

Jabłoński, Bolesław

O niektórych prawidłowościach rozwoju mechanizmów na przykładzie elektrycznych przyrządów pomiarowych

Kwartalnik Historii Nauki i Techniki 1/4, 753-773

1956

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.



Bolesław Jabłoński

O NIEKTÓRYCH PRAWIDŁOWOŚCIACH ROZWOJU MECHANIZMÓW NA PRZYKŁADZIE ELEKTRYCZNYCH PRZYRZĄDÓW POMIAROWYCH*

Badania rozwoju mechanizmów stanowią ważną pozycję w historii rozwoju nauk technicznych.

Pojęcie „mechanizm“ będę tu rozumiał szeroko, niezależnie od rodzaju, dziedziny działania i przeznaczenia, układu oraz wymiarów zewnętrznych. Tak więc miano mechanizmu rozciągnę np. na wielkie piece w hutnictwie, silniki elektryczne w urządzeniach napędowych, samochody w dziedzinie pojazdów mechanicznych, żarówki w technice oświetlenia elektrycznego, elektryczne przyrządy pomiarowe we wszystkich dziedzinach techniki oraz mnogość innych urządzeń w różnych dziedzinach życia gospodarczego i kulturalnego.

TRZY ETAPY ROZWOJU MECHANIZMÓW

W pracach i rozprawach na temat rozwoju mechanizmów zwraca uwagę niedostateczność wzajemnego powiązania poszczególnych postaci rozwojowych od pierwszego wykonanego mechanizmu do jego konstrukcji nowoczesnej. Przedstawiane są jedynie pojedyncze fragmenty wielkiego cyklu rozwojowego, w którym poszczególne mechanizmy są produktami myśli twórczej osób lub wytwórni w różnych krajach.

* Pierwsza wersja tego artykułu była referowana na wspólnym posiedzeniu naukowym Katedr Elektrycznych Przyrządów Pomiarowych i Historii Techniki Politechniki Warszawskiej w marcu 1956 r.

Łączność kolejnych postaci konstrukcyjnych mechanizmu i ciągłość jego rozwoju da się wykazać, jeśli wyodrębnimy trzy etapy tego rozwoju, a mianowicie:

- a) etap statyczny — powstawania mechanizmu,
- b) etap dynamiczny rozwoju, ujęty w ciągi konstrukcyjne,
- c) etap normalizowany, w którym zauważyć można osiągnięcie podobnej postaci dla tego samego rodzaju mechanizmu, wykonywanego przez różne wytwórnie.

W etapie pierwszym — statycznym, pojedyncze mechanizmy tego samego rodzaju budowane są prawie jednocześnie, według koncepcji wielu konstruktorów w różnych krajach.

Etap dynamiczny cechuje rozwój tego samego rodzaju mechanizmu, wykonywanego przez poszczególne wytwórnie w ciągu dłuższego czasu, np. 50—100 lat. Mechanizmy produkowane przez jedną wytwórnię, ułożone według lat powstawania, utworzą ciąg konstrukcyjny, do którego jako człon pierwszy wejdzie przyjęta za prototyp konstrukcja mechanizmu z etapu pierwszego, a członami końcowe etapu dynamicznego z ostatnich lat fabrykacyjnych będą tworzyły pierwsze człony etapu normalizowanego.

W etapie normalizowanym podobieństwo ostatnich członów wielu ciągów konstrukcyjnych tego samego mechanizmu produkowanego w etapie dynamicznym przez różne wytwórnie nasuwa propozycje ustalania wymiarów zewnętrznych mechanizmu oraz jego właściwości, ułożonych według przyjętych gradacji, np. według stopni dokładności w przyrządach i układach pomiarowych, a następnie — normalizacji niektórych elementów składowych mechanizmu.

Wymienione etapy zająbiają się ściśle ze sobą, a nawet zachodzą na siebie, stąd wynika ciągłość rozwoju mechanizmu.

