

Mgr inż. Ryszard Kajca,
Alstom Power Sp. z o.o. w Elblągu, Oddział we Wrocławiu
dr inż. Sławomir Partyga,
Stowarzyszenie Elektryków Polskich
mgr inż. Bolesław Słowiński,
Elektrownia Rybnik SA

Generatory w polskiej energetyce Historia, stan dzisiejszy, przyszłość

Historia wytwarzania prądu zmiennego przez człowieka ma już całkiem długą tradycję. O początkach doświadczeń laboratoryjnych można mówić od lat 30. XVIII wieku (Pixi). Sposób na otrzymywanie prądu stałego został wynaleziony 30 lat później (Paccionotti).

Pierwsze prądnice miały magnesy stałe (1860), ale już rok później wprowadzono elektromagnesy. O szybkim rozwoju można mówić po odkryciu możliwości zastosowania prądu do celów oświetleniowych. Stało się to za sprawą lamp łukowych (1877) zastąpionych później żarówkami. Udaną konstrukcją żarówki z włóknem węglowym udało się wynaleźć dopiero w roku 1879. Od tego czasu następuje burzliwy rozwój zastosowania elektryczności do celów oświetlenia, a w konsekwencji i źródeł wytwarzania prądu elektrycznego stałego i zmiennego.

Do szybkiego rozpowszechnienia elektryczności przyczynił się też wynalazek silnika prądu stałego (1882), który w powodzeniu zaczęto wykorzystywać do potrzeb napędów i trakcji.

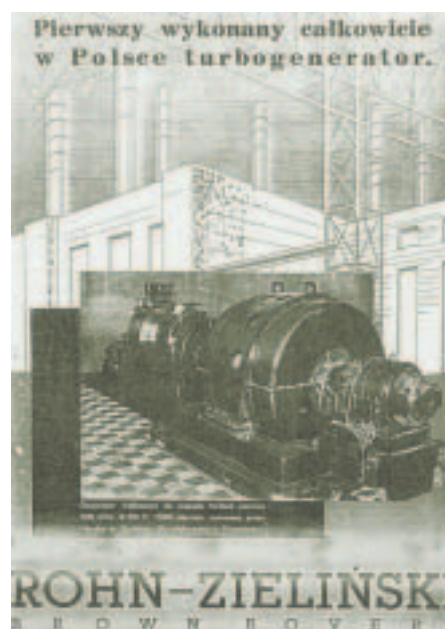
Pierwsza elektrownia miejska powstała w Nowym Yorku w roku 1882 i tworzyła ją grupa 6 maszyn parowych po 200 KM wytwarzających prąd o napięciu 110 V. Niemal jednocześnie elektrownie zaczęły powstawać w Europie, najwcześniej w Niemczech.

Na ziemiach polskich, wówczas pod zaborami, pierwsze elektrownie miejskie lub fabryczne powstały stosunkowo wcześnie. Przykładowo można podać, że pierwsza „elektrownia” (o mocy 1,3 kW na napięciu 65 V) powstała w 1878 r. i zasilala z prądnicy Gramme’a lampę łukową systemu Serrin na przystanku kolei w Königshütte (Królewskiej Hucie, obecnie Chorzów). Rok później uruchomiono elektrownię w Warszawie w fabryce Handtkego, a następną: w 1880 r. w Zawierciu, w 1893 r. w Bielsku-Białej, a w roku 1896 w Przemyśle.

W chwili odzyskania niepodległości istniało na ziemiach Polski 376 elektrowni o łącznej mocy 399,329 MW, w tym 51% stanowiły elektrownie wytwarzające prąd stały. W owym czasie zdecydowanie przeważał napęd

parowy, a większość elektrowni była komunalna. Polska nie należała do potentatów energetycznych, moc zainstalowana wynosiła bowiem zaledwie 11,9 W/mieszkańca, wobec 32,8 W/mieszkańca w Niemczech i 190 W/mieszkańca w Norwegii.

W ciągu dwudziestolecia międzywojennego niepodległa Polska dokonała znacznego postępu w elektryfikacji kraju wykorzystując z konieczności zagraniczne zespoły prądotwórcze, ponieważ duże maszyny elektryczne produkowano w Polsce jedynie w Zakładach Elektromechanicznych *Röhn-Zieliński SA* na licencji *Brown-Boveri* w Żychlinie w ilości nie zaspokajającej zapotrzebowania. Pierwszy generator synchroniczny wyprodukowany w tych Zakładach miał moc 700 kVA, 1500 obr/min, napięcie znamionowe 3150 V (rys. 1).



Rys. 1. Pierwszy generator synchroniczny wyprodukowany w Zakładach *Röhn-Zieliński SA*

W drugiej połowie lat trzydziestych zorganizowanie rodzimej wytwórczości turbopędnic stawało się pilną koniecznością w obliczu rządowego planu obejmującego piętnastoletnie 1938–1953, który zakładał roczną produkcję generatorów w liczbie wynoszącej od 74 do 79, w następującym podziale wg mocy: poniżej 1 MW–24 szt., od 1 do 5 MW 35–41 szt., powyżej 5 MW 14–15 szt..

Według danych z czerwca 1939 r. moc zainstalowana w kraju wynosiła 1585 MW (w 188 elektrowniach o mocy większej od 1 MW, co stanowiło 94% mocy wytwórczych). Wyposażenie elektrowni ciepłych dostarczone było przez takie firmy, jak: *Alstom*, *STAL*, *BBC*, *Siemens*, *Skoda*. Największą elektrownią była wówczas elektrownia w Łaziskach Górnych (zakłady *Elektro*) o mocy 88,14 MW, a najbardziej nowoczesną – elektrownia *Nisko* (Stalowa Wola) o mocy 2 x 20 MW. Ta ostatnia została uruchomiona w 1939 r. i była oparta na dostawach firmy *Alstom*. W tym okresie miał miejsce dynamiczny rozwój elektrowni wodnych, za przykład mogą posłużyć takie elektrownie, jak: *Porąbka* na Sole, *Różnów* czy *Czchów* na Dunajcu. Niestety tylko niektóre z nich zostały zakończone przed wybuchem wojny.

Warto również wspomnieć o zamierzeniach budowy wspólnego krajowego systemu energetycznego. Celowi temu służyła budowa sieci 60 kV na Śląsku i linia 150 kV zbudowana pod koniec lat 30. z *Elektrowni Mościska* do Starachowic, która wg planów miała prowadzić dalej do Warszawy.

Okres po II wojnie światowej

Wybuch II wojny światowej doprowadził nie tylko do zniszczenia wielu elektrowni, ale także do znacznego uszczuplenia skromnej bazy produkcyjnej maszyn elektrycznych. Nie mniej jednak w 1946 r. doliczono się 361 elektrowni o łącznej mocy 2553 MW. Po wojnie krajowy system elektroenergetyczny praktycznie nie funkcjonował ze względu na brak możliwości przesyłu energii z jednego regionu do drugiego.

Nowy ustrój preferując zbrojenia zakładał szybkie tempo rozwoju gospodarczego kraju opartego na przemyśle ciężkim, co spowodowało tak znaczny wzrost zapotrzebowania na maszyny elektryczne dużej mocy, że stworzenie odpowiedniej bazy produkcyjnej tych maszyn stało się gospodarczą koniecznością.

Taką bazą w zakresie turbogeneratorów energetycznych stały się *Dolnośląskie Zakłady Wytwórcze Maszyn Elektrycznych Dolmel* we Wrocławiu, które powstały w miejscu niemieckiej fabryki zbrojeniowej *Fahrzeug und Motorenwerke Famo*, prawie doszczętnie zniszczonej w ostatnich miesiącach wojny w czasie oblężenia Wrocławia w 1945 r.

Trzyletni plan odbudowy energetyki realizowany w latach 1947–49 przewidywał zainstalowanie 2900 MW nowej mocy wytwórczych. Chociaż udało się go wykonać jedynie na poziomie 2632 MW, to znaczny wzrost mocy zainstalowanej w tak krótkim czasie niewątpliwie wpłynął pozytywnie na tempo odbudowy gospodarki kraju i stworzenie krajowego systemu elektroenergetycznego.

Instalowano w tym okresie głównie importowane turbozespoły o różnych parametrach technicznych w zakresie mocy znamionowej od 25 do 55 MW.

Przyrosty mocy w latach 1945–1960 zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1
Moc zainstalowana oraz produkcja energii elektrycznej w latach 1945–1960

Wyszczególnienie	1945	1950	1955	1960
Moc zainstalowana w elektrowniach, MW	2353	2730	4172	6315
w tym:				
ciepłych	1161	1396	2568	4217
przemysłowych	1030	1173	1367	1837
wodnych	162	161	237	261
Produkcja energii elektrycznej, GWh	5840	9422	17751	29307

Najważniejszym wówczas zadaniem dla gospodarki była odbudowa elektrowni ciepłych zniszczonych podczas wojny lub zdewastowanych po wojnie przez wojska radzieckie (p. tab. 2).

Tabela 2
Większe elektrownie odbudowywane lub na nowo wyposażane w latach 50.

Elektrownia	Moc zainst.	Lata uruchom.	Dostawca
<i>Blachownia</i>	4 x 55 MW	1987–60	<i>Siemens</i>
<i>Chorzów</i>	2 x 45 + 10 MW	1950–53	<i>AEG, Örlikon, Stal</i>
<i>Jaworzno II</i>	6 x 50 MW	1952–55	<i>Elektrosiła</i>
<i>Miechowice</i>	55 MW	1953	<i>ALSTHOM</i>
<i>Szombierki</i>	35 + 10 MW	1954–55	<i>SKODA</i>
<i>Zabrze</i>	2 x 35 MW	1952–53	<i>SKODA</i>

Największą elektrownią z tego okresu była *Elektrownia Jaworzno II* wyposażona w urządzenia produkcji radzieckiej (po wcześniejszym wywiezieniu zainstalowanych tu w czasie okupacji urządzeń niemieckich).

