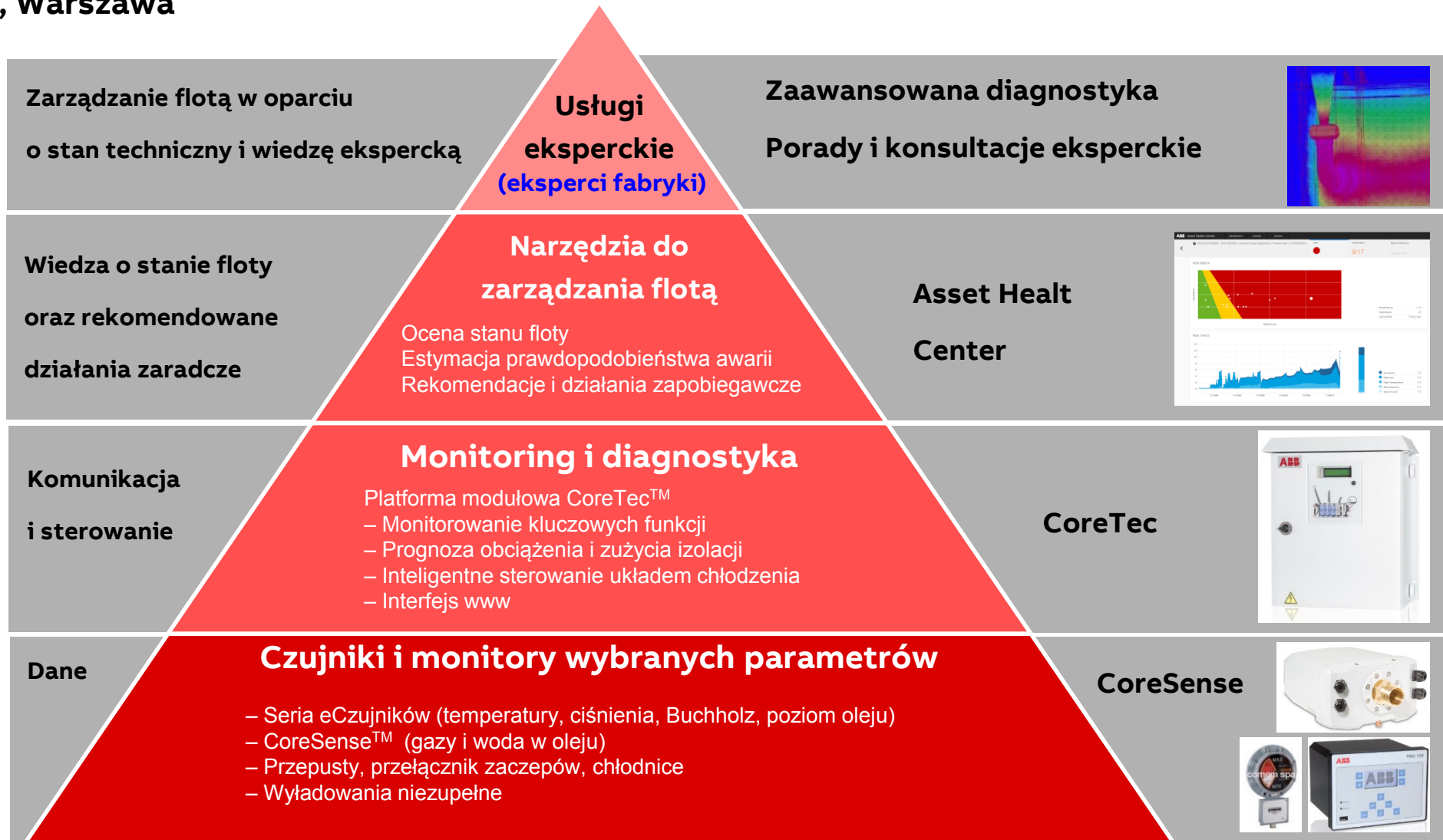
uzwojenie GN wywrotkowe
optymalny rozkład pola
elektrycznego wewnątrz uzwojenia

uzwojenie
śrubowe
regulacyjne



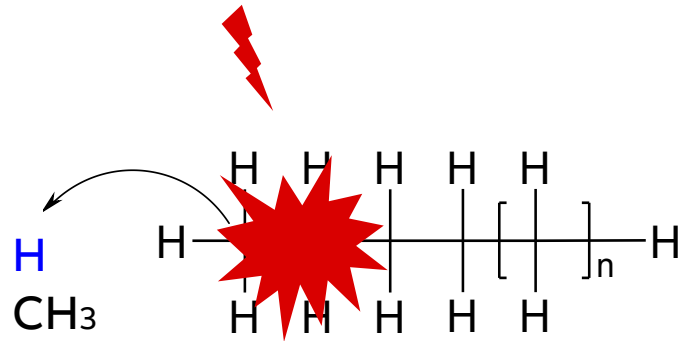
Ważne dla Elektrowni w tym **Jądrowych** :

ABB Sp. z o.o. oferuje urządzenia i oprogramowanie dla : **kompleksowego monitoringu ; diagnostyki ; sterowania** oraz dla **zdalnych powiadomień** klienta o stanie technicznym oraz gotowości do pracy Transformatora Mocy zainstalowanego w Bloku Energetycznym !

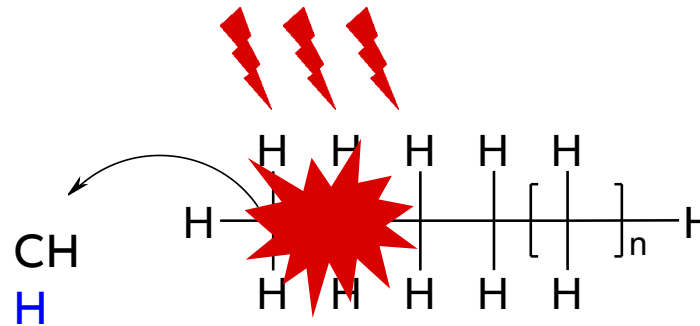


Ocena stopnia degradacji olejów mineralnych podstawowe kryterium oceny stanu transformatora

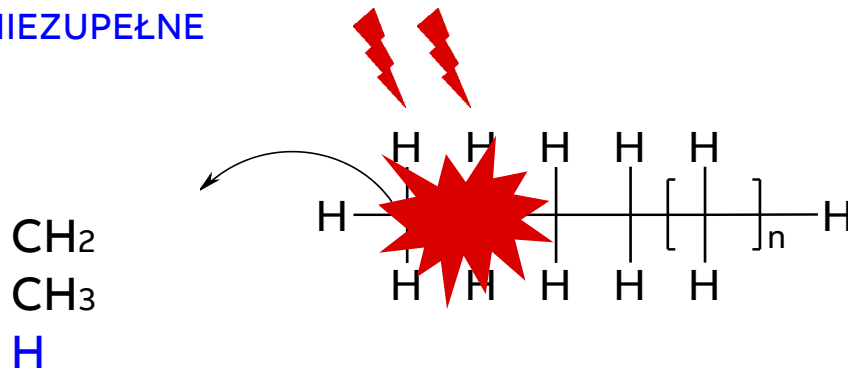
Generacja gazów



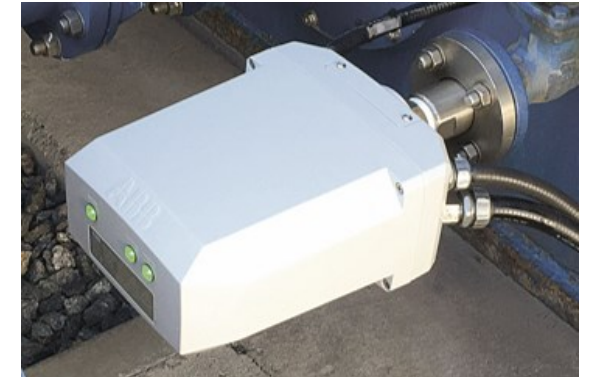
WYŁADOWANIA NIEZUPEŁNE
(WNZ)



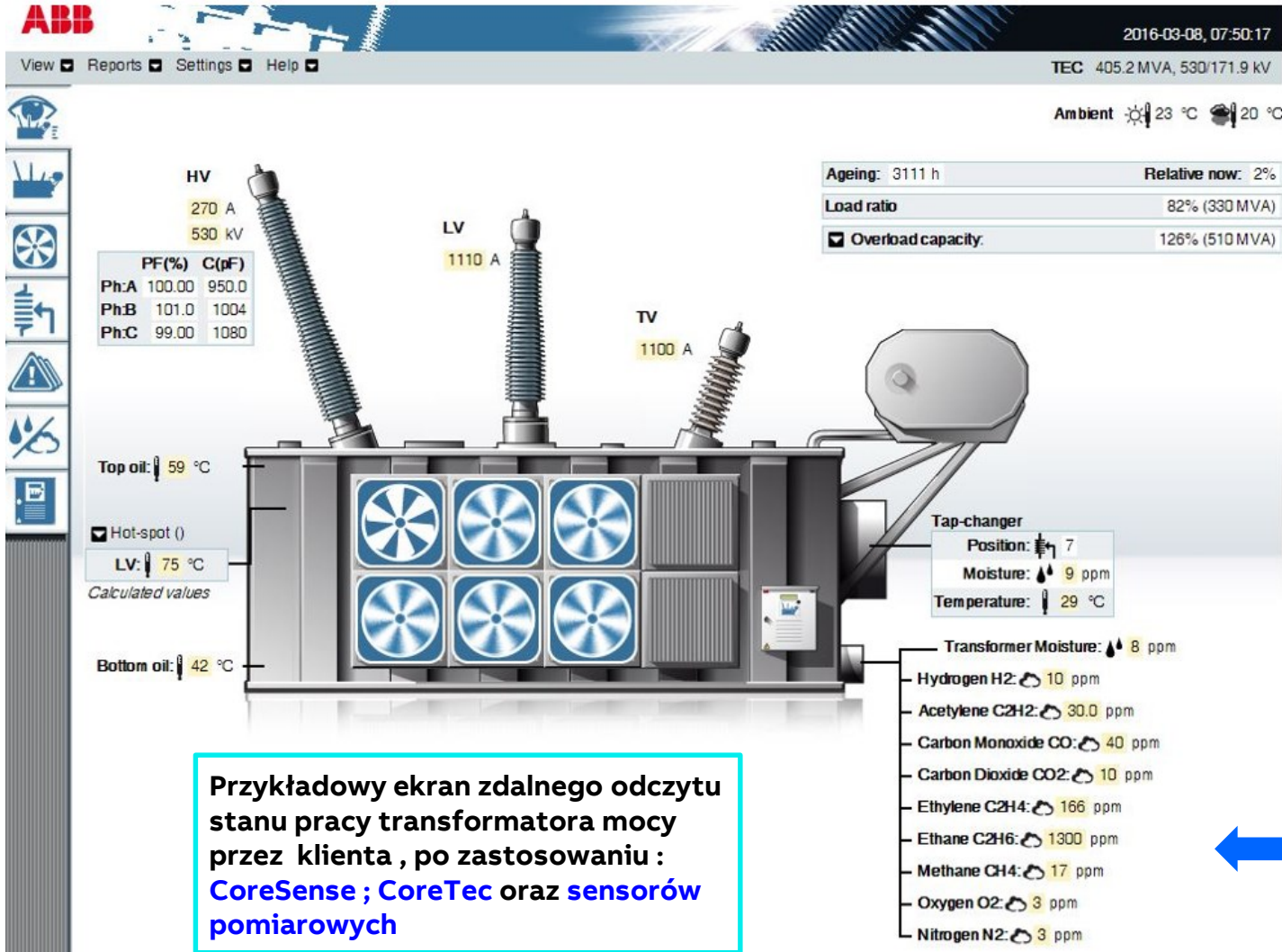
WYŁADOWANIA
ŁUKOWE



PRZEGRZANIE



Urządzenie **CoreSense** mierzy zawartość **wodoru** w oleju oraz **osiem innych gazów**, przy rozkładzie oleju pod wpływem : wyładowań niezupełnych ; miejscowych przegrzań ; wyładowania łukowego , oraz **zawartość wody** w oleju .