Rozwój mechanizmu nigdy nie jest zakończony, co uwydatnia się wyraźnie w rozwinięciu etapu dynamicznego. O ile rozgraniczenie etapów statycznego i dynamicznego raz określone pozostaje niezmiennie, to obszar rozgraniczający etapy dynamiczny i normalizowany ciągle się przesuwają. W miarę więc powstawania nowych czynników rozwoju do zasięgu etapu dynamicznego przechodzić będą mechanizmy uprzednio zaliczane do etapu normalizowanego.

Badanie całkowitego rozwoju mechanizmu musi uwzględnić trzy jego etapy. Nie wyłącza to zajęcia się tylko jednym z nich, trzeba jednak wówczas zdawać sobie sprawę z przyjętego ograniczenia zakresu studiów rozwoju mechanizmu. W pracy np. poświęconej

twórczości W. Krukowskiego w rozwoju konstrukcji licznikowych¹ pominąłem etap pierwszy i zatrzymałem się jedynie na trzech ciągach konstrukcyjnych etapu dynamicznego. W książce natomiast *Szkice z historii rozwoju maszyn elektrycznych*² autor uwzględnił w swej pracy tylko pierwszy etap rozwoju. Podobnie i w innych publikacjach poddawany jest często rozważaniu jedynie etap pierwszy, bez zaznaczenia nawet istnienia pozostałych.

W historii hutnictwa w Polsce rozdział np. o wielkich piecach może objąć wszystkie trzy etapy ich rozwoju. Do etapu pierwszego wejdzie wtedy kilka konstrukcji wielkich pieców, rozpowszechnionych np. w wieku XVIII. Po ustaleniu prototypu rozważaniu podlegać będzie i etap drugi, obejmujący ciągi konstrukcyjne wielkich pieców w Polsce w okresie od XVIII do XX wieku. Ostatni wreszcie etap obejmie wiek XX.

Etap statyczny – powstawanie mechanizmu

Przy badaniu etapu statycznego zainteresowania historyka rozciągają się na mechanizmy tego samego rodzaju lub podobne, których koncepcja pomysłu lub wykonanie pochodzą od różnych osób. Oprócz ustalenia pierwszeństwa powstania mechanizmu i osoby twórcy wynalazku powinny zebrane materiały pozwolić na zidentyfikowanie pierwszych elementów ciągów konstrukcyjnych etapu dynamicznego.

Materiał rozporządzalny dla historyka składa się przede wszystkim z orzeczeń patentowych, prac ogłoszonych w czasopiśmie technicznych, referatów wygłoszonych w towarzystwach naukowych oraz z korespondencji twórcy pomysłu i współczesnych jemu osób na temat wynalazku.

Orzecznictwo patentowe ustalające datę i godzinę zgłoszenia pomysłu decyduje w wielu, lecz nie we wszystkich rozpatrywanych zagadnieniach. Znane są spory, trwające przez wiele lat, np. o pomysł transformatora, o żarówkę elektryczną itd. W wielu sporach jednostki twórcze nie były w ogóle wymieniane, lecz zastąpione przez koncerty przemysłowe, ubiegające się o uzyskanie pierwszeństwa pomysłu.

W niektórych przypadkach twórca pomysłu pozostał nieznanym, a za podstawę rozważań wzięty był tylko mechanizm. W rozważaniach takich musi być pominięta klasyczna metoda opracowania te-

¹ Monografia prac W. Krukowskiego, część III. Wydawnictwo PAN w przygotowaniu.

² S. A. Gusiew, Moskwa 1955.

matu, stosowana w dziedzinie innych nauk. Zrozumienie idei, motywów tworzenia mechanizmu oraz kształtu jego pierwszego wykonania wymaga bowiem odtworzenia środowiska, w którym twórca obraca się i pracuje, a które wywiera dodatni lub ujemny wpływ na jego pracę myślową. Na myśl twórczą autora pomysłu mają prócz tego wpływ warunki ekonomiczne oraz poziom sił wytwórczych.