Dolmel – pierwsza w Polsce fabryka generatorów

Dolnośląskie Zakłady Wytwórcze Maszyn Elektrycznych Dolmel, które powołane zostały do życia Zarządzeniem Ministra Przemysłu i Handlu z dnia 14 maja 1947 r., do końca lat 50. ciągle jeszcze pomimo intensywnej ich odbudowy i rozbudowy, nie były w stanie dostarczać generatorów o takich mocach, jakich potrzebowała polska energetyka. Jedną z ważniejszych dat w historii zakładu, szczególnie w zakresie produkcji turbogeneratorów energetycznych, był rok 1959. Ukończono wtedy najnowocześniejszy obiekt zakładów – nawę X hali B.

Obiekt ten wyposażono w niezbędne maszyny i urządzenia, które umożliwiały produkcję turbogeneratorów o mocy jednostkowej do 200 MW. Przewidywano wtedy, jak się okazuje słusznie, że w perspektywie 20 lat nie będzie w Polsce zapotrzebowania na generatory o większej mocy znamionowej.

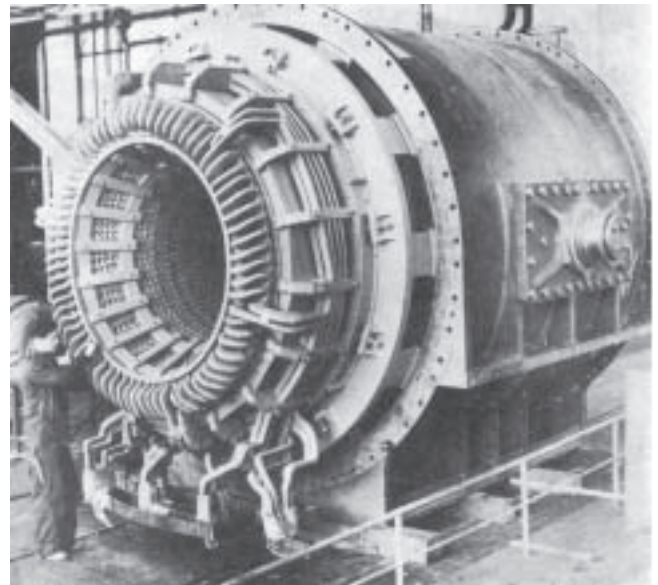
Produkcja turbogeneratorów w tym zakładzie została zapoczątkowana zaprojektowaniem i wyprodukowaniem w lipcu 1953 r. jednostki o parametrach: 2 MW, 6300 V, $\cos \varphi=0,8$, 3000 obr/min, chłodzonej powietrzem. Podstawowe obliczenia i dokumentacja konstrukcyjna były w głównej mierze dziełem zespołu, w skład którego wchodził: S. Bachan, dr inż. Bolesław Dubicki, dr inż. Z. Kratochwil, mgr inż. E. Turowski, inż. R. Zdrojewski. Do jego budowy zostały zastosowane krajowe materiały konstrukcyjne i izolacyjne. Turbogenerator ten, oznaczony GYT-22b, został zainstalowany w *Zakładach Przemysłu Bawełnianego* w Andrychowie.

W rozwoju technicznym budowy turbogeneratorów w kraju wystąpiły równoległe dwie tendencje: nieustannego poszukiwania własnych koncepcji rozwiązań konstrukcyjnych technologicznych i materiałowych oraz wykorzystania w produkcji turbogeneratorów licencji zagranicznych. Decyzje o korzystaniu z doświadczeń zagranicy, mimo pomyślnych wyników produkcji pierwszych krajowych generatorów o mocy 2 MW, wynikały z przeświadczenia, że zaprojektowanie i wykonanie maszyn o znacznie większych mocach w terminach wymaganych przez energetykę, przekraczało możliwości młodej kadry technicznej *Zakładów Dolmel*. Pogląd taki miał uzasadnienie w pięćdziesięcioletnim opóźnieniu startu krajowej produkcji tych skomplikowanych maszyn w stosunku do czołowych firm światowych. Odrabianie opóźnień rozpoczęto produkcją serii turbogeneratorów opartych na dokumentacji konstrukcyjnej zakładów *Elektrosila* z Leningradu. Uruchomiono produkcję serii generatorów chłodzonych powietrzem oznaczonej T2 o mocach 4, 6 i 25 MW oraz serii generatorów chłodzonych wodorem oznaczonej TW o mocach 30 i 50 MW (p. tab. 3).

Mimo uzyskania poważnego sukcesu organizacyjnego i technicznego, jakim było opanowanie w kraju produkcji turbogeneratorów chłodzonych wodorem i przybliżenia się do czołowych osiągnięć światowych, dystans między nimi i osiągnięciami krajowymi pozostawał nadal znaczny, bowiem za granicą w tym okresie oddawano już do eksploatacji turbogeneratory o mocach rzędu 200 MW.

Ponieważ rozwój krajowego systemu energetycznego w latach sześćdziesiątych zdecydowano oprzeć na jednostkach o mocy 100–200 MW, a od 1959 r. istniała

w kraju techniczna możliwość uruchomienia produkcji takich jednostek, podjęto decyzję uruchomienia w *Dolmelu* produkcji turbogeneratorów o mocy 120 MW wykorzystującej zakupioną licencję angielskiej firmy *AEI (Associated Electrical Industries)*. Był to w tym okresie nowoczesny typ generatora charakteryzujący się następującymi parametrami: moc 120 MW, napięcie 13 800 V, $\cos \varphi=0,8$, 3000 obr/min. Uzwojenie stojana w izolacji bitumicznej chłodzone pośrednio, a uzwojenie wirnika bezpośrednio (wewnętrznie) wodorem. Produkcję tych turbogeneratorów uruchomiono w 1962 r. (rys. 2).



Rys. 2. Stojan uzwojony generatora TGH-120

Pierwszą jednostkę zainstalowano w elektrowni *Konin*, kolejne w elektrowniach: *Adamów*, *Łagisza*, *Siersza*, *Łaziska*, *Siekierki*, *Stalowa Wola*, *Kraków* oraz w kilku elektrowniach zagranicznych.

Listopad 1967 r. to kolejny ważny moment w historii budowy turbogeneratorów w Polsce: zakończenie montażu turbogeneratora o mocy 200 MW typu TWW-200-2 wyprodukowanego na licencji zakładu *Elektrosila*. Uroczystość z tym faktem związaną dokumentuje rysunek 3.

Opanowanie produkcji tych maszyn było poważnym osiągnięciem organizacyjnym i technicznym w produkcji turbogeneratorów w kraju. Była to bowiem pierwsza

Tabela 3

Ważniejsze parametry oraz rok uruchomienia produkcji generatorów serii T2

Typ	Moc [MW]	Napięcie [V]	$\cos \varphi$	Obr/min	Chłodzenie	Rok budowy prototypu
T2-25-2	25	6300	0,8	3000	powietrzne	1956
T2-4-2	4	6300	0,8	3000	powietrzne	1958
T2-6-2	6	6300	0,8	3000	powietrzne	1959
TW2-30-2	30	6300	0,8	3000	wodorowe	1959
TW-50-2	50	10500	0,8	3000	wodorowe	1960



Rys. 3. Uroczystość zakończenia montażu pierwszej dwusetki (Dolmel, 1967 r.).

maszyna, w której uzwojenie stojana w izolacji bitumicznej chłodzono destylatem przepływającym wewnątrz prętów uzwojenia. Oprócz tego dzięki jednoczesnemu zastosowaniu bezpośredniego chłodzenia wodorem uzwojenia wirnika uzyskano małe jednostkowe zużycie materiałów, wynoszące ok. 1 kg/kVA. Turbogeneratory TWW-200-2 posiadają następujące dane znamionowe: moc 200 MW, napięcie 15750 V, $\cos\varphi=0,85$, 3000 obr/min.

W 1974 r. Dolmel osiągnął poziom umożliwiający modernizację tych generatorów, mającą na celu podniesienie ich walorów eksploatacyjnych. Obejmowały one głównie modernizację węzła zawieszenia żelaza czynnego stojana poprzez jego uelastycznienie oraz ulepszenie układu izolacyjnego uzwojenia stojana w wyniku zastosowania izolacji termoutwardzalnej.

Turbogeneratory o mocy 200 MW (po modernizacji 215 MW) były wówczas największymi jednostkami produkowanymi w zakładach Dolmel. Opanowanie ich produkcji zdecydowanie zbliżyło krajowe budownictwo turbogeneratorów do czołowych producentów tych maszyn na świecie. Wyróżniający się wówczas konstruktorzy to: doc. dr inż. K. Radwan, dr inż. B. Kulisiewicz, inż. C. Karasiewicz, mgr inż. M. Nowak i inż. S. Nowak; mgr inż. W. Brzeski, Równoległe z wdrażaniem do produkcji turbogeneratorów licencyjnych były prowadzone własne prace konstrukcyjne, technologiczne i badawcze. Opracowano dwie serie generatorów: pierwsza obejmowała generatory czterobiegunowe o mocy od 0,5 do 5 MW, a druga generatory dwubiegunowe o mocy od 5 do 160 MW. W seriach tych uzyskano wskaźniki techniczno-ekonomiczne na poziomie produujących firm europejskich.

Ze względu na trzy różne rozwiązania chłodzenia zarówno w konstrukcji, jak i rodzaju czynnika chłodzącego, seria ta dzieli się na trzy następujące grupy:

Grupa o symbolu	Zakres mocy	Czynnik chłodzący
GT2	5–40 MW	powietrze
GTH	50–125 MW	wodór
GTHW	160 MW	woda-wodór

Seria posiada również wersję o częstotliwości 60 Hz.