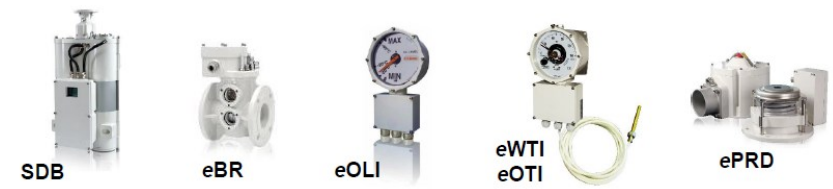
Przykładowy ekran zdalnego odczytu stanu pracy transformatora mocy przez klienta, po zastosowaniu : CoreSense ; CoreTec oraz sensorów pomiarowych



Czujnik 9 gazów oraz zawartości wody w oleju typu CoreSense



System CoreTec monitorowanie kluczowych funkcji ; prognoza zużycia izolacji ; inteligentne sterowanie systemem chłodzenia



Grupa sensorów dla integracji z systemem CoreTec

**WYŁĄCZNIKI GENERATOROWE PRODUKCJI ABB W BLOKU
ELEKTROWNI - W TYM **JĄDROWEJ** : CEL STOSOWANIA ; BUDOWA
I ZASADA DZIAŁANIA ; DOBÓR ; MONITORING .**

Wyłączniki Generatorowe niezbędny element wyprowadzenia mocy z bloku Elektrowni Jądrowej , Fakty :

ABB jest **światowym liderem** w projektowaniu oraz produkcji wyłączników generatorowych , od **1954** roku począwszy dostarczono do klientów ponad **8.000 aparatów** (eksploatacja w ponad 100 krajach świata)

- Posiadamy **najnowocześniejszą** technologię najszerzą ofertę tych urządzeń z wykorzystaniem gazu SF6 , które są w stanie sprostać wymaganiom wszystkich typów bloków energetycznych na świecie (prądy robocze od **3.000** do **50.000 A** ; prądy zwarciove od **50 kA** do **300 kA**)
- Wyłączniki generatorowe produkcji ABB pracują w polskich elektrowniach od wielu lat i nasze referencje w **Polsce to ponad 100 wyłączników** generatorowych w technologii gazu SF6
- Nasze urządzenia pracują obecnie w układach wyprowadzenia **najnowszych bloków energetycznych - w Polsce** min. z bloku **858 MW** w Elektrowni Bełchatów
- ABB dostarczyło wyłączniki generatorowe dla nowo budowanego bloku w **Elektrowni Koźienice** o mocy **1075 MW**, oraz rozbudowywanej Elektrowni Opole (Bloki 5 i 6) oraz planuje odegrać kluczową rolę w dalszym procesie modernizacji polskiej energetyki



Elektrownie Jądrowe - NU

Power and productivity for a better world™



Reference List Generator Circuit-Breakers

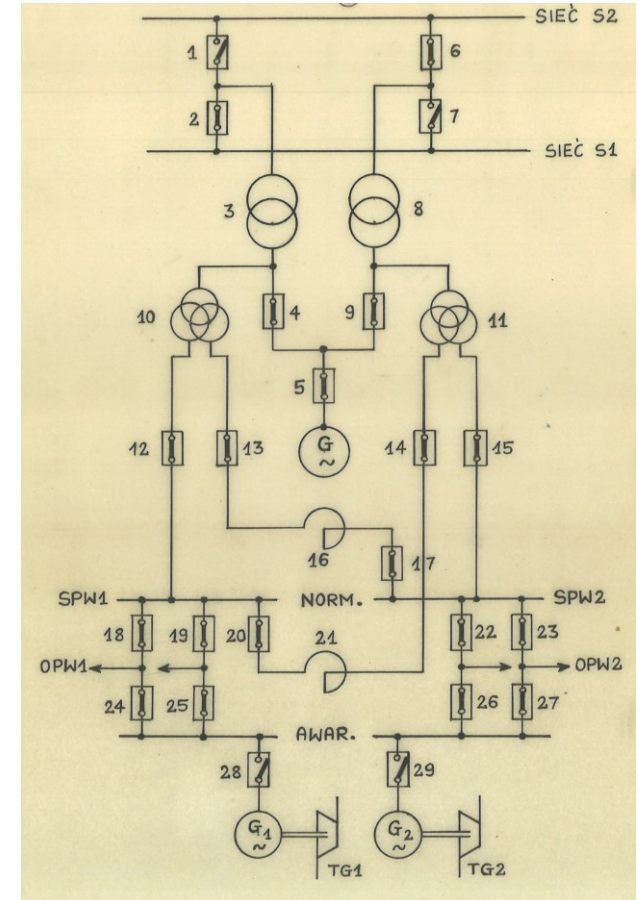
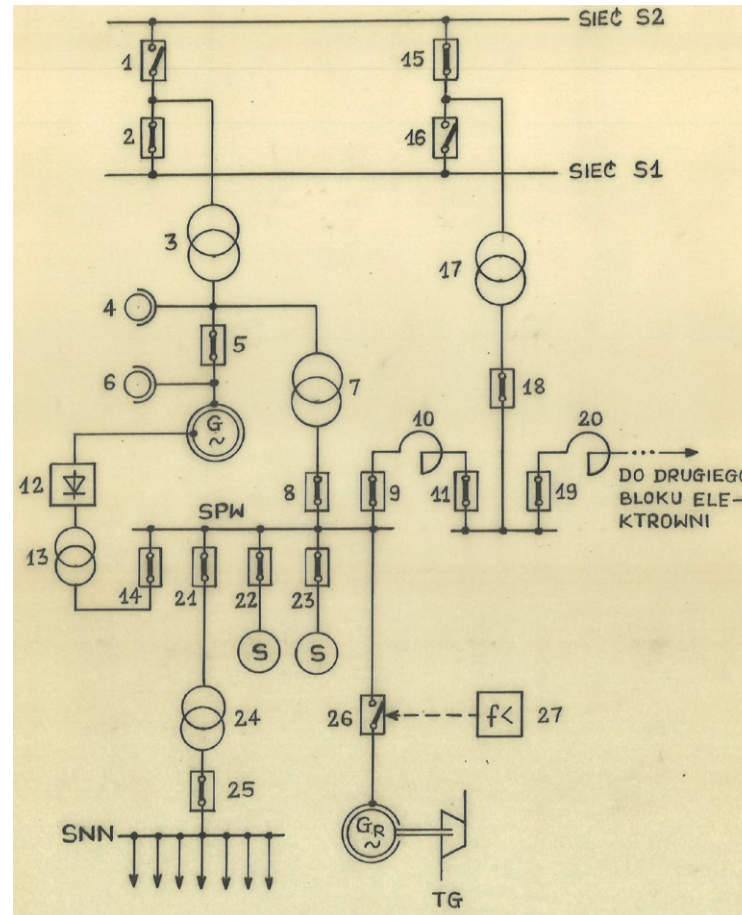
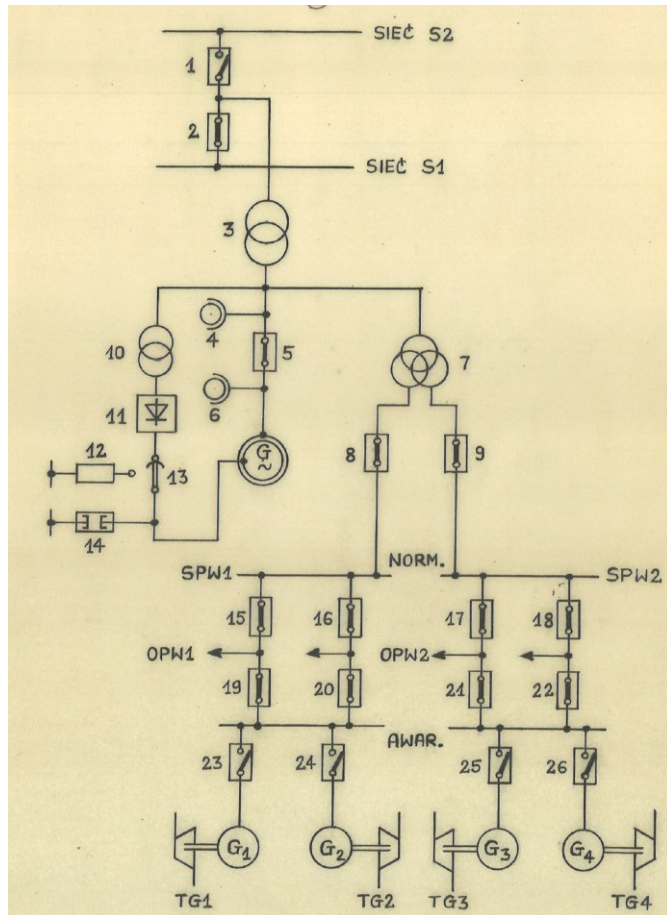
Country of Installation Customer	Site Name	Type of Power Plant	Qty	Type of GCB	Order Year	Delivery Year	Sn (MVA)	Un (kV)	In (A)
ARGENTINA									
NUCLEOELECTRICA ARGENTINA SA	ATUCHA I	NU	1	HECS-100L	2012	2012	360	21	12,000
NUCLEOELECTRICA ARGENTINA, SA	SEMBALSE-RIO TERCERO	NU	1	HECTA	2012	2012	826	22	24,000
BELGIUM									
SA ELECTRABEL	TIHANGE	NU	1	HECT	2007	2007	1,000	24	34,000
SA ELECTRABEL	TIHANGE	NU	1	HECT	2007	2008	1,000	24	34,000
BULGARIA									
KOZLODUY NUCLEAR POWER PLANT	KOZLODUY UNIT 5, 6	NU	2	HECT	2002	2003	1,000	24	26,750
KOZLODUY NUCLEAR POWER PLANT	KOZLODUY	NU	2	HEK3	1995	1996	220	15.75	9,500
KOZLODUY NUCLEAR POWER PLANT	KOZLODUY	NU	2	HEK3	1995	1995	220	15.75	9,500
CHINA									
CAP1400 SNDFP	CAP1400 SNDFP	NU	1	HEC9	2016	2018	1,722	27	43,000
CAP1400 SNDFP	CAP1400 SNDFP	NU	1	HEC9	2016	2019	1,722	27	43,000
ABB CHINA	TIANWAN NO. 1&2 REPLACEMENT	NU	1	HECTC	2016	2016	1,318	24	34,000
JIANGSU NUCLEAR POWER CO., LTD	TIANWAN NPP UNIT 5&6	NU	1	HECTC	2016	2017	1,278	24	32,000
JIANGSU NUCLEAR POWER CO., LTD	TIANWAN NPP UNIT 5&6	NU	1	HECTC	2016	2018	1,278	24	32,000
TIANWAN NPP	TIANWAN REPLACEMENT UNIT	NU	1	HECTC	2016	2017	1,318	24	34,000
CNPEC	FANGCHENGANG NPP PHASE II	NU	1	HECTC	2015	2018	1,380	24	33,200
CNPEC	FANGCHENGANG NPP PHASE II	NU	1	HECTC	2015	2019	1,380	24	33,200
CHINA NUCLEAR ENERGY INDUSTRY	FUJING 5&6 NPP	NU	1	HECTC	2015	2018	1,290	24	34,000
CHINA NUCLEAR ENERGY INDUSTRY	FUJING 5&6 NPP	NU	1	HECTC	2015	2017	1,290	24	34,000
CONPC	HONGYANHE NPP PHASE II	NU	1	HECTC	2016	2017	1,278	24	30,800
CONPC	HONGYANHE NPP PHASE II	NU	1	HECTC	2015	2018	1,278	24	30,800
ABB CHINA	TIANWAN NO. 1&2 REPLACEMENT	NU	1	HECTC	2015	2015	1,318	24	34,000
SHANDONG NUCLEAR CO. LTD HAIYI	HAIYANG 3&4 NPP	NU	2	HECTC	2014	2018	1,407	24	33,847
CNPEC	LUFENG NPP	NU	2	HECTC	2014	2018	1,495	24	40,000
DAYA BAY NPP	DAYA BAY NPP	NU	2	HECTB	2013	2014	985	26	23,778
TIANWAN NPP	TIANWAN NPP 3&4	NU	4	HECTC	2013	2015	1,318	24	34,000
TIANWAN NPP	TIANWAN NPP 3&4	NU	4	HECTC	2013	2016	1,318	24	34,000
CNPEC	CHANGJIANG NPP	NU	2	HECTA	2011	2013	660	24	22,000
JIANGSU NUCLEAR POWER CO.	FUJING II NPP	NU	1	HECTC	2011	2013	1,100	24	32,000
JIANGSU NUCLEAR POWER CO.	FUJING II NPP	NU	1	HECTC	2011	2014	1,100	24	32,000
GUANGXI FANGCHENGANG NUCLE	FANGCHENGANG NPP	NU	1	HECTC	2010	2012	1,222	24	33,000
GUANGXI FANGCHENGANG NUCLE	FANGCHENGANG NPP	NU	1	HECTC	2010	2013	1,222	24	33,000
CNPEC	FANGJIASHAN NPP	NU	2	HECTC	2010	2011	1,210	24	33,000
CNPEC	FUJING NPP	NU	1	HECTC	2010	2011	1,210	24	33,000
CNPEC	FUJING NPP	NU	1	HECTC	2010	2010	1,210	24	33,000
CNPEC	HAIYANG NPP	NU	2	HECTC	2010	2012	1,410	24	36,000
CNPEC	SANMEN NPP	NU	1	HECTC	2010	2012	1,270	24	36,000
CNPEC	SANMEN NPP	NU	1	HECTC	2010	2011	1,270	24	36,000