Dużą rolę w nadaniu pierwszej postaci prototypowi mechanizmu wywiera naśladowanie przedmiotów otaczających twórcę pomysłu. Należy się też liczyć z oddziaływaniem na twórcę mechanizmu prac i publikacji innych osób, zajmujących się podobnymi koncepcjami, oraz wymiany z otoczeniem zdań i poglądów na temat zmian konstrukcyjnych mechanizmu.

Podstawą pomysłu jest zawsze myśl twórcza konstruktora mechanizmu, mająca na celu dopomożenie współczesnemu sobie społeczeństwu w ulżeniu pracy i udogodnieniu życia. Rozciąga się to zarówno na metody technologiczne produkcji, np. we włókiennictwie — zastąpienie sił ludzkich mechanicznymi, jak i na środki komunikacji, np. poruszanie statków i pojazdów silnikami parowymi, spalinowymi i elektrycznymi, na zmiany sposobów oświetlenia i ogrzewania itd.

Każdy wynalazek opiera się przede wszystkim na rozporządzalnym źródle energii użytym do poruszania mechanizmu, które twórca pomysłu musiał opanować w celu właściwego zastosowania. Właściwości źródeł energii wywierają istotny wpływ na pierwsze wykonanie pomysłu. W sposób niezwykle jasny można prześledzić związek między rozporządzanymi źródłami energii i pomysłami mechanizmów na przykładzie zastosowania energii elektrycznej.

Energia elektryczna wytwarzana w wieku XVIII w maszynach elektrycznych statycznych stanowiła jedynie podstawę do naukowych badań doświadczalnych oraz źródło rozrywki ówczesnych salonów literackich, polegającej na obserwowaniu poruszania się lekkich marionetek w polu elektrycznym lub na wytwarzaniu iskier do zapalania.

Możliwość korzystania z energii elektrycznej, wytworzonej w elementach galwanicznych, pozwoliła w pierwszej połowie wieku XIX wynalazcom na konstruowanie silników elektrycznych, budowanych na podobieństwo silników parowych, w których rozrząd pary został zastąpiony przez rozrząd elektromagnesów zasilanych prądem stałym.

Uzyskanie w drugiej połowie wieku XIX energii elektrycznej wytwarzanej w prądnicach i stwierdzenie odwracalności maszyny elektrycznej wywarło decydujący wpływ na konstrukcję silników elektrycznych i wywołało zaniechanie budowy silników pierwotnego typu.

Wykorzystanie wreszcie energii atomowej umożliwi wprowadzenie nowego znów rodzaju silników napędowych, dziś jeszcze nieznanego typu.

W badaniach rozwoju mechanizmu historyk musi też uwzględniać odmienność warunków towarzyszących poszczególnym zmianom konstrukcyjnym. Opieranie się więc tylko na rysunkach mechanizmów, zaczerpniętych najczęściej z publikacji patentowych, nie pozwala na prześledzenie zmian mechanizmów pod wpływem otaczających warunków i rozprawa taka będzie nosiła charakter jedynie skatalogowania materiałów dla przyszłych badaczy historii techniki.

Wpływ przedmiotów, z którymi twórca mechanizmu jest w ciągłej styczności, lub podobnych mechanizmów już rozpowszechnionych oddziałują mimo woli na myśl twórczą wynalazcy i w wielu przypadkach decyduje w nadaniu nowym pomysłom postaci mechanizmów już znanych.

Zachowanie takiego podobieństwa miało więc miejsce np. w budowie silnika elektrycznego zasilanego z baterii galwanicznych. Charakterystyczną też postacią mają pierwsze samochody, których twórcy po prostu odjęli bryczce dyszel, ustawili silnik — początkowo parowy, a następnie spalinowy — a na koźle lub z tyłu pojazdu umieścili kierownicę. Ze względu na wielką szybkość poruszania się pojazdu, przekraczającą np. 20 km/godz. w trosce o zdrowie kierowcy kazali mu wkładać gęste futro włosom na zewnątrz.