Projekt techniczny serii zatwierdzono: w zakresie 5–25 MW w 1966 r. a w zakresie 32–160 MW w roku 1972. W opracowaniu tych serii turbogeneratorów główny udział mieli mgr inż. E. Maron, mgr inż. J. Krupa, inż. E. Sebzda, mgr inż. A. Kutowski.

W ramach badań własnych rozwiązań konstrukcji turbogeneratorów energetycznych dużej mocy w 1962 roku zaprojektowano generator modelowy do turbiny ciepłowniczej o mocy znamionowej 63 MW, w której zastosowano eksperymentalnie system chłodzenia wodno-wodory w celu jego przetestowania pod kątem budowy generatorów większych mocy. W celu pokrycia ówczesnego zapotrzebowania szybko rozwijającego się ciepłownictwa wykonano 4 takie jednostki, które zainstalowano w elektrociepłowniach Łódź II, Bydgoszcz, Gdańsk i Wrocław.

Jednak rozpoczęcie nowej ery w krajowej produkcji generatorów nastąpiło dopiero w drugiej połowie lat 70. W 1977 r. w szwajcarskiej firmie BBC zakupiono licencję na produkcję ich najnowszej, bardzo udanej konstrukcji, turbogeneraora typu GTHW-360 o mocy 360 MW (rys. 4). W celu uruchomienia tej produkcji wybudowano potężną halę „G” zwiększającą znacznie możliwości produkcyjne generatorów, nawet do mocy 1000 MVA. Pierwszy turbogenerator GTHW-360, wyprodukowany w 1980 r., pracuje w Elektrowni Bełchatów. W sumie wyprodukowano 17 jednostek tego typu: 12 dla Elektrowni Bełchatów, największej elektrowni w Europie opalanej węglem brunatnym, 4 dla Elektrowni Opole oraz 1 dla Elektrowni Kostolec w Jugosławii.

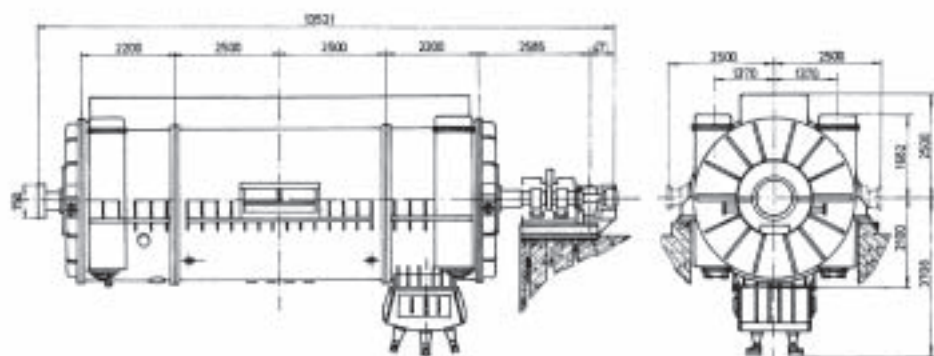
W 1990 r. wyprodukowano, także na podstawie licencji firmy BBC, turbogenerator GTHW-600 o mocy 600 MW (rys. 5.), który był przewidywany do zainstalowania w budowanej pierwszej w Polsce elektrowni jądrowej w Żarnowcu. Jak wiadomo, budowa tej elektrowni ze względu na protesty społeczne została wstrzymana.

Okres zmian ustrojowo-gospodarczych

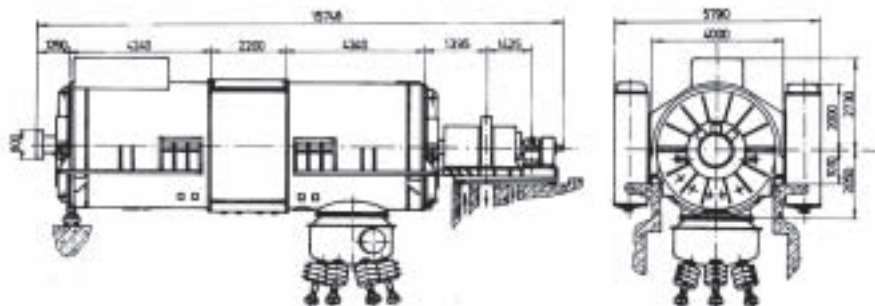
Kolejnym kamieniem milowym na drodze rozwoju produkcji generatorów w Polsce było utworzenie w 1990 r. roku spółki typu joint-venture pod nazwą ABB Dolmel Ltd z 67% udziałem kapitału koncernu ABB (powstałego w 1988 roku z połączonych firm: szwajcarskiej BBC i szwedzkiej ASEA). Od tego momentu rozpoczyna się urzeczywistnianie możliwości uczestnictwa kolejnego pokolenia polskich inżynierów w pracach rozwojowych generatorów w wiodącej w świecie firmie w tej dziedzinie oraz dostępu polskiego produktu do rynków całego świata poprzez ekspansywnie rozwijającą się wtedy sieć sprzedaży koncernu ABB, a zwłaszcza jego segmentów wytwarzających urządzenia dla energetyki.

ABB Dolmel przeszedł w latach 1990–1993 głęboką restrukturyzację, a inwestycje koncentrowały się na wprowadzeniu i opanowaniu najnowszych technologii produkcji generatorów.

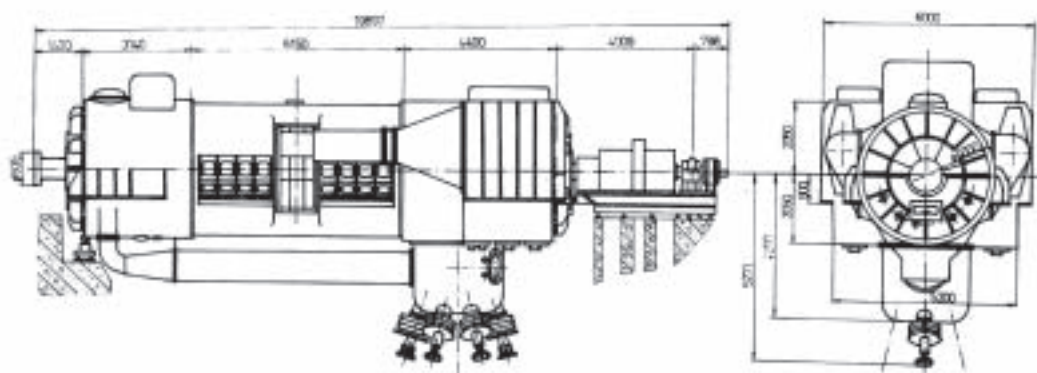
Na mocy umowy z Centrum Wiodącym Techniki ABB we wrocławskiej firmie utworzono w 1992 r. Grupę Konstrukcyjną, która aktywnie uczestniczyła w rozwoju specjalistycznego oprogramowania komputerowego, obliczeń mechanicznych,



GTHW — 360



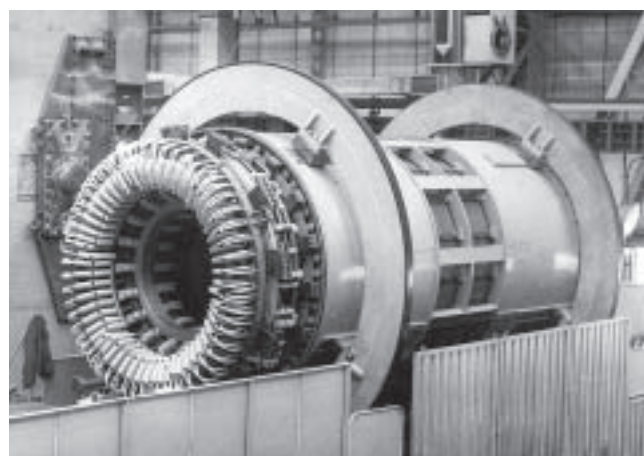
GTHW — 600



GTHW — 1000

Rys. 4. Porównawcze zestawienie konstrukcji generatorów z końca lat 70. i początku lat 80.

elektrycznych i wentylacyjno-ciepłych generatorów, w pracach projektowo-konstrukcyjnych generatorów prototypowych oraz modernizacji i retrofitów generatorów starszych typów, wspomaganie ich produkcji, wdrażania nowych technologii i rozwiązań technicznych niezbędnych zwłaszcza w okresie produkcji i testowania generatorów prototypowych.



Rys. 5. Stożan uzwojony generatora GTHW-600 dla EJ Żarnowiec (Dolmel, 1990 r.)

Techniki wytwarzania

W początkowej fazie istnienia, *ABB Dolmel* jako kontynuator działalności *DZWM Dolmel* w zakresie produkcji generatorów, stosował techniki wytwarzania wykorzystujące istniejące rozwiązania technologiczne oraz istniejący park maszynowy, jednocześnie zapoczątkowując realizację programów restrukturyzacyjnych, mających na celu podniesienie jakości i wzrost efektywności produkcji.

Wśród wyrobów oferowanych w tym okresie znajdowały się:

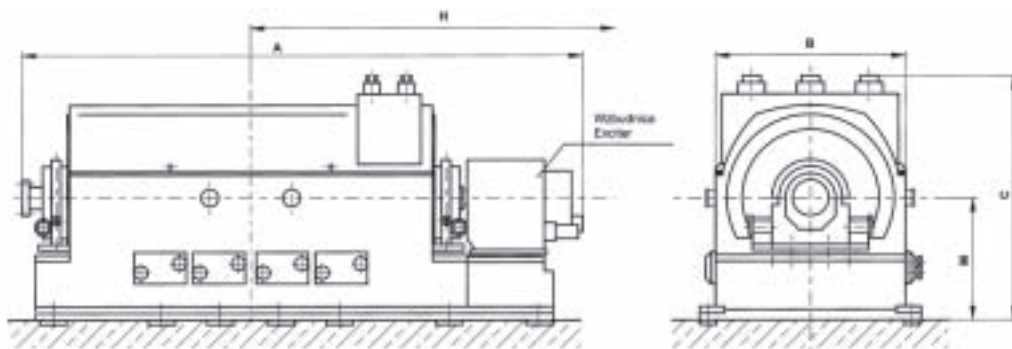
- generatory przemysłowe z chłodzeniem powietrznym o mocy do 40 MVA,
- generatory z chłodzeniem wodorowym o mocy 50–150 MVA,
- generatory z chłodzeniem wodno-wodorowym o mocy 200–600 MVA.