Country of Installation Customer	Site Name	Type of Power Plant	Qty	Type of GCB	Order Year	Delivery Year	Sn (MVA)	Un (kV)	In (A)
HUANENG SHIDAOWAN NPP	SHIDAOWAN NPP	NU	2	HECS-80S	2010	2015	249	18	8,500
HUANENG SHIDAOWAN NPP	SHIDAOWAN NPP	NU	2	HECS-80S	2010	2015	249	18	8,500
HUIAN NINGDE NUCLEAR POWER	NINGDE	NU	1	HECTC	2009	2010	1,278	24	33,000
FUJIAN NINGDE NUCLEAR POWER	NINGDE	NU	1	HECTC	2009	2011	1,278	24	33,000
CNPEC	NINGDE 3 & 4	NU	1	HECTC	2009	2011	1,222	24	33,000
CNPEC	NINGDE 3 & 4	NU	1	HECTC	2009	2012	1,222	24	33,000
CNPEC	YANGJIANG NPP 1-6	NU	1	HECTC	2009	2013	1,222	24	33,000
CNPEC	YANGJIANG NPP 1-6	NU	2	HECTC	2009	2011	1,222	24	33,000
CNPEC	YANGJIANG NPP 1-6	NU	2	HECTC	2009	2016	1,222	24	33,000
CNPEC	YANGJIANG NPP 1-6	NU	1	HECTC	2009	2012	1,222	24	33,000
LIAONING HONGYANHE NUCLEAR P	HONGYANHE NPP	NU	1	HECTC	2008	2010	1,278	24	33,000
LIAONING HONGYANHE NUCLEAR P	HONGYANHE NPP	NU	2	HECTC	2008	2011	1,278	24	33,000
LIAONING HONGYANHE NUCLEAR P	HONGYANHE NPP	NU	1	HECTC	2008	2012	1,278	24	33,000
LING DONG NUCLEAR POWER COM	LING AO	NU	1	HECTC	2006	2009	1,150	24	33,000
LING DONG NUCLEAR POWER COM	LING AO	NU	1	HECTC	2006	2008	1,150	24	33,000
JIANGSU NUCLEAR POWER CORP	TIANWAN NPP LIANYUNGANG	NU	1	HEC8	2000	2003	1,000	24	28,500
JIANGSU NUCLEAR POWER CORP	TIANWAN NPP LIANYUNGANG	NU	1	HEC8	2000	2002	1,000	24	28,500
FUJIAN ELECTRIC POWER CORP	QINSHAN CANDU UNITS 1 AND 2	NU	2	HECT	1999	2000	850	24	24,000
CZECH REPUBLIC									
CEZ AS	DUKOVANY	NU	8	HEK3	1992	1993	220	15.75	9,500
FINLAND									
FORTUM	LOVIISA	NU	2	HECS-100L	2013	2014	278	15.75	12,600
FORTUM	LOVIISA	NU	2	HECS-100L	2013	2016	278	15.75	12,600
GERMANY									
	BRUNO LEUSCHNER	NU	2	HEK3	1988	1987	220	15.75	10,000
HUNGARY									
PAKSI ATOMEROMU RT	PAKS	NU	2	HEK3	1994	1995	220	15.75	9,500
PAKSI ATOMEROMU RT	PAKS	NU	2	HEK3	1993	1994	220	15.75	9,500
PAKSI ATOMEROMU RT	PAKS	NU	2	HEK3	1992	1993	220	15.75	9,500
PAKSI ATOMEROMU RT	PAKS	NU	2	HEK3	1987	1995	220	15.75	9,500
INDIA									
NUCLEAR POWER CORP INDIA	KUDANKULAM NPP	NU	2	HEC8	2004	2005	1,000	24	26,700
KOREA, REPUBLIC OF									
KHNP	ULCHIN NPP 1&2	NU	2	HECTC	2010	2011	1,237	22	36,000
MEXICO									
COMISION FEDERAL DE ELEC	LAGUNA VERDE	NU	1	HECTC	2009	2010	800	22	26,000
COMISION FEDERAL DE ELEC	LAGUNA VERDE	NU	1	HECTC	2009	2009	800	22	26,000
RUSSIAN FEDERATION									
ROSENERGOATOM	KOLSKAYA NPP	NU	6	HECS-100M	2016	2016	440	15	10,000
ROSENERGOATOM	BALAKOVSKAJA NPP UNITS 3-4	NU	1	HECTB	2014	2014	1,222	24	29,400
ROSENERGOATOM	BALAKOVSKAJA NPP UNITS 3-4	NU	1	HECTB	2014	2016	1,222	24	29,400
ROSATOM	BALAKOVSKAJA NPP, U 2	NU	1	HECTB	2014	2014	1,222	24	29,400
ROSATOM	NOVOVORONEZH 2 NPP	NU	3	HECTA	2013	2013	1,200	24	20,000
ROSATOM	NOVOVORONEZH 2 NPP	NU	1	HECTA	2013	2013	1,200	24	20,000
ROSATOM	ROSTOV NPP UNIT 4	NU	1	HECTB	2012	2013	1,100	24	31,000