Współpracownicy Edisona przy budowie żarówki elektrycznej wzorowali się na ogólnie wówczas rozpowszechnionych lampach naftowych, których szkło posiadało przestrzeń kulistą dla pomieszczenia palnika i wydłużony otwarty kominek dla odprowadzania gazów spalinowych. W żarówkach pozostawiono przestrzeń kulistą do umieszczenia żarzącego się włókna, usuwając jedynie kominek jako zbędny.

W pierwszych elektrowniach atomowych — analogicznie do elektrowni ciepłych — energia atomowa jest zużywana do wytwarzania pary wodnej.

Regułą jest więc w pierwszych wykonaniach nowych mechanizmów lub urządzeń powtarzanie postaci mechanizmów znanych z otoczenia i dopiero w konstrukcjach następnych stopniowe przechodzenie do kształtów doskonalszych.

Etap statyczny historii pewnego mechanizmu rozpoczyna się od powstania pierwszych jego koncepcji zgłaszanych przez różnych twórców, a kończy się rozpoczęciem wytwarzania tego mechanizmu w skali przemysłowej przez wiele wytwórni. W zależności od rodzaju mechanizmu okres czasu obejmujący etap statyczny jest różny i trwać może od jednego do kilku dziesiątków lat. Charakterystycznym przykładem może być rozwój silników elektrycznych. Etap statyczny podzielić tu należy na kilka okresów. Wstępny okres budowy modeli fizycznych rozpoczyna się doświadczeniami F a r a d a y a w roku 1821 i kończy rokiem 1835, w którym zaczynają powstawać pierwsze silniki elektryczne, zasilane z ogniw galwanicznych. Drugi okres zakończy się około roku 1878, w którym stwierdzono doświadczalnie odwracalność maszyny elektrycznej i przystąpiono do wytwarzania prądnic i silników prądu stałego, opartych na analogicznych zasadach. Przykładem drugim będą elektromagnetyczne przyrządy pomiarowe, stanowiące temat tej rozprawy, których etap statyczny obejmuje lata 1885—1890, a więc zaledwie 5 lat.

W analizie konstrukcyj różnych typów mechanizmów tego samego rodzaju wydzielić można w etapie statycznym mechanizmy mało różniące się w budowie części składowych, które zebrane razem utworzą w etapie dynamicznym pierwszy wspólny człon ciągów konstrukcyjnych tego mechanizmu, budowanych przez różne wytwórnie.

Etap dynamiczny

W odróżnieniu od etapu statycznego w etapie rozwojowym dynamicznym badaniu podlegają mechanizmy tego samego rodzaju, wykonywane przez określoną wytwórnię w ciągu dłuższego czasu, np. 50—60 lat. Przy proponowanej metodzie studiów — dotychczas albo mało albo zupełnie nie spotykanej — historyk musi w etapie dynamicznym rozporządzać oprócz materiałów z patentów i publikacji zbiorem mechanizmów wykonanych w ustalonym okresie czasu. Im zbiór jest pełniejszy, tym wyciąganie wniosków o przebiegu i kierunku ciągu konstrukcyjnego staje się bardziej oczywiste i pewniejsze.

Konstrukcja mechanizmu nigdy nie jest zakończona, rozwija się ona z udziałem lub bez udziału twórcy pierwowzoru w sposób ciągły i jej rozwój jest uzależniony od zdolności twórczych osób, które przejęły pomysł, od nowych tworzyw konstrukcyjnych nie znanych w czasie pierwszego wykonania, wreszcie od zmian w technologii wyrobu, z którymi niepodzielnie jest związane powstawanie serii o coraz większej liczebności mechanizmów produkowanych.

W etapie dynamicznym uwydatniają się zmiany w elementach tego samego mechanizmu, produkowanego przez tę samą wytwórnę w różnych latach i wnikliwie badanie tych zmian dostarcza bogatego materiału myślowego pozwalającego na poznanie przyczyn, które na zmiany te wpłynęły.