Maszyny te nie posiadały jednak wystarczająco nowoczesnej konstrukcji, a produkowane były według prze-

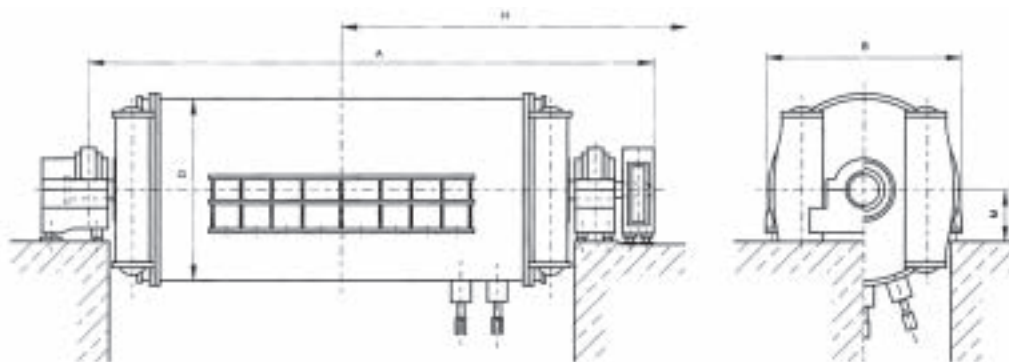
starzałych już nieco metod wytwarzania, w wyniku czego poziom jakości oferowanych wyrobów często nie odpowiadał najwyższym standardom światowym. Taki stan rzeczy powodował zawężenie rynków zbytu oraz uniemożliwiał wejście *ABB Dolmel* w pełną współpracę kooperacyjną z innymi zakładami koncernu *ABB*.

Zawarcie w 1991 roku umowy licencyjnej z *ABB Kraftwerke AG* oraz przeprowadzenie działań restrukturyzacyjnych umożliwiły szeroki transfer nowoczesnych technologii wytwarzania turbogeneratorów z chłodzeniem powietrznym i wodorowym, który w połączeniu z intensywnie rozwijanym własnym zapleczem technicznym dał możliwość rozszerzenia oferty *ABB Dolmel* o generatory chłodzone:

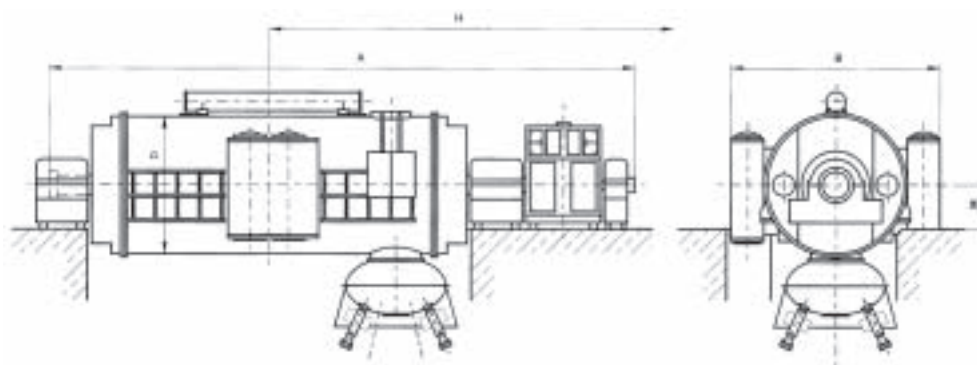
- powietrzem typu WX i WY o mocy znamionowej do 300 MVA (rys. 6.),
- wodorem typu WT20H o mocy znamionowej do 500 MVA (rys. 7.),
- wodą i wodorem typu WT21-23E do 1000 MVA (rys. 8.),



Rys. 6. Konstrukcja generatora chłodzonego powietrzem typu WY



Rys. 7. Konstrukcja generatora chłodzonego wodorem typu WT20H



Rys. 8. Konstrukcja generatora chłodzonego wodą i wodorem typu WT21-23E

Przy produkcji tych wyrobów wykorzystywano ciągle rozwijane, aktualne, najnowocześniejsze rozwiązania licencyjne koncernu *ABB*. Produkowany asortyment obejmuje cały zakres mocy, a różnorodne rozwiązania konstrukcyjne spełniają z nadwyżką oczekiwania najbardziej wymagających rynków energetycznych świata. Na szczególną uwagę zasługują generatory chłodzone powietrzem typu WY o mocach 60–160 MVA, przeznaczone dla nowych i modernizowanych bloków ciepłowniczych, generatory chłodzone powietrzem typu WX do turbin gazowych GT8C, duże generatory chłodzone powietrzem o mocy 300 MVA oraz 480 MVA (zwane TOP AIR) do turbozespołów gazowo-parowych w układach otwartych i kombinowanych jedno- i dwusprzęgłowych, generatory chłodzone wodorem do 500 MVA (zwane TOP GAS) oraz duże generatory z chłodzeniem wodno-wodorowym typu WT21-23E do 1000 MVA.

Wdrożenie licencyjnych rozwiązań konstrukcyjnych zapoczątkowane zostało pod koniec 1992 r. wyprodukowaniem pierwszego generatora z chłodzeniem powietrznym typu WY16L-068LL o mocy 65 MVA.

Produkowane obecnie we Wrocławiu generatory wymagają stosowania najnowocześniejszych metod wytwarzania oraz nowoczesnego, spełniającego odpowiednie wymagania jakościowe, parku maszynowego.

Istniejący wysoki potencjał wytwórczy został osiągnięty dzięki konsekwentnie realizowanemu programo-

wi strategii ciągłego rozwoju technik wytwarzania, czego potwierdzeniem jest:

- uruchomienie produkcji prętów uzwojeń stojana w układzie izolacji próżniowo-syconej pod nazwą MICADUR® dla wszystkich rodzajów generatorów;
- zautomatyzowanie procesów cięcia przewodów elementarnych z komputerowo programowanym automatycznym wykonywaniem przecięć pod przepłot Roebela i składaniem pręta surowego (rys. 9);
- całkowite zautomatyzowanie procesów nakładania izolacji głównej prętów uzwojeń stojanów dla wszystkich typów generatorów (rys. 10);
- wdrożenie komputerowego systemu diagnostycznego nasycania prętów uzwojeń,
- produkcja rdzeni stojanów generatorów chłodzonych powietrzem w układzie gorsetowym (rys. 11);
- laserowe wykrawanie blach magnetycznych na automatycznych stanowiskach (rys. 12);
- produkcja blach magnetycznych na w pełni zautomatyzowanej linii lakierniczo-gratowniczej,
- wprowadzenie metod spawania konstrukcji spawanych w osłonie argonu (rys. 13);
- modernizacja systemów sterowania maszyn do obróbki mechanicznej wirników,
- uruchomienie nowoczesnych stanowisk do zwojenia wirników,
- modernizacja i zakup nowoczesnego oprzyrządowania i narzędzi, poprawiających jakość i efektywność wykonywanych operacji (rys. 14).

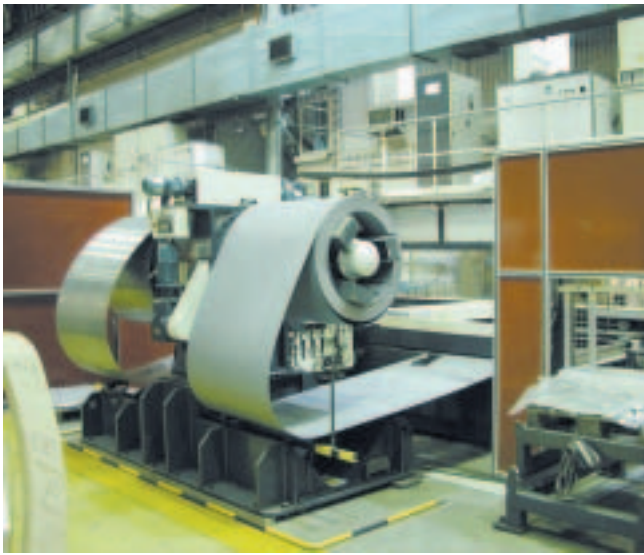
Rys. 9. Stanowisko automatycznego wykonywania pręta uzwojenia stojana



Rys.10. Automatyczna otaśmiarka do nakładania izolacji głównej pręta



Rys.11. Rdzeń stojana generatora w gorsecie na stanowisku zwojenia



Rys.12. Stanowiska laserowego wykrawania blach magnetycznych



Rys.13. Widok ogólny na spawalnię



Rys.14. Urządzenie do montażu kołpaków wirników generatorów

Stan obecny fabryki generatorów we Wrocławiu

Po dziewięciu latach pracy w ramach struktur koncernu, *ABB Dolmel* znalazł się w Grupie *ABB ALSTOM POWER* pod nową nazwą *ABB ALSTOM POWER Generators*, która to grupa została utworzona w wyniku fuzji segmentów energetycznych koncernów *ABB* i *ALSTOM*.