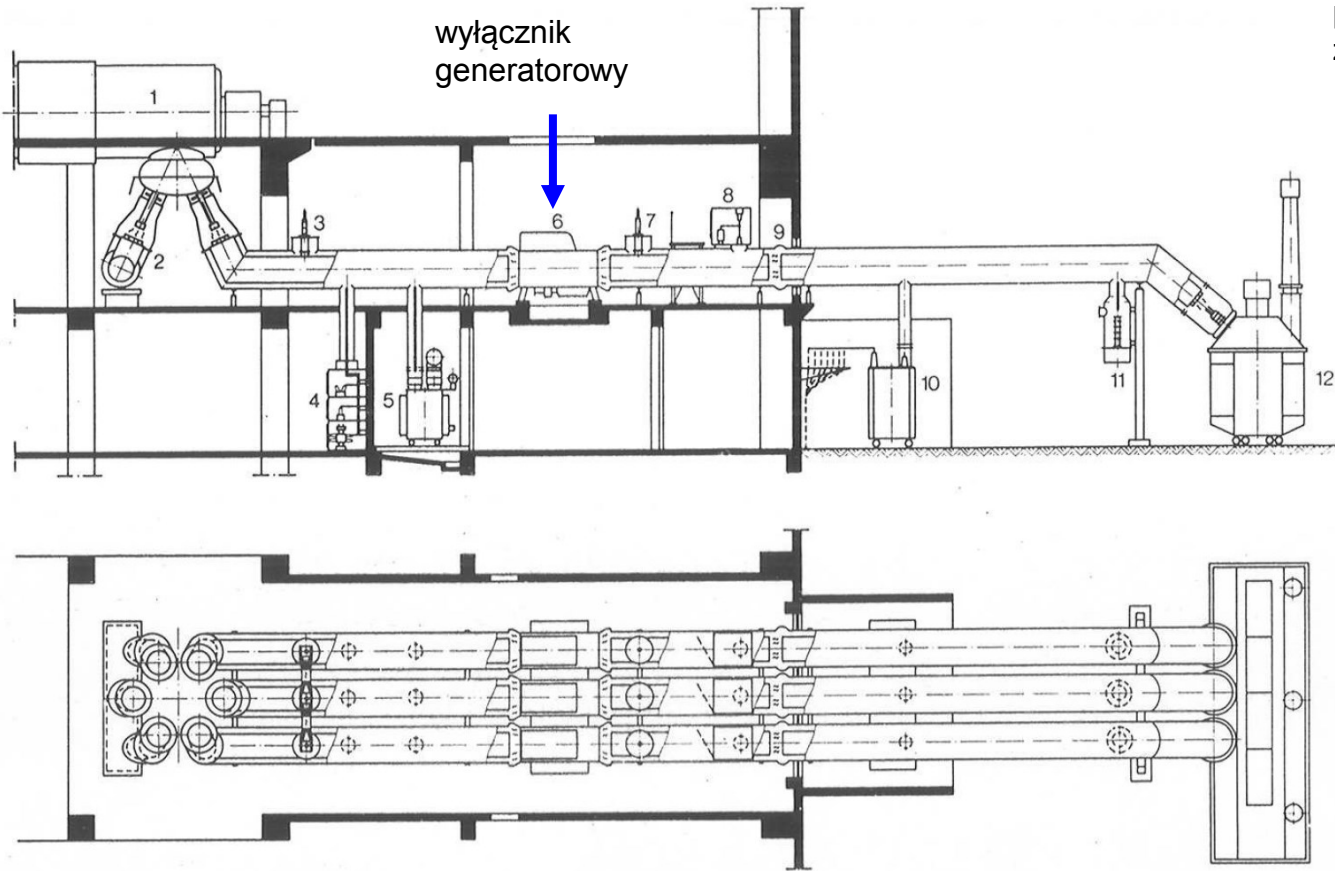
Country of Installation Customer	Site Name	Type of Power Plant	Qty	Type of GCB	Order Year	Delivery Year	Sn (MVA)	Un (kV)	In (A)
ROSATOM	BALAKOVSKAJA NPP	NU	1	HECTB	2011	2011	1,111	24	26,700
ROSATOM	ROSTOVSKAJA NPP UNIT 3	NU	1	HECTB	2011	2012	1,110	24	31,000
ROSATOM	BELOJARSK NPP	NU	1	HECTA	2010	2010	890	24	21,400
ENERGOATOM OJSC	KALININ NPP	NU	1	HECTB	2009	2009	1,111	24	29,500
ENERGOATOM OJSC	NOVOVORONEZH 2ND	NU	1	HECTA	2008	2009	588	20	17,000
ROSENERGOATOM	ROSTOV NPP	NU	1	HEC8	2008	2008	1,110	24	29,500
ENERGOATOM OJSC	NOVOVORONEZH NPP	NU	1	HECTA	2007	2008	588	20	17,000
SLOVAKIA									
SLOVENSKE ELEKTRARNE AS (SE)	MOCHOVCE II	NU	2	HEK3	1997	1998	200	15.75	9,080
SLOVENSKE ELEKTRARNE AS (SE)	BOHUNICE	NU	1	HEK3	1992	1993	220	15.75	9,500
SLOVENSKE ELEKTRARNE AS (SE)	MOCHOVCE I	NU	2	HEK3	1992	1992	220	15.75	9,500
SLOVENSKE ELEKTRARNE AS (SE)	BOHUNICE	NU	1	HEK3	1991	1992	220	15.75	9,500
SLOVENSKE ELEKTRARNE AS (SE)	BOHUNICE	NU	1	HEK3	1991	1992	220	15.75	9,500
SLOVENIA									
NEK	KRSKO	NU	1	HECTC	2015	2016	888	21	25,000
SPAIN									
ASOC NUCLEAR ASCO-VANDELLOS I	VANDELLOS	NU	1	HECTB	2011	2011	1,135	21	32,000
SWEDEN									
OKG AB	OSKARSHAMN-3	NU	1	HEC9	2016	2017	1,667	25	42,800
SWITZERLAND									
BKW FMS ENERGIE AG	KKW MÜHLEBERG	NU	2	HECS-80M	2005	2006	0	18.6	10,500
KKW GOESGEN DAENIKEN	GÖSGEN	NU	1	HEC8	2003	2003	909	26.2	27,000
NOK NORDOSTSCHWEIZERISCHE KV	BEZNAU	NU	2	HEK3	1990	1993	182	15.5	8,500
NOK NORDOSTSCHWEIZERISCHE KV	BEZNAU	NU	2	HEK3	1990	1992	182	15.5	8,500
UNITED KINGDOM									
EDF ENERGY	HARTLEPOOL G1	NU	1	HECS-130XXlp	2016	2017	776	23	20,000
EDF ENERGY UK	HARTLEPOOL G2	NU	1	HECS-130XXlp	2015	2016	776	23	20,000
EDF ENERGY	HEYSHAM 2 - UNIT 2	NU	1	HECS-130XXlp	2015	2016	791	23.5	22,000
EDF ENERGY	HEYSHAM 2	NU	1	HECS-130XXlp	2014	2015	791	23.5	22,000
UNITED STATES									
TENNESSEE VALLEY AUTHORITY	SEQUOYAH	NU	2	HECTC	2011	2011	1,356	24	34,300
SCANA	VC SUMMER 2&3	NU	1	HEC9	2011	2014	1,380	26	33,000
SCANA	VC SUMMER 2&3	NU	1	HEC9	2011	2012	1,380	26	33,000
SOUTHERN NUCLEAR	VOGTLE 3&4	NU	1	HEC9	2011	2013	1,380	26	33,000
SOUTHERN NUCLEAR	VOGTLE 3&4	NU	1	HEC9	2011	2012	1,380	26	33,000
TENNESSEE VALLEY AUTHORITY	BROWNS FERRY	NU	1	HECTC	2010	2012	1,280	22	36,800
SOUTH CAROLINA ELECTRIC & GAS	VC SUMMER	NU	1	HECTC	2010	2010	1,140	22	30,450
NEXTERA ENERGY RESOURCES LLC	POINT BEACH	NU	2	HECTC	2008	2009	690	19	24,000
TENNESSEE VALLEY AUTHORITY	BROWNS FERRY	NU	1	HECTC	2007	2008	1,280	22	36,800
TENNESSEE VALLEY AUTHORITY	BROWNS FERRY	NU	1	HECTC	2007	2009	1,280	22	36,800
TOTAL: 157									

w NU - w eksploatacji 157 wyłączników prod. ABB

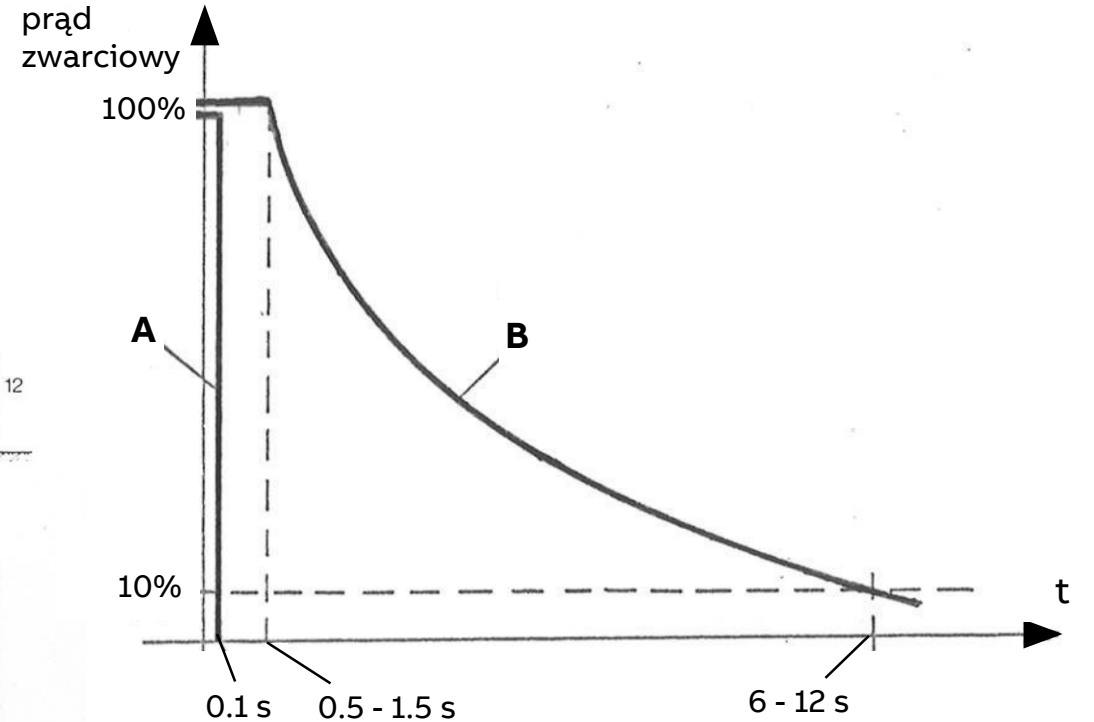




W Elektrowni Jądrowej strategicznie ważne gwarantowane zasilanie potrzeb własnych : każda sekcja szyn potrzeb własnych (SPW) musi być zasilana z trzech niezależnych źródeł zasilania , patrz przykładowe warianty schematu wyprowadzenia mocy generatora wielkiej mocy .



Standardowe rozmieszczenie urządzeń w bloku energetycznym między generatorem a transformatorem blokowym



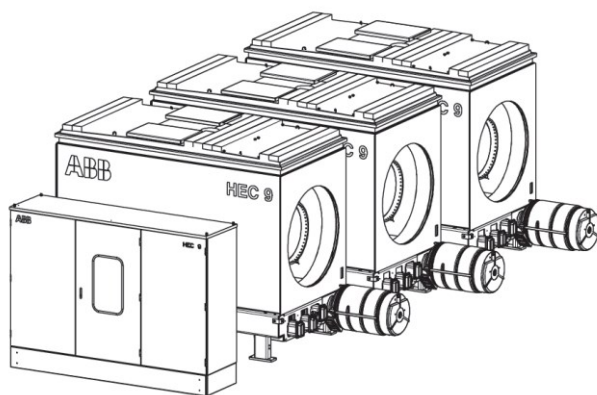
- A** - sumaryczny czas wyłączenia prądu zwarciovego przez wyłącznik generatorowy - do ... 100 ms !
- B** - zanik prądu zwarciovego w miejscu zwarcia , zasilanego z generatora przy standardowej metodzie od-wzbudzenia generatora , pełny prąd zwarciovego od 0,5 do 1.5 sekundy , 10% prądu zwarciovego - dziesiątki kA , po czasie 6 -12 sekund !
(**bardzo duże zniszczenia w miejscu zwarcia**)

HEC 9 250XL dla Elektrowni Koziencice Blok 11 , moc bloku : **1075 MW !**

ABB Switzerland Ltd.
High Current Systems Division

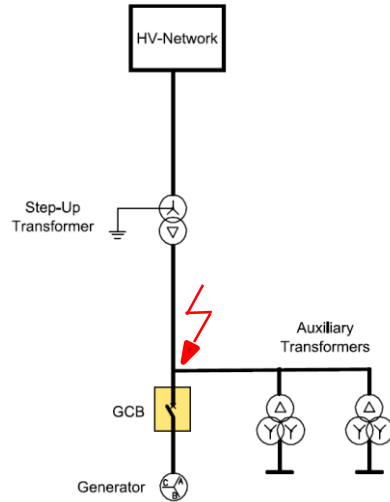
Generator Switchgear Type HEC 9-250XL: List of Type Tests

Circuit-Breaker:



**Lista potwierdzająca
Próby Typu dopuszczające
wyłącznik do eksploatacji
w blokach Elektrowni w
tym **Jądrowych****

Description of Test	Standard	Clause	Test Value	Test Report	Date of Issue
Rated Continuous Current Carrying Tests	IEEE Std. C37.013	Cl. 6.2.1	33'500 A _{rms} /50 Hz	HASH 670439	2013-12-18
Rated Dielectric Strength	IEEE Std. C37.013	Cl. 6.2.2	150 kV _{peak} ; 80 kV _{rms} /1 min. 54.6 kV _{rms} /1 min. (at 100 kPa SF ₆)	HASH 650808	2011-06-06
Short-Time Current-Carrying Capability	IEEE Std. C37.013	Cl. 6.2.3	685 kA _{peak} ; 250 kA _{rms} /3 s	KEMA 2137-11	2012-02-28
Short-Circuit Current Rating	IEEE Std. C37.013	Cl. 6.2.3	685 kA _{peak} ; 250 kA _{rms} DC-Component: 77 % ←	KEMA 2137-11	2012-02-28
Rated Transient Recovery Voltage	IEEE Std. C37.013	Cl. 6.2.4	58.0 kV _{peak} ; 6.0 kV/μs	KEMA 2137-11	2012-02-28
Rated Standard Operating Duty	IEEE Std. C37.013	Cl. 6.2.5	CO - 30 min. - CO	KEMA 2137-11	2012-02-28
Rated Interrupting Time	IEEE Std. C37.013	Cl. 6.2.6	49.3 ms	KEMA 2137-11	2012-02-28
Short-Circuit Current with Delayed Current Zeros	IEEE Std. C37.013	Cl. 6.2.7	203 kA _{rms} DC-Component: 122 % ←	KEMA 2583-11	2012-02-28
Load Current Switching Tests	IEEE Std. C37.013	Cl. 6.2.8	50'000 A _{rms}	KEMA 2002-12	2012-05-04
Out-of-Phase Current Switching Tests	IEEE Std. C37.013	Cl. 6.2.9	125 kA _{rms} DC-Component: 75 %	HASH 641364	2011-12-02
Mechanical Endurance Life	IEEE Std. C37.013	Cl. 6.2.10	5'000 CO	HASH 660554	2012-11-16
Sound Level Tests	IEEE Std. C37.013	Cl. 6.2.12	131.0 dB (C) _{peak}	HASH 660569	2011-10-27



Item	Value
Contact parting time	34 ms (HEC 9)
Tolerance on generator reactances	-15%
Making Current	545.78 kA _{peak}
Symmetrical Short-Circuit Current	172.81 kA ←
Degree of Asymmetry	101.41 %
Asymmetrical Short-Circuit Current	302.14 kA ←

UWAGA : zastosowanie **systemu szybkiego od-wzbudzenia generatora** radykalnie opóźnia przejście prądu zwarciovego przez zero . Amplituda oscylacji prądu maleje , ale wzrasta czas łukowy . Dlatego zwłaszcza w **Elektrowniach Atomowych** należy rozważyć czy sposób ten obniżenia wartości składowej okresowej będzie stosowany ? Wyłączniki generatorowe muszą być badane na prąd zwarciovowy z **opóźnionym przejściem prądu przez zero** . Wyłącznik HEC 9 badano w laboratorium KEMA z parametrami : 250 kA rms współczynnik asymetrii 77% (343 kA rms prąd asymetryczny) ; 203 kA rms współczynnik asymetrii 122% (potwierdzono ługi czas łukowy) . Wyłącznik generatorowy HEC 9 prawidłowo dobrany dla bloku 1075 MW w Kozienicach .

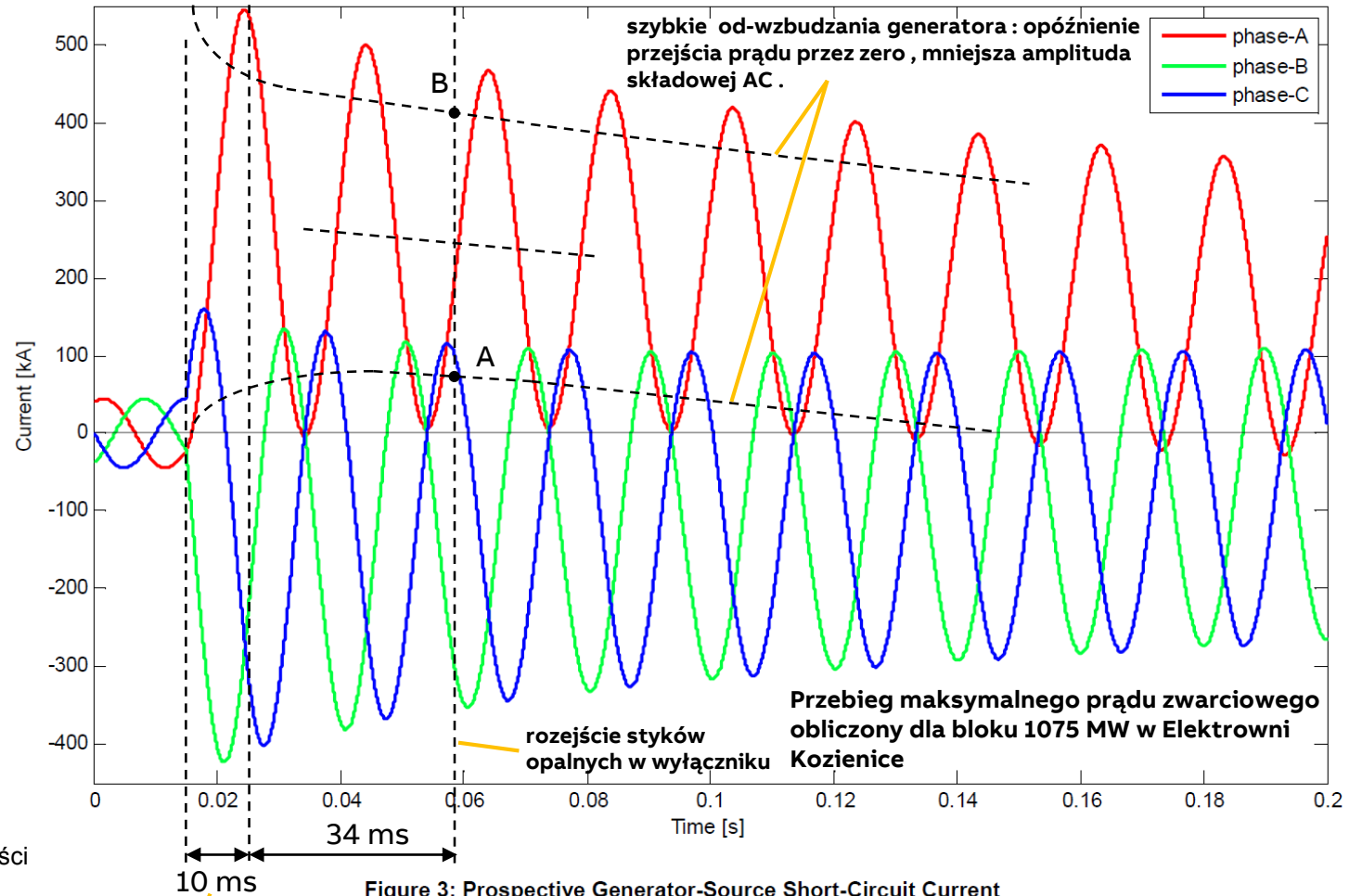


Figure 3: Prospective Generator-Source Short-Circuit Current
 Generator Delivering a Power of 1308 MVA / $\cos\phi = 0.85$ lagging Prior to Fault Initiation)
 Fault Initiation at UA = 0
 czas własny zabezpieczenia

Przed doбором wyłącznika generatorowego dla Elektrowni (tym bardziej Jądrowej) należy precyzyjnie obliczyć wartość maksymalnego prądu zwarciovego bloku energetycznego !