W maju 2000 roku *ALSTOM* nabył wszystkie udziały (tj. 50%) *ABB* w *ABB ALSTOM POWER*. W rezultacie tej transakcji, dotychczasowa nazwa Grupy została zmieniona na *ALSTOM Power*, co spowodowało analogiczną zmianę nazwy firmy wrocławskiej, która stała się częścią tej Grupy.

W dniu 31 grudnia 2001 r., elbląska spółka *ALSTOM Power* przejęła *ALSTOM POWER Generators Sp. z o.o.*, tworząc we Wrocławiu swój oddział.

Historię przekształceń firmy od jej narodzin do dnia dzisiejszego schematycznie przedstawiono na rysunku 15.



Rys.15. Historia przekształceń wrocławskiego producenta generatorów

Przyszłość produkcji generatorów w Polsce

Perspektywy dla produkcji generatorów synchronicznych na potrzeby energetyki zawodowej na najbliższe 25 lat wydają się dobre. Wynika to bezpośrednio z faktu stosowania obecnie technologii przetwarzania pierwotnych źródeł energii w energię elektryczną, które powszechnie wykorzystują do tego celu wirującą maszynę elektryczną – generator. Alternatywą dla maszyny elektrycznej jako źródła energii elektrycznej są praktycznie tylko ogniwa fotowoltaiczne i ogniwa paliwowe. W perspektywie najbliższych 25 lat nie będą one jednak stanowić żadnej konkurencji komercyjnej dla maszyn elektrycznych w skali globalnej. Wypełnią natomiast z pewnością pewną niszę w zakresie tzw. generacji rozproszonej dla zakresu mocy do kilku MW.

Konstrukcje generatorów ciągle są udoskonalane pod kątem podwyższania i tak już wysokiej niezawodności i efektywności poprzez wprowadzanie nowych technologii wytwarzania z jednoczesnym obniżaniem pracochłonności i kosztów produkcji, a co za tym idzie zwiększenia konkurencyjności.

Przykładem innowacyjności z dziedziny rozwoju konstrukcji maszyn elektrycznych może być generator nazywany po angielsku POWERFORMER™¹⁾. Choć jest to całkowicie nowa maszyna elektryczna, to jej konstrukcja wykorzystuje sprawdzone technologie. Nowością jest całkowicie nowa konstrukcja uzwojenia stojana, która wykorzystuje wysokonapięciowe kable zamiast tradycyjnych prętów (rys.16).



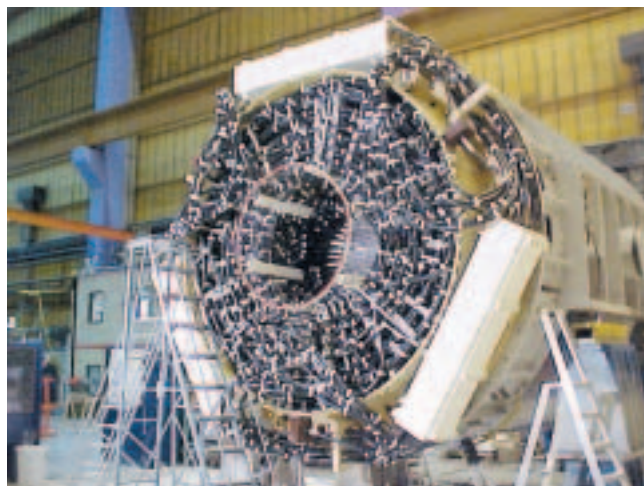
Rys. 16. Uzwojenie stojana transgeneratora – kable wysokonapięciowe zamiast tradycyjnych prętów

Kable wysokonapięciowe są to te same kable, których używa się w sieciach przesyłowych i dystrybucyjnych.

¹⁾ Ten typ maszyn elektrycznych nie ma jeszcze polskiej nazwy. Redakcja *Energetyki* proponuje przyjęcie terminu transgenerator, jako terminu łączącego w sobie nazwy dwóch maszyn – transformatora i generatora (red.).

Wirnik transgeneratora niczym nie różni się od konstrukcji generatora tradycyjnego na napięcie średnie. Transgenerator zatem może być podłączony bezpośrednio do sieci z eliminacją wyłącznika generatorowego średniego napięcia i transformatora blokowego. Dzięki temu rośnie sprawność bloku o ok. 2% w porównaniu z blokiem z turbogeneratorem tradycyjnym.

Transgeneratory oferowane są obecnie dla zakresu mocy 40–200 MW i zakresu napięć 30–150 kV. Dane znamionowe transgeneratora zainstalowanego w elektrociepłowni *Eskilstuna* w Szwecji są następujące: 42 MVA, 136 kV, 3000 obr/min, $\cos \varphi = 0,933$, $\eta = 98,21\%$ (rys. 17).



Rys. 17. Transgenerator o mocy 42 MVA, 136 kV zainstalowany w *Elektrociepłowni Eskilstuna* w Szwecji

Problemy eksploatacyjne generatorów, remonty

W polskiej energetyce zawodowej dominującą rolę odgrywają elektrownie blokowe. W Polsce wybudowano ponad 100 bloków o mocy jednostkowej 120–500 MW wykorzystujących węgiel kamienny i brunatny. Średnia wieku tych jednostek przekroczyła już dawno 20 lat, a pierwsze pracują już lat 40.

W niniejszych rozważaniach skupiono się na doświadczeniach wynikających z eksploatacji najliczniejszej grupy generatorów o mocy 200 MW oraz analizy wyników badania niezawodności pracy generatorów, polegającej na analizowaniu rodzaju uszkodzeń i eliminowaniu przyczyn ich powstawania i ich bezpośredniego wpływu na dyspozycyjność bloku. Analizy te są między innymi niezbędne w planowaniu rozbudowy systemów energetycznych oraz konstruowaniu i eksploataowaniu ich elementów. Warto zwrócić uwagę, że wskaźnik awaryjności generatorów zawsze był kilkakrotnie mniejszy od odpowiedniego wskaźnika dla bloków energetycznych. W układzie blokowym kocioł–turbina–generator, ten ostatni okazał się najbardziej niezawodnym elementem.

W latach 70., kiedy instalowano pierwsze generatory 200 MW, wskaźniki awaryjności były znacznie wyższe niż obecnie. Z początkiem lat osiemdziesiątych zauważa się widoczne zmniejszenie awaryjności generatorów. Związane jest to głównie z poprawą warunków eksploatacji, wprowadzaniem drobnych usprawnień, a także rozpoczęciem pierwszych prac modernizacyjnych.

Główne przyczyny uszkodzeń generatorów są zróżnicowane w zależności od ich roku produkcji, typu, a także producenta. W latach siedemdziesiątych, kiedy budowano najwięcej elektrowni i zanotowano największy przyrost mocy wytwórczych, jedyny polski wytwórca *Dolmel Wrocław* nie był w stanie sprostać zapotrzebowaniu na nowe generatory. Konieczne było więc sprowadzenie dodatkowo 15 generatorów o mocy 200 MW z ówczesnego Związku Radzieckiego. Generatory typu TWW-200-2A pochodziły z wytwórni *Elektrosiła* w Leningradzie i były ulepszoną wersją generatorów typu TWW-200-2, których produkcji zaprzestano, przenosząc ją, jak to opisano wyżej, do *Dolmelu*. Choć są to generatory wymienne z generatorami TWW-200-2, ich konstrukcja charakteryzowała się dwukrotnie większą liczbą łożek w stojanie, tj. wynosiła 60. Dziś można ocenić, że z tego właśnie względu generatory te okazały się znacznie mniej awaryjne od generatorów 30-łożkowych.

Do najistotniejszych uszkodzeń generatorów występujących w czasie eksploatacji należały [1]:

- uszkodzenia elektryczne wywołane działaniem prądu elektrycznego przy napięciach pracy i podczas przebiegów,
- uszkodzenia termiczne wywołane działaniem zbyt wysokiej temperatury,
- uszkodzenia termomechaniczne wywołane cyklicznymi zmianami temperatury uzwojenia,
- uszkodzenia mechaniczne wywołane działaniem sił elektrodynamicznych oraz drganiami rdzenia i uzwojeń.

Najwięcej uszkodzeń w stojanie dotyczyło pęknięcia górnych belek elastycznego zawieszenia rdzenia w korpusie, osłabienia sprasowania rdzenia prowadzące do wyłamania się blach zębów pakietów skrajnych oraz różnego typu uszkodzenia uzwojenia.

W wirnikach generatorów najwięcej uszkodzeń dotyczyło uzwojenia, kołpaków i pierścieni ślizgowych.

Dolmel jako przedsiębiorstwo państwowe, początkowo nie był zainteresowany serwisowaniem, naprawami i modernizacją generatorów (jeżeli już to tylko własnej produkcji), głównie ze względu na ograniczone moce wytwórcze wobec odgórnie narzucanych planów produkcji nowych jednostek.

Z powyższych względów energetyka polska, w celu zapewnienia sobie możliwości serwisowania i napraw własnych generatorów, zmuszona była budować własne zakłady remontowe dużych maszyn elektrycznych. Jednym z takich zakładów był *ZRME Gliwice*, którego możliwości remontowe ograniczone były jednak do generatorów mniejszych mocy. Gdy w Polsce zaczęto eksploatować generatory powyżej 100 MW, konieczne stało się wybudowanie nowego zakładu – *Energoserwisu Lubliniec*,

w którym w 1969 r. rozpoczęto remonty generatorów i transformatorów dużych mocy dla energetyki zawodowej i przemysłowej w skali całego kraju.

Szczególnym impulsem rozwojowym dla tej firmy była restrukturyzacja sektora energetyki, w wyniku której stała się przedsiębiorstwem niezależnym. W roku 1992 oddano do eksploatacji, sfinansowaną częściowo przez energetykę, odwirownię wirników turbogeneratorów z wykorzystaniem wyważarki typu DI-90 firmy *Schenck*.