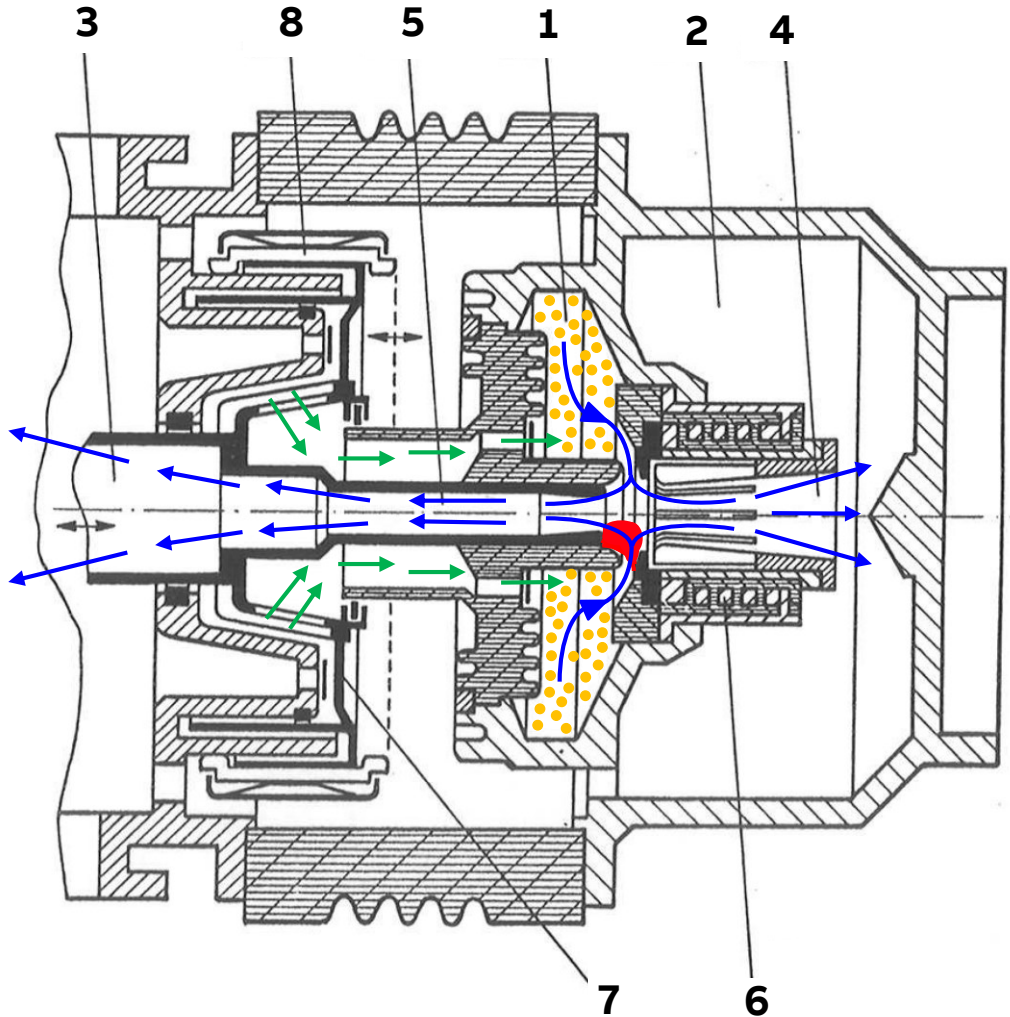
HEK 7/8 , I_{zw} do ... 210 kA



HEK 9 , I_{zw} do ... 300 kA



HEK 10 , I_{zw} do ... 210 kA



- 1 - objętość zbiornika dla wzrostu ciśnienie SF6 od energii odbieranej z wirującego łuku elektrycznego ;
- 2 - przestrzeń dla wydmuchu gorącego SF6
- 3 - wylot gorącego SF6 z wnętrza styku ruchomego
- 4 - wylot gorącego SF6 poprzez styk tulipanowy opalny stały
- 5 - styk ruchomy opalny
- 6 - cewka wytwarzająca silne pole poprzeczne do kolumny łukowej , przy przepływie prądu zwarciovego .
- 7- styk ruchomy główny (przewodzi prąd roboczy wyłącznika)
- 8 - działki styku ruchomego indywidualnie sprężynowane (setki elementów)



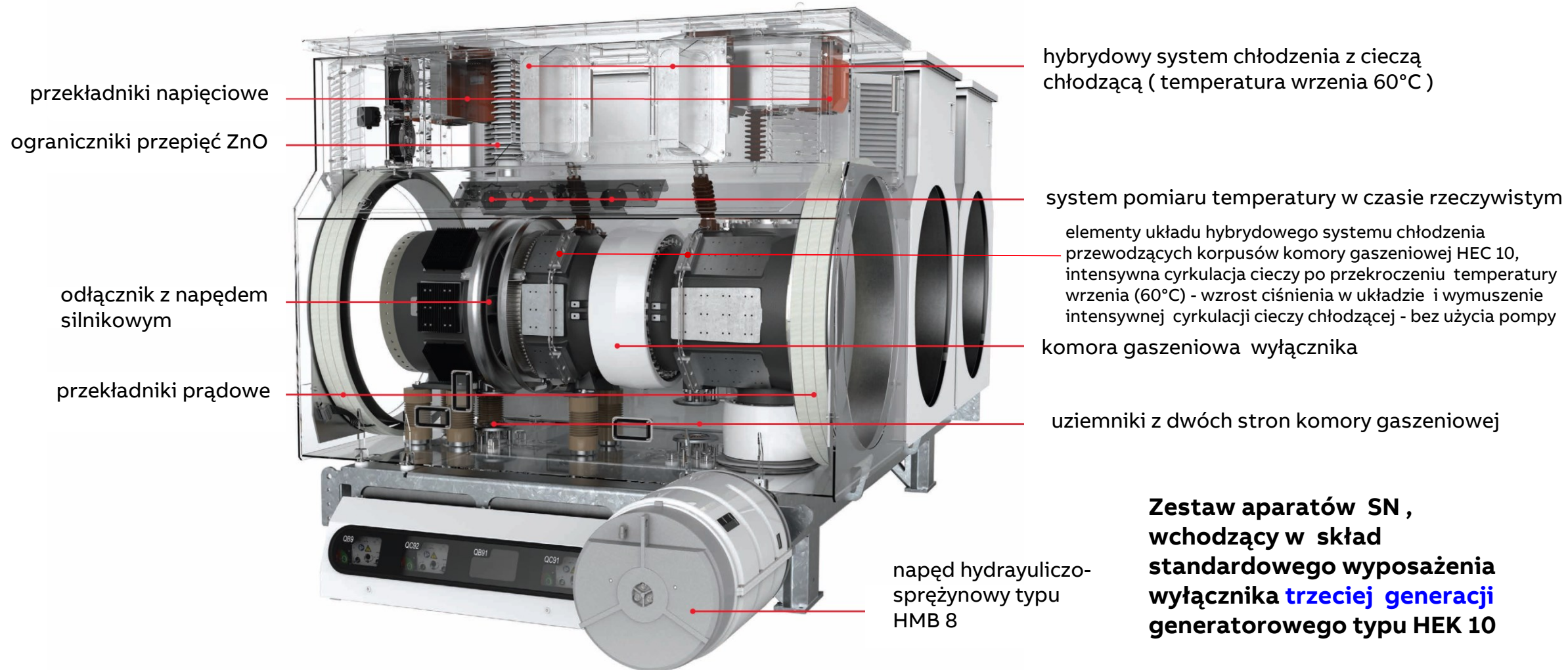
Łuk elektryczny wiruje na pierścieniu z trudnotopliwego materiału - po przeskoku ze styku opalnego nieruchomego . Prędkość rotacji łuku elektrycznego w atmosferze chłodnego gazu SF6 : 60 – 70 m /sek !



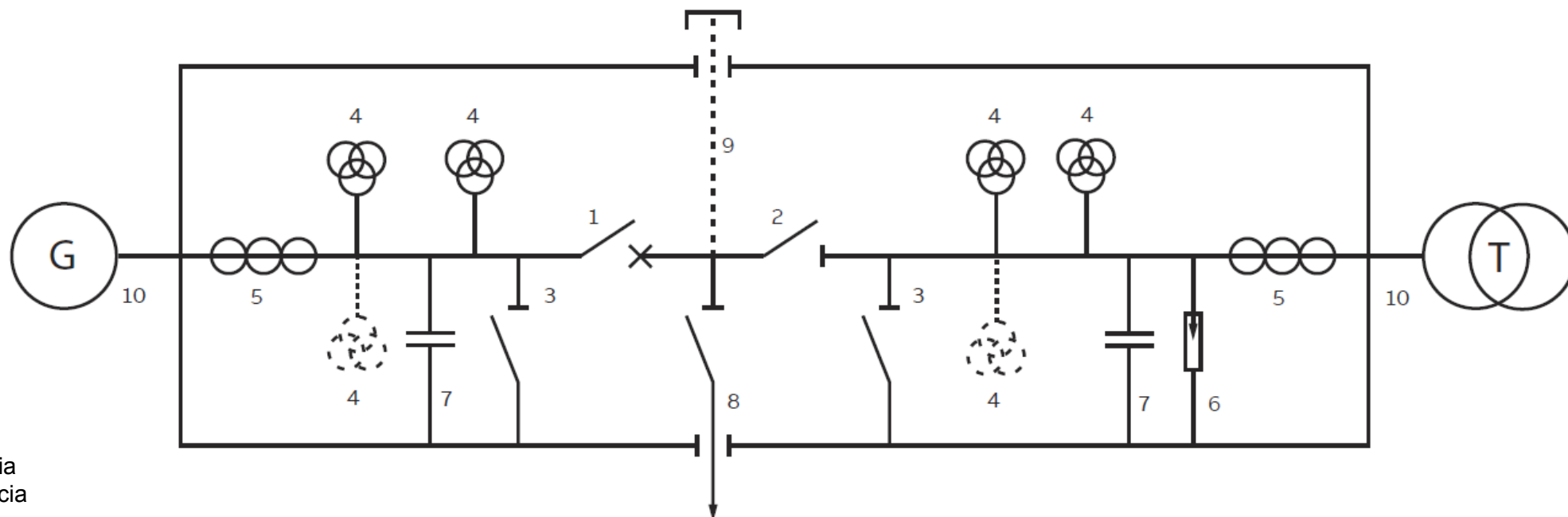
Słabo zjonizowany gaz SF6 pod wysokim ciśnieniem . Dwie przyczyny wzrostu ciśnienia : dopływ zimnego - sprężonego SF6 do zbiornika , patrz → ; dodatkowy wzrost ciśnienia SF6 - ogrzewanego energią wirującego łuku elektrycznego. Wyłącznik zachowuje zdolność wyłączania prądu przy długim czasie łukowym (przy nieruchomym styku) w przypadku bardzo dużego współczynnika asymetrii - powyżej 100% !

W wyłącznikach generatorowych SF6 typu HEK... zastosowano najskuteczniejszy z dotąd znanych sposobów odbierania energii z łuku elektrycznego : szybka rotacja łuku elektrycznego z poprzecznym przepływem zimnego SF6 przez kolumnę łukową , w rezultacie szybkiego wirowania łuku elektrycznego w obszarze wysokiego ciśnienia SF6 - z jednoczesnym odprowadzaniem gorących , zjonizowanych cząstek SF6 w dwóch przeciwnych kierunkach .

**Wyłącznik generatorowy najnowszej - trzeciej generacji
typu HEK 10 , przeznaczony dla bloków energetycznych o
mocy do 1500 MW , w tym w **Elektrowniach Jądrowych****



**Zestaw aparatów SN ,
wchodzący w skład
standardowego wyposażenia
wyłącznika trzeciej generacji
generatorowego typu HEK 10**



1. Wyłącznik
2. Odłącznik
3. Uziemniki
4. Przekładniki napięciowe
5. Przekładniki prądowe
6. Ogranicznik przepięć ZnO
7. Pojemności dla ograniczenia stromości narastania napięcia TRV (260 nF każdy)
8. Odłącznik rozruchowy połączenia symulującego zwarcie (testy zabezpieczeń)
9. Manualnie montowane połączenie dla przepływu prądu zwarciego
10. Przyłącza wielkoprądowe

Schemat elektryczny wyłącznika HEC 10 z maksymalnym wyposażeniem w aparaty towarzyszące SN , rekomendowany w Elektrowniach Jądrowych



Generator Switchgear Type HEC 10-170XL: List of Type Tests

Circuit-Breaker:

Description of Test	Standard	Clause	Test Value	Test Report	Date of Issue
Rated Dielectric Strength	IEC/IEEE 62271-37-013	Cl. 6.2	150 kV _{peak} ; 80 kV _{rms} /1 min. 54.6 kV _{rms} /1 min. (at 100 kPa SF ₆)	HASH 650984	2016-03-08
Rated Continuous Current Carrying Tests	IEC/IEEE 62271-37-013	Cl. 6.5	29'000 A _{rms} /50 Hz	HASH 670508	2016-06-27
Short-Time Current-Carrying Capability	IEC/IEEE 62271-37-013	Cl. 6.6	466 kA _{peak} ; 170 kA _{rms} /3 s	KEMA 2275-15	2016-06-22
Mechanical Endurance Life	IEC/IEEE 62271-37-013	Cl. 6.101.2	10'000 CO	HASH 660819	2017-03-03
Sound Level Tests	IEC/IEEE 62271-37-013	Cl. 6.101.4	130 dB _{peak} /0.9 m	HASH 660823	2017-01-12
Short-Circuit Current Rating	IEC/IEEE 62271-37-013	Cl. 6.103.6/7	466 kA _{peak} ; 170 kA _{rms} DC-Component: 76 %	KEMA 2275-15	2016-06-22
Rated Transient Recovery Voltage	IEC/IEEE 62271-37-013	Cl. 6.103.8	55.2 kV _{peak} ; 6.0 kV/μs	KEMA 2275-15	2016-06-22
Rated Standard Operating Duty	IEC/IEEE 62271-37-013	Cl. 6.103.11	CO - 30 min. - CO	KEMA 2275-15	2016-06-22
Load Current Switching Tests	IEC/IEEE 62271-37-013	Cl. 6.104	50'000 A _{rms}	KEMA 2275-15	2016-06-22
Short-Circuit Current with Delayed Current Zeros	IEC/IEEE 62271-37-013	Cl. 6.105	160 kA _{rms} DC-Component: 130 %	KEMA 2275-15	2016-06-22
Out-of-Phase Current Switching Tests	IEC/IEEE 62271-37-013	Cl. 106	85 kA _{rms} (90° out-of-phase) 159 kA _{rms} (180° out-of-phase)	KEMA 2275-15	2016-06-22

Zestawienie prób typu wyłącznika HEC 10 -170 XL prąd zwarciový wyłączalny asymetryczny **170 kA** , oraz **160 kA** ze współczynnikiem asymetrii **130% !**

W Laboratorium KEMA zakończono próby typu wyłącznika HEC 10 -210 XL prąd wyłączalny **210 kA** , W przygotowaniu Raporty z Prób Typu .

Table VI. Average number of GenCB CO operations per year per type of power station

Type of power station	Average number of GenCB CO operations per year
Thermal (conventional)	44
Nuclear	18
Gas turbines	121
Combined cycle	196
Hydro	219
Pumped storage	762
Other	67



21, rue d'Artois, F-75008 PARIS
http://www.cigre.org

A3-206

CIGRE 2012

RELIABILITY ANALYSIS OF GENERATOR CIRCUIT-BREAKERS
M. PALAZZO*, D. BRAUN, G. CAVALIERE, K. DAHINDEN, R. EBERLE,
W. KIECHL, M. LAKNER
ABB SWITZERLAND LTD.
SWITZERLAND

Średnia liczba operacji C-O wykonywanych przez wyłączniki generatorowe w ciągu roku w poszczególnych rodzajach elektrowni

Table VII. Number of major failures on command per GenCB technology

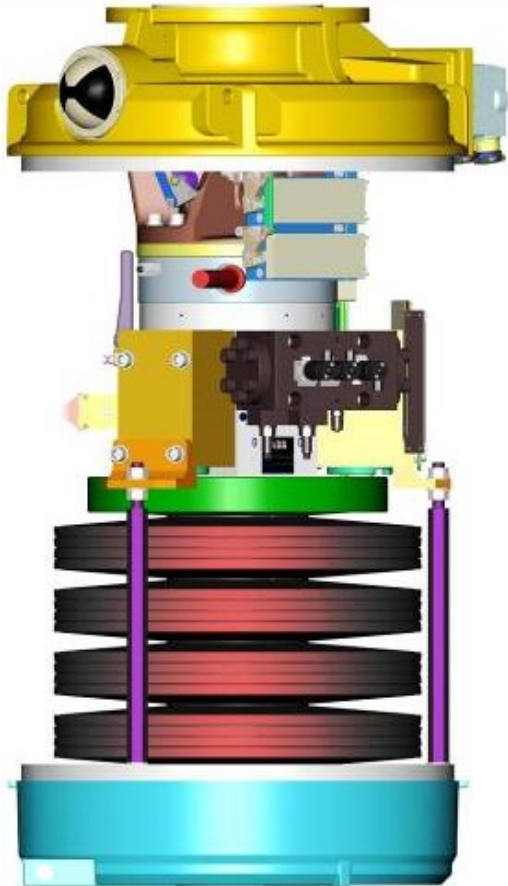
	GenCB technology		
	Air-blast a)	SF ₆ with pneumatic operating mechanism b)	SF ₆ with hydro-mechanical spring operating mechanism c)
Major failures per 10,000 close commands	0.344	0.032	0.020
Does not close on command	0.339	0.032	0.018
Does not make the current	0.006	0.000	0.002
Major failures per 10,000 open commands	0.006	0.028	0.004
Does not open on command	0.006	0.016	0.004
Does not break the current	0.000	0.012	0.000
Major failures per 10,000 cycles (%)	0.350 (35)	0.060 (6)	0.024 (2,4)

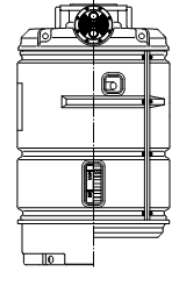
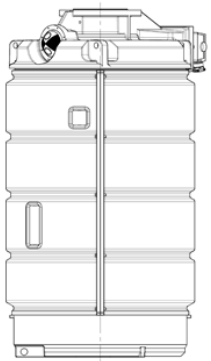
Liczba uszkodzeń wyłączników generatorowych / 10.000 cykli C-O

a) wyłączniki generatorowe pneumatyczne

b) wyłączniki generatorowe z SF₆ , z napędami pneumatycznymi

c) wyłączniki generatorowe z SF₆ , z napędami hydrauliczno-sprężynowymi



Typ	HMB-8	HMB-16
		
Możliwa sekwencja bez konieczności napinania sprężyny	O-CO/CO-CO	O-CO
Energia przełączania, Ostatnie O (KJ)	8.2/10.6	21.4/22.3
Energia przełączania, Ostatnie C (KJ)	3.1/4.8	6.6/7.5
Skok tłoka (mm)	205	205
Czas zbrojenia po operacji CO (s)	29	120

wyłączniki generatorowe HEC 10

GIS 1200 kV

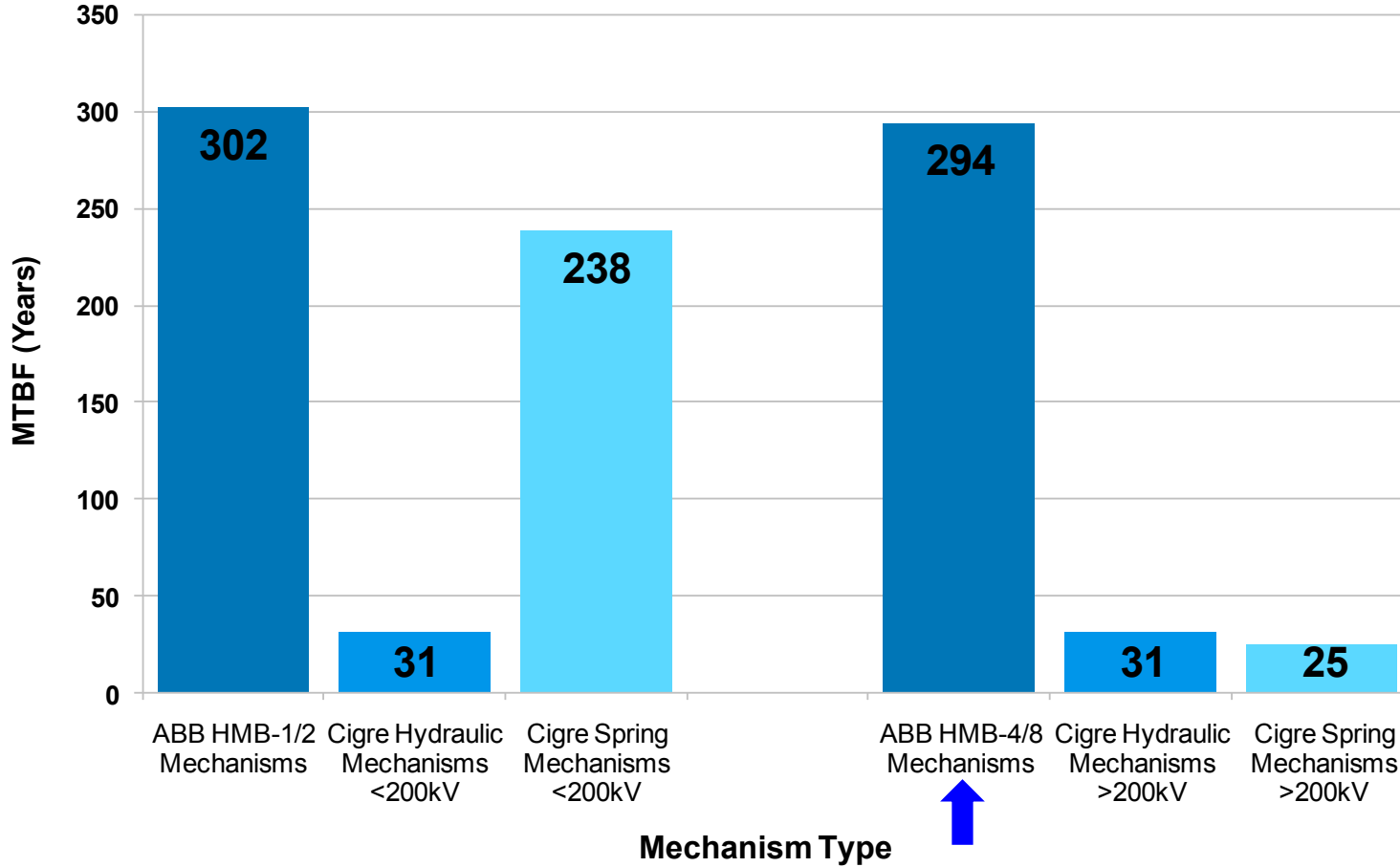
- Największa energia wśród napędów dostępnych na rynku
- Modułowa konstrukcja
- Łatwa i szybka adaptacja do nowych wyłączników
- Bezobsługowy
- Czasy operacyjne niezmiennie w całym okresie eksploatacji
- Niezawodność w długim okresie czasu
- Niski poziom hałasu
- Niskie mechaniczne siły reakcji
- Ponad 85.000 zainstalowanych napędów w wyłącznikach GIS 110 – 1200 kV (HMB 16) , wyłącznikach generatorowych (HMB 8) .