Obecnie większościowym właścicielem firmy *Energoserwis Lubliniec* jest koncern *Siemens-Westinghouse*, który otwiera przed nią nowe perspektywy rozwoju także i na inne rynki zagraniczne.

Założenia do modernizacji generatorów wypracowały krajowe instytuty badawczo-rozwojowe, wspólnie z zespołami specjalistów w poszczególnych elektrowniach na podstawie zebranych doświadczeń eksploatacyjnych. Duży wkład między innymi, wniósł *Instytut Energetyki Warszawa*. *Dolmel Wrocław*, widząc konieczność ulepszenia konstrukcji niektórych węzłów generatorów sprawiających kłopoty ich użytkownikom, zwłaszcza od momentu kiedy został przejęty przez koncern *ABB*, opracował i wdrożył własne rozwiązania techniczne, wykorzystując możliwość współtworzenia i sięgania po najnowsze osiągnięcia koncernu z zakresu projektowania i technologii produkcji najnowszej konstrukcji generatorów i zaproponował kolejne wersje modernizacji.

Podobną rolę odegrała firma *Westinghouse*, która w pierwszych latach dziewięćdziesiątych również zdecydowała się wejść na rynek polski. Firma ta przeprowadziła inwentaryzację stanu bloków niektórych większych elektrowni i zaproponowała różne koncepcje modernizacji. Koncepcje te były opiniowane przez polskie instytuty [2]. Propozycje modernizacji dotyczyły również generatorów.

Gdyby graficznie przedstawić podstawowe założenia do modernizacji ich cechy, ważność i znaczenie, to mogłyby zostać przedstawione jak na rysunku 18.



Rys. 18. Podstawowe założenia do modernizacji generatorów

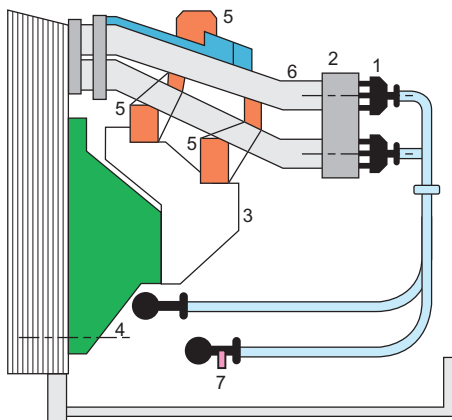
Od roku 1967, kiedy w *Dolmelu* został wyprodukowany pierwszy generator TWW-200-2, wprowadzono różnego rodzaju zmiany modernizacyjne dla tego generatora.

Jednak, jeśli chodzi o modernizacje kompleksowe generatora, to można by wyróżnić trzy koncepcje modernizacji.

Koncepcja modernizacji *ABB Dolmel Wrocław* zawierała propozycje modernizacji wszystkich podstawowych węzłów stojana i wirnika generatora.

Stojan

- zmieniono zawieszenie pakietu żelaza czynnego,
- zastosowano wibracyjne prasowanie pakietu, klejone pakiety skrajne, wzmocnione pierścienie i palce dociskowe pakietu,
- zmieniono system mocowania czoł uzwojenia w celu ich swobodnego wydłużania się w kierunku osiowym (rys. 19),
- wprowadzono układ izolacyjny próżniowo sycony Micadur oraz rurki i komory wodne wykonane ze stali niemagnetycznej,
- zmieniono technologię klinowania prętów uzwojenia w żłobkach wprowadzając kliny podwójne zbieżne.



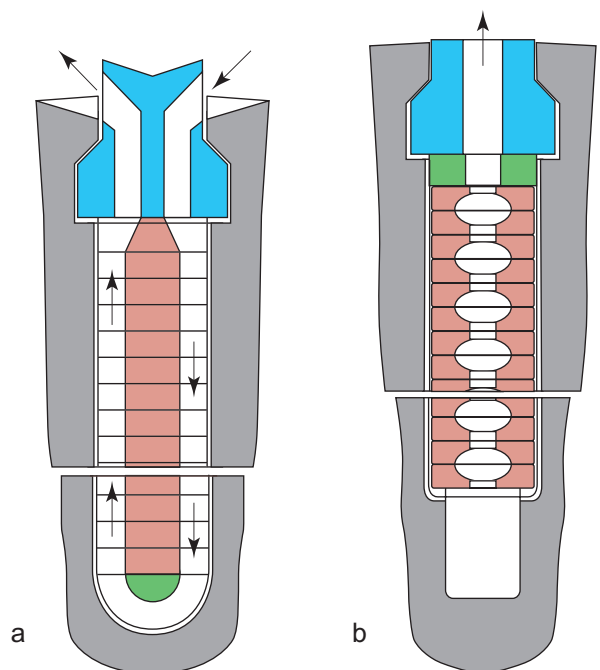
Rys. 19. Koncepcja modernizacji mocowania czoł uzwojeń wg *ABB Dolmel*

Wirnik

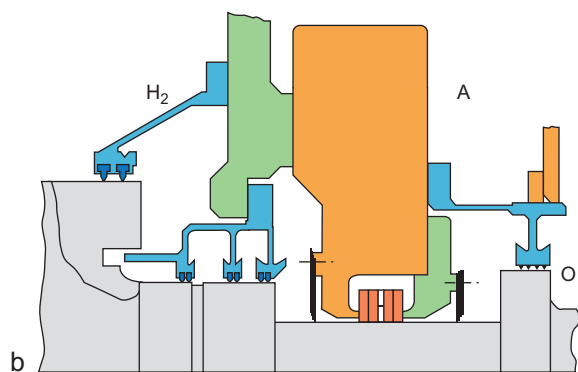
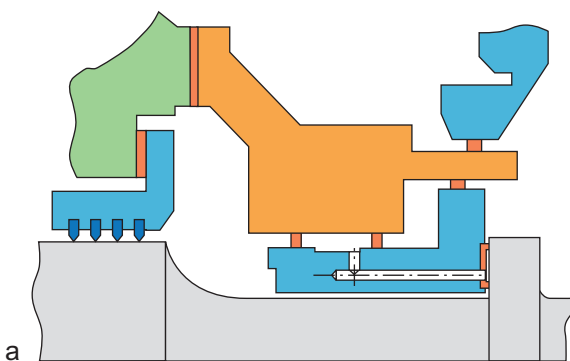
- zmieniono system chłodzenia wirnika z promieniowozabierakowego na osiowy (rys. 20),
- wprowadzono zmiany kształtu żłobka i rozwiązania umożliwiające zwiększenie mocy generatora z 200 MW na 230 MW,
- zmieniono sposób osadzenia kołpaków na bagnety, swobodnie wiszący,
- zastosowano nowy gatunek stali na kołpaki odpornej na korozję międzykryształiczną,
- wprowadzono zmiany połączenia odpyłów

Uszczelnienia wodorowe

Zastosowano nowe promieniowe uszczelnienie wodorowe z wydzielonym układem oleju uszczelniającego z próżniowym układem odgazowania oleju (rys. 21).



Rys. 20. Koncepcja modernizacji systemu chłodzenia wirnika generatora wg *ABB Dolmel*



Rys. 21. Koncepcja modernizacji uszczelnień wodorowych generatora wg *ABB Dolmel*

Istotne było wprowadzenie nowych materiałów izolacyjnych, a zwłaszcza układu izolacji próżniowo syconej pod nazwą *Micadur*[®] [3], charakteryzującej się szeregiem bardzo cennych właściwości. Izolacja *Micadur*[®] stała się podstawowym systemem izolacyjnym w koncernie *ABB*. Specyfiką tej nowej technologii było stosowanie w jednym z wariantów w prętach uzwojenia stojana generatorów dużej mocy, rurek z chłodzącym destylatem, wykonanych z wysokostopowej stali nierdzewnej, zamiast dotychczas stosowanych wykonanych z miedzi.

Koncepcja modernizacji firmy *Energoserwis* z Lublińca także zawierała wielowariantowe zmiany konstrukcyjne poszczególnych węzłów generatora. Wiele rozwiązań technicznych było podobnych. Koncepcja była bardzo elastyczna. Umożliwiała potencjalnemu klientowi wybór z pakietu modernizacyjnego. Szczególnie duże doświadczenia miała firma w stosowaniu nowych kołpaków wirnika. *Energoserwis* adaptował niektóre rozwiązania od firmy *Westinghouse*, co znacznie uatrakcyjniło jego ofertę.

Ponieważ, jak już wspomniano, firma *Westinghouse* szukając możliwości wejścia na polski rynek zaproponowała własne rozwiązania, to należy uznać, że trzecią, znaną koncepcją modernizacji na polskim rynku była koncepcja *Westinghouse'a*.

Westinghouse, jako uznany światowy koncern energetyczny, zrealizował wiele programów modernizacji, mających na celu ulepszenie konstrukcji generatorów i poprawę ich parametrów technicznych opartej na tzw. technologii Rigi-Flex [4]. *Westinghouse* wprowadził także na polski rynek metodę niskoindukcyjną diagnostyki pakietu stojana, swoisty test elektroniczny, do badania i pomiaru zaburzeń pola magnetycznego w miejscach zwarcia blach. Metoda ta, zwana jest w skrócie EL-CID [5] od „Electromagnetic Core Imperfection Detection”. Innym ciekawym rozwiązaniem była nowa koncepcja chłodzenia uzwojenia stojana destylatem. Wymagało to znacznych zmian w istniejącym układzie chłodzenia destylatem, ale prowadziło do zwiększenia intensywności chłodzenia. Wg rozważania, pełny pakiet modernizacyjny proponowany przez *Westinghouse'a* zastosowany i wykonany został tylko do jednego generatora 200 MW.