Napęd hydrauliczno - sprężynowy typu HMB ... wspólny dla wyłącznika generatorowego i dla GIS 110 – 1200 kV

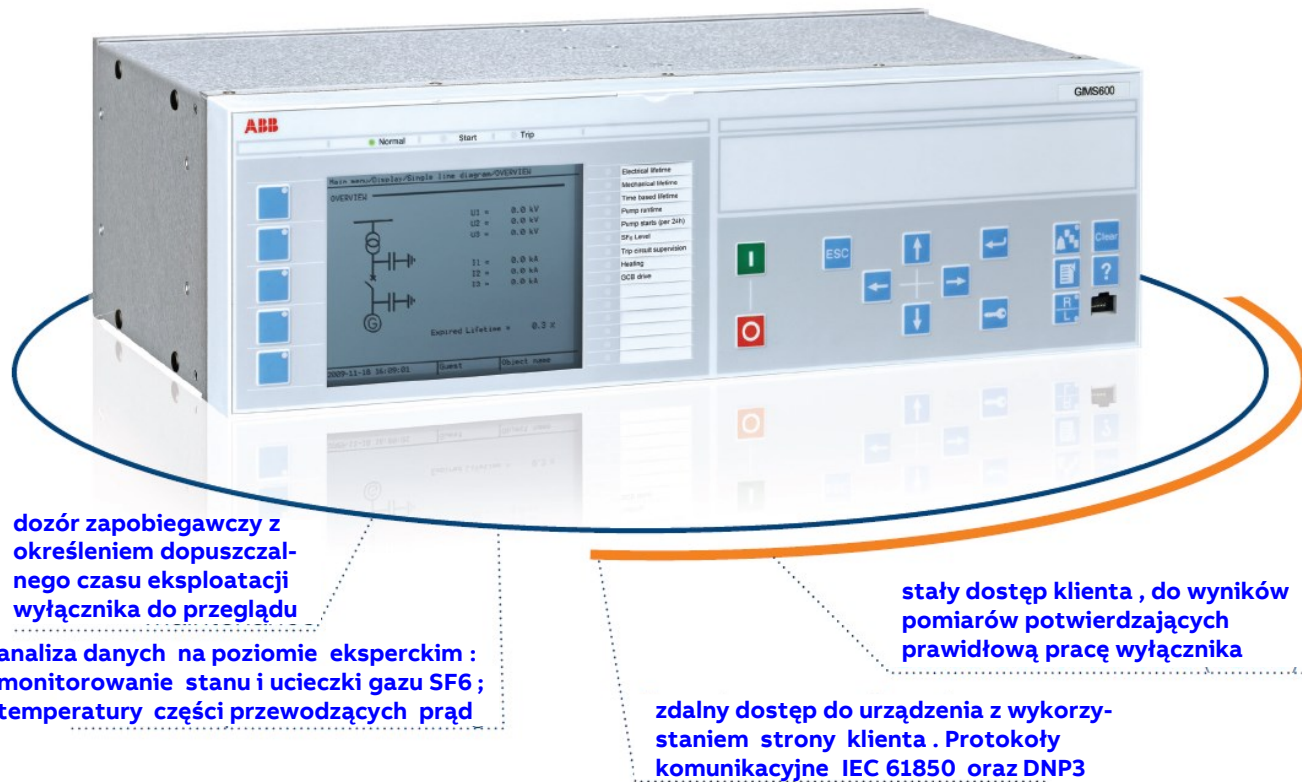
Napęd wyłącznika typu HMB - niezawodność

Doświadczenie ponad 650.000 lat /liczba wyłączników x okres eksploatacji/

MTBF czas do wystąpienia uszkodzenia napędu (w latach)



HMB 8 : napęd hydrauliczno - sprężynowy stosowany w wyłącznikach generatorowych produkcji ABB

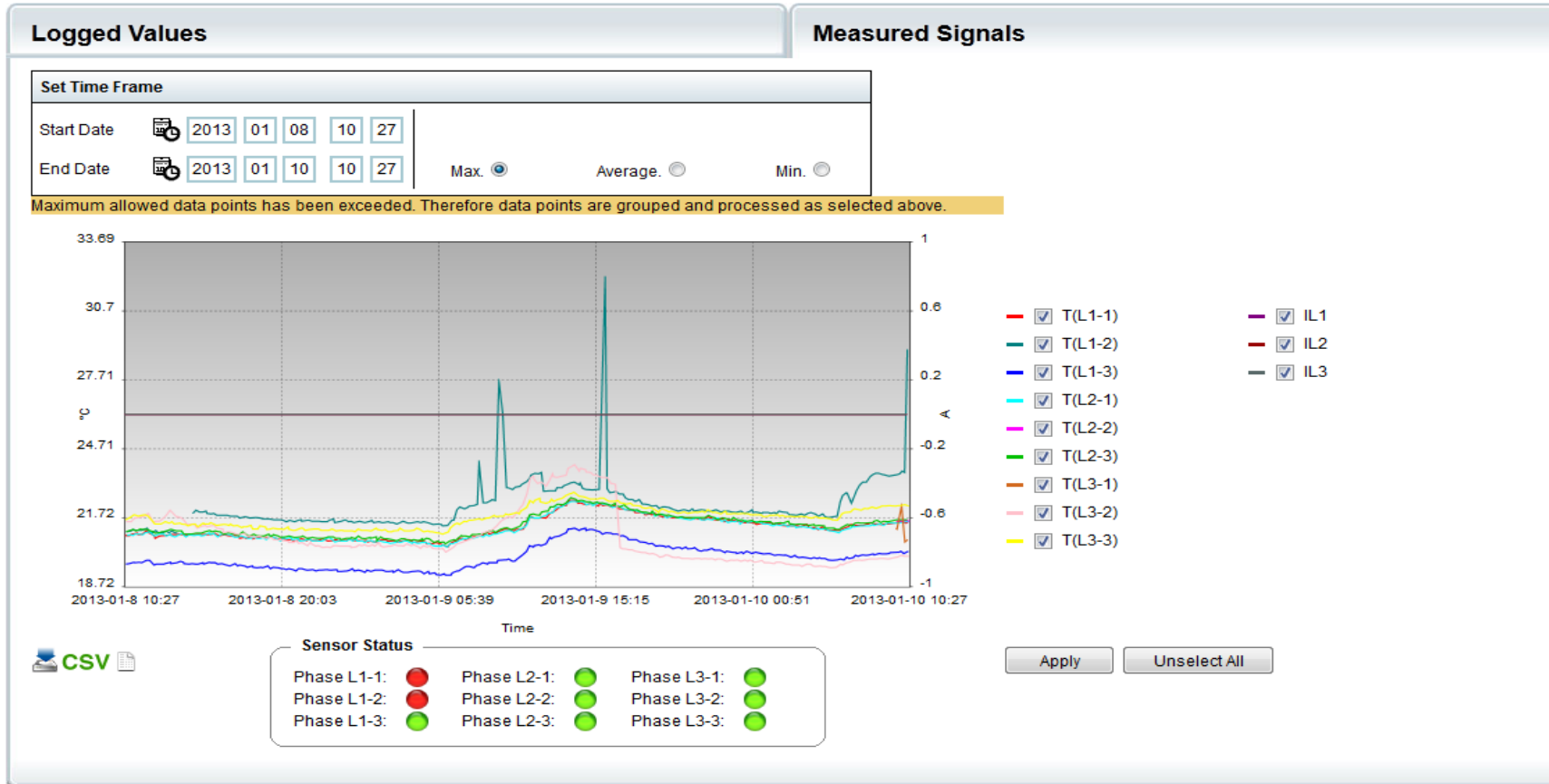


- **GMS600-G** zaawansowany monitoring szczelności (ucieczki) oraz stanu rozkładu SF6 , potwierdzenie dopuszczalnego czasu bezpiecznej eksploatacji wyłącznika generatorowego , związanego ze stanem gazu .
- **GMS600-GT** monitoring gazu SF6 j.w. , oraz monitoring temperatury toru prądowego wyłącznika , niezwykle ważny dla kontroli efektywności chłodzenia elementów przewodzących wielkie prądy robocze w tym urządzeniu.

System monitoringu stanu oraz gotowości do pracy wyłącznika generatorowego typu GMS600-G oraz GMS600-GT , ważna aplikacja w przypadku Elektrowni Jądrowych

GMS600-GT

Temperature Monitoring



Przykład ekranu wygenerowanego w systemie GMS600-GT : monitoring poziomu temperatury , w torze prądowym wyłącznika generatorowego pozwala kontrolować czasie rzeczywistym m.in. wydajność systemu chłodzenia wyłącznika

ABB Sp. z o.o. , Warszawa

DZIĘKUJĘ PAŃSTWU ZA UWAGĘ