Większość wprowadzanych założeń modernizacyjnych bezpośrednio lub pośrednio związana jest z koniecznością przystosowania generatorów do pracy ze zmiennym obciążeniem. Omawiane generatory z założenia projektowane były do pracy podstawowej, ze stałą, możliwie maksymalną wydajnością produkcyjną. Wyłączenia generatorów wydarzały się przeważnie z powodu wyłączeń awaryjnych podstawowych urządzeń blokowych.

Impulsem rozpoczynającym etap przystosowania generatorów do pracy ze zmiennym obciążeniem było podpisanie przez Polskę w 1991 roku z EWG tzw. Karty Energetycznej. Na mocy tego porozumienia przewidywano połączenie krajowego systemu energetycznego z systemem energetycznym Europy Zachodniej UCPE, co nastąpiło w 1995 roku.

Obecnie, przy nadmiarze mocy produkcyjnych, elektrownie podstawowe przygotowały się do pracy przy tzw. głębokiej regulacyjności bloków sięgającej nawet 50% mocy znamionowej. Podobne zmiany zakresu regulacji

dotyczą mocy biernej. Niektóre generatory, w zależności od napięcia i miejsca w systemie elektroenergetycznym, często przechodzą do pracy z niedowzbudzeniem w zakres pracy pojemnościowej. W takim stanie pracy ulegają silnemu nagrzewaniu elementy skrajne pakietu rdzenia stojana. Konieczne stało się monitorowanie ciepłe pakietów skrajnych stojana, płyt dociskowych, elementów konstrukcji wsporczej i mocującej czoła uzwojeń.

Zwiększenie mocy znamionowej generatorów jest jednym z istotnych elementów modernizacji turbozespołów. Jeżeli przyjąć do obliczeń, że generatorów dwusetkowych w Polsce jest 65, to przy wzroście mocy w wyniku modernizacji o 25–30 MW, otrzymuje się łącznie moc 1625–1950 MW, co odpowiada mocy dużej elektrowni. Trudno wycenić wszystkie zaoszczędzone koszty środowiskowe i prawno-organizacyjne związane z wybudowaniem całkowicie nowej elektrowni tej mocy. Koszt modernizacji generatora TWW-200 stanowi ok. 50% ceny nowego generatora chłodzonego powietrzem o mocy 240 MW. Przez analogię można przyjąć, że całkowity koszt budowy nowej elektrowni o mocy 1900 MW w nowej lokalizacji byłyby co najmniej dwukrotnie wyższe w porównaniu z sumarycznymi kosztami modernizacji istniejących 65 bloków o mocy znamionowej 200 MW.

Zwiększenie mocy generatorów, których konstrukcje opracowano ok. 40 lat temu możliwe jest dzięki wykorzystaniu rezerwy tkwiącej w ich przestarzałej konstrukcji oraz nowych technik projektowania, badań i zastosowania nowoczesnych materiałów konstrukcyjnych i technologii produkcji. Dodatkowym efektem modernizacji jest wydłużenie ich dalszej żywotności i wydłużenie cyklu remontowego. Czas pracy wielu generatorów przekroczył 180–250 tys. godzin. Modernizacje umożliwiają wydłużenie czasu pracy o kolejne 150–200 tys. godzin.

Cykle remontowe determinują przeważnie urządzenia cieplno-mechaniczne. Początkowo cykle remontowe przeprowadzane były w okresach 3-letnich, potem 4-letnich. Modernizacje generatorów umożliwiły wydłużenie tego cyklu do 6–8 lat. Limitującym węzłem w tym przypadku są przeglądy kołpaków, które są elementami krytycznymi konstrukcji wirnika ze względów wytrzymałościowych. Najczęściej spotykanymi uszkodzeniami kołpaków są pęknięcia zmęczeniowe, wypalenia elektroerozyjne, naprężeniowa korozja międzykrystaliczna [7].

Obecnie stosuje się na kołpaki odporny na korozję międzykrystaliczną nowy typ stali typu 18Mn18Cr, o zwiększonej do 18% zawartości chromu. Wraz z nowymi kołpakami z nowego gatunku stali dokonano także modernizacji zawieszania kołpaków na becze wirnika. W nowym rozwiązaniu, kołpak został bagnetowo zawieszony na becze wirnika, a pierścień centrujący nie styka się z wałem. Dzięki temu, wyeliminowano przenoszone przez stosunkowo sztywny pierścień centrujący, szkodliwe dla kołpaków, zmienne w czasie naprężenia mechaniczne, powstające wskutek ugięcia wału względem beczi wirnika.

Przy modernizacji kołpaków zastosowano podkołpakowe segmentowe elementy klatki tłumiącej, które połączone długimi jednolitymi aluminiowymi klinami żłobkowymi zwiększają moment tłumiący generatora

w niestabilnych stanach pracy generatora. Z eksploatacyjnych doświadczeń światowych wynika, że uszkodzenia kołpaków nie tylko obniżają niezawodność generatorów, lecz mogą być przyczyną ich totalnych awarii. Dlatego, podczas modernizacji, przyjęto priorytetową zasadę wymiany kołpaków na nowe.

Przy omawianiu remontów i modernizacji generatorów należy także wspomnieć o nowym sposobie diagnostycznym zastosowanym do oceny jakości i stopnia zużycia układów izolacyjnych.

Ten nowy sposób to diagnozowanie stanu izolacji generatorów metodą wyładowań niepełnych [9]. Stosowane dotychczas sposoby diagnozowania i oceny jakości układów izolacyjnych na podstawie próby napięciowej i pomiarów współczynnika strat dielektrycznych okazały się nie- wystarczające. Pomimo skomplikowanych technik i surowych wymagań współczesnych technologii, możliwe jest jednak zaistnienie ukrytych wad izolacji. Instytut Energetyki, Zakład Izolacji w Poznaniu wprowadził na polski rynek diagnozowanie stanu izolacji maszyn elektrycznych wysokiego napięcia metodą pomiaru wyładowań niepełnych (wnz). Analiza wyników uzyskanych przy pomiarze wnz w izolacji pozwala na ograniczenie degradujących prób napięciowych, co ma szczególne znaczenie w przypadku badań maszyn starych, pracujących wiele lat. W takich generatorach każda próba napięciowa zagraża przyspieszeniem degradacji wytrzymałości dielektrycznej izolacji uzwojenia i awarią w czasie eksploatacji.

Podsumowanie i wnioski

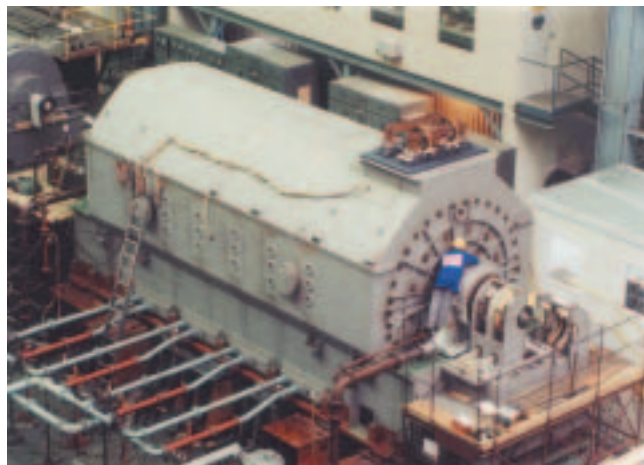
1. W Polsce, w fabryce we Wrocławiu produkuje się obecnie najnowocześniejsze generatory na świecie.

2. Polscy inżynierowie aktywnie współuczestniczą w opracowywaniu najnowszych konstrukcji generatorów, w tym największych obecnie na świecie generatorów chłodzonych powietrzem (TOP AIR) o mocy 309 MVA (rys. 22) i o mocy 480 MVA (rys. 23) oraz chłodzonych wodorem (TOP GAS) o mocy 500 MVA (rys. 24).

3. Zapotrzebowanie polskiej energetyki na nowe generatory może być całkowicie zaspokojone przez firmę z Wrocławia (aktualnie 80% produkcji firmy eksportuje się na rynki energetyczne całego świata i tylko 20% idzie na rynek krajowy).

4. W Polsce funkcjonuje od ponad 10 lat wolny rynek serwisowania i modernizacji generatorów, na którym oprócz firm remontowych energetyki również aktywnie działa autoryzowany serwis producenta.

5. Z analizy danych historycznych przedstawionych za ubiegłe 40 lat w tabeli 4 i zobrazowanych na rysunkach 25 i 26 widać wyraźnie, że energetyka czeka w najbliższej przyszłości konieczność skutecznego odnawiania zainstalowanych urządzeń wytwórczych, w tym generatorów. Wiarygodne przewidywania instalowania nowych mocy rzędu ok. 800 MW rocznie znajdują również swoje potwierdzenie i w tym zestawieniu.



Rys. 22. Prototyp TOP AIR (309 MVA) na stanowisku testowym w trakcie prób typu



Rys. 23. Prototyp TOP AIR2 (480 MVA) na stanowisku testowym w trakcie prób typu

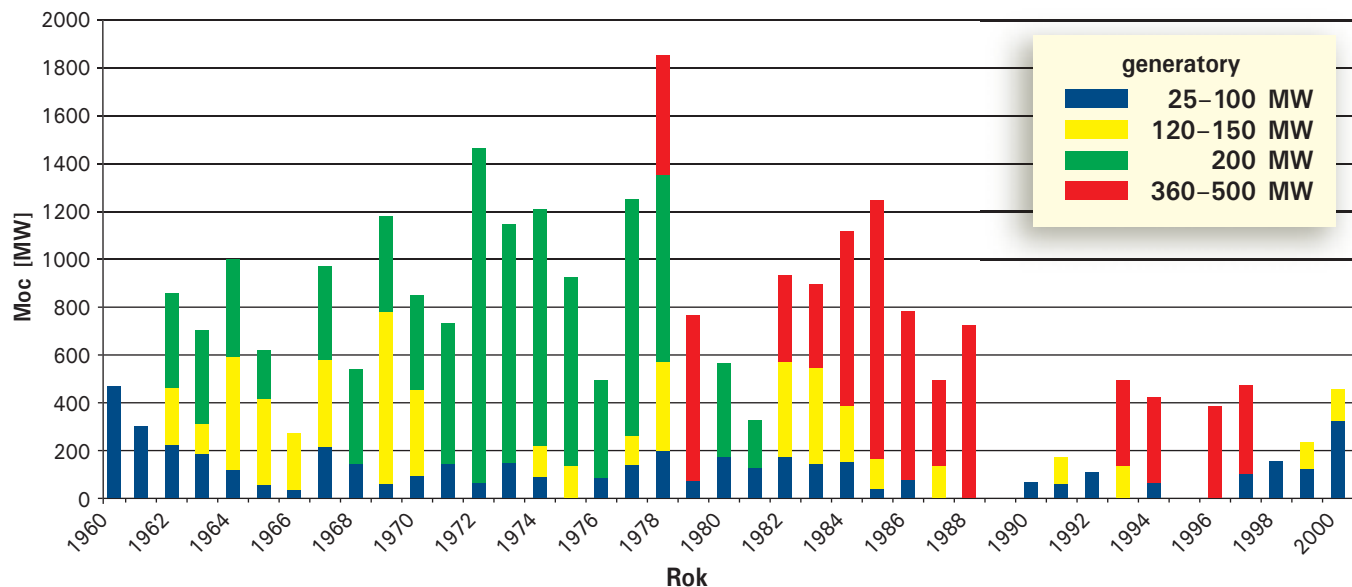


Rys. 24. Prototyp TOP GAS (500 MVA) na stanowisku testowym w trakcie prób typu

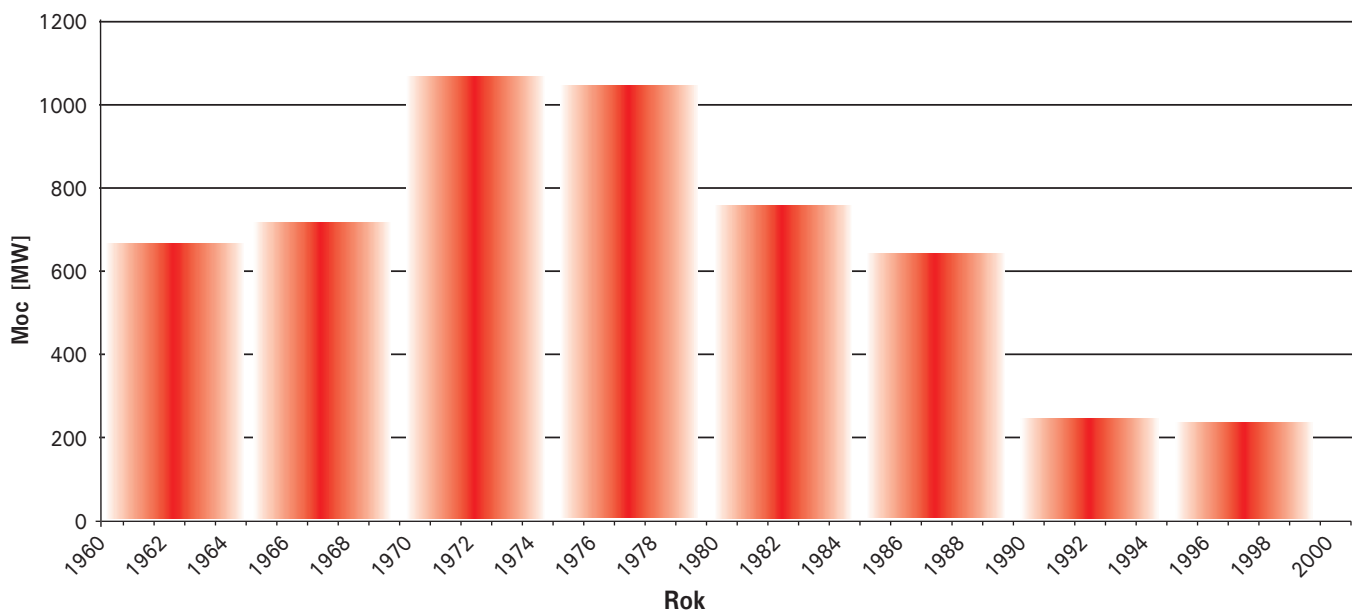
Uruchomienia nowej mocy w elektrowniach zawodowych i przemysłowych w latach 1960 – 2000

Rok	Moc znamionowa generatora w MW					średnia 5-letnia	suma	Elektrownia, elektrociepłownia
	25–100	120–150	200	360–500				
1960	470					666	470	Konin, Pomorzany, Skawina, Blachownia, Bielsko-Biała
1961	305						305	Konin, Pomorzany, Siekierki, Skawina, Czechnica, HS
1962	220	240	400				860	Turów, Siekierki, Siersza, Halemba
1963	185	120	400				705	Turów, Żerań, Łagisza, Halemba, Będzin
1964	110	480	400				990	Turów, Adamów, Konin, Łagisza, Płock
1965	55	360	200			715,2	615	Turów, Adamów, Stalowa Wola, Puławy, HS
1966	30	240					270	Adamów, Stalowa Wola, Puławy
1967	215	360	400				975	Pątnów, Adamów, Łaziska, Płock, Włocławek
1968	136		400				536	Pątnów, Solina
1969	60	720	400				1180	Pątnów, Żerań, Łagisza, Siersza, Łódź 3
1970	85	360	400			1075,2	845	Łaziska, Turów, Łagisza, Siersza, Bielsko-Biała, Płock
1971	132		600				732	Łaziska, Turów, Łódź 3, Bydgoszcz, Puławy
1972	55		1400				1455	Kozienice, Rybnik, Łaziska, Ostrołęka, Wrocław
1973	142		1000				1142	Pątnów, Kozienice, Rybnik, Gdańsk 2, Zofiówka, Płock
1974	82	120	1000				1202	Pątnów, Kozienice, Rybnik, Dolna Odra, Siekierki, Łódź 3, Zofiówka
1975		120	800			1051,4	920	Kozienice, Dolna Odra, Siekierki
1976	80		400				480	Dolna Odra, Bydgoszcz 2, Zdzeszowice
1977	130	120	1000				1250	Dolna Odra, Jaworzno III, Łódź 3 i 4, Kraków, Gorzów
1978	190	360	800	500			1850	Kozienice, Jaworzno III, Siekierki, Łódź 4, Kraków, Gdańsk 2, Białystok, Gorzów
1979	57		200	500			757	Kozienice, Połaniec, HK, Świecie
1980	155		400			756,2	555	Połaniec, Gdynia 3, HK, Włocławek
1981	110		200				310	Połaniec, Białystok, HK, Włocławek
1982	160		400	360			920	Połaniec, Belchatów, Czechnica, Stalowa Wola, Puławy, Kwidzyń
1983	132		400	360			892	Połaniec, Belchatów, Czechnica, Gdańsk 2, Police
1984	144	240		720			1104	Belchatów, Kraków, Wrocław, Bydgoszcz 2, Karolin, Police, Kwidzyń
1985	35	120		1080		644	1235	Belchatów, Kraków, Włocławek
1986	65			720			785	Belchatów, Stalowa Wola, Kwidzyń
1987		120		360			480	Belchatów, Wrocław
1988				720			720	Belchatów
1989							0	
1990	55					246,6	55	Gdynia 3
1991	50	120					170	Karolin, Białystok
1992	98						98	HK, Świecie
1993		120		370			490	Opole, Łódź 4
1994	50			370			420	Opole, Gdańsk 2
1995						241,4	0	
1996				370			370	Opole
1997	87			380			467	Opole, Bielsko-Biała, Zdzeszowice
1998	140						140	Jaworzno 2
1999	110	120					230	Bydgoszcz 2, Karolin, Gorzów
2000	310	135				445	Szczecin, Będzin, Katowice, Nowa Sarzyna, Tychy	

Średnia za okres 1960 – 2000 = 668,9



Rys. 25. Uruchomienia nowej mocy w elektrowniach zawodowych i przemysłowych w latach 1960 – 2000



Rys. 26. Średnia roczna za okresy pięcioletnie

LITERATURA

- [1] Przybysz J.: Turbogeneratory, eksploatacja i diagnostyka. WNT, Warszawa 1991
- [2] Opinia o opracowanej przez *Westinghouse Electric Corporation* koncepcji modernizacji elektrowni z blokami 200 MW na węgiel kamienny. IEn, Warszawa 1992
- [3] Materiały ofertowe firmy *ABB Dolmel* 1994
- [4] Materiały ofertowe firmy *Westinghouse* 1994
- [5] Przybysz J., Tokarski S.: Badanie rdzeni generatorów. Wyd. Instytutu Energetyki, Warszawa 1994
- [6] Bytnar A.: Ograniczanie nadmiernych wibracji stojana turbogeneratora. IEn, Warszawa 1994

- [7] Dobosiewicz J.: Uszkodzenia korozyjne kotłaków generatorów w turbozespołach parowych. *Energetyka* 1991, nr 8
- [8] DTR Dwukomorowy osuszacz wodoru firmy *Energoserwis SA*
- [9] Tułodziecka E., Andrzejewski K.: Wytyczne badań diagnostycznych do oceny stanu technicznego uzwojeń generatorów dużych mocy. Opracowanie Instytutu Energetyki, Poznań 1993
- [10] Przybysz J.: Diagnostyka generatorów. *Energetyka* 1999, nr 1
- [11] Praca zbiorowa: Historia elektryki polskiej, WNT t.1. 1977, t.2. 1992
- [12] Materiały archiwalne *Dolmel, ABB Dolmel, Alstom Power*