Mechanizmy uszeregowane stosownie do dat ich produkcji, począwszy od pierwszego rozporządzalnego a skończywszy na ostatnim, tworzą ciąg konstrukcyjny i technologiczny. Ciąg będzie tym pełniejszy, im więcej zawiera mechanizmów o stosunkowo małych różnicach oraz im dłuższy okres czasu obejmuje badanie.

Ułożenie ciągu konstrukcyjnego nie jest łatwe, wymaga dużego nakładu czasu i pracy, przede wszystkim zaś szczęścia w wyszukaniu tych typów mechanizmów, które były usunięte z użycia przed wielu laty. Należy jednocześnie przewertować wiele kart czasopism, aby w kolejności dat powstania mechanizmu wykonać ich zestawienia.

Badanie rozwoju dynamicznego mechanizmu pozwala prześledzić wszystkie zmiany konstrukcyjne, jakie powstawały w ciągu kilku dziesiątków lat, i uwidocznia stopniowe przekształcanie mechanizmu od postaci pierwotnej do ostatniej.

W mechanizmie zmianom podlegają jednocześnie jego części składowe, następują zmiany kształtu i rodzaju użytego tworzywa. Zauważyć też można usunięcia niektórych części oraz uproszczenia, przy których następuje zastąpienie kilku części przez jedną — w dążeniu do przejrzystości mechanizmu.

Badanie ciągów konstrukcyjnych jest celowe zarówno ze względów naukowych, jak i dydaktycznych. Jest bowiem niezwykle pouczające badanie myśli konstrukcyjnej, dążącej do osiągnięcia mechanizmu najbardziej korzystnego pod względem zużycia materiałów, prostoty procesów technologicznych, skrócenia czasu produkcji i coraz doskonalszych właściwości.

Badając ciągi konstrukcyjne dochodzimy czasami do takich momentów, w których pozostające do rozporządzenia w danym czasie

tworzywa nie pozwalają na dalsze udoskonalenie właściwości mechanizmu. Następuje wówczas przerzucenie się do konstruowania tego samego mechanizmu w oparciu o inne zjawisko fizyczne, np. w mechanizmach elektrycznych oparcie budowy na zjawisku indukcyjnym zamiast na elektromagnetycznym. Powstaje nowa odmiana mechanizmu przeznaczona do tego samego działania, lecz w zupełnie odmiennym wykonaniu. I znów w przeciągu kilku lat trwa rozwój tego mechanizmu, lecz wprowadzenie nowych tworzyw, nie znanych poprzednim konstruktorom, może zmienić sytuację. W mechanizmie dawnego, chwilowo zaniechanego typu można teraz osiągnąć właściwości przewyższające właściwości mechanizmu nowszego typu; następuje wtedy usunięcie z obiegu niedawno wprowadzonego typu i powrót do poprzedniego.

Brak tworzywa o wymaganych właściwościach uniemożliwia czasami wykonanie pomysłu, tak że dopiero po wprowadzeniu nowych metali albo ich stopów pozornie niewykonalne pomysły mogą doczekać się realnego rozwiązania.

Badanie ciągu konstrukcyjnego obejmuje zwykle okres pracy dwu do trzech pokoleń konstruktorów. W budowie elektrycznych przyrządów pomiarowych wystarcza np. okres 50 lat, aby ustał wpływ pierwszego twórcy na dalsze kształtowanie się mechanizmu i na ciągle odbywające się zmiany jego układu, postaci i części składowych.

Czasami twórczy umysł konstruktora przewidywał linie rozwojowe i nadawał mechanizmowi takie rozwiązanie, które pozwalało przechodzić z jednej postaci w doskonalsze. W niektórych jednak przypadkach późniejsze zmiany, wprowadzane przez mniej zdolnych konstruktorów, wypaczały pierwotne zamierzenia twórcy i dopiero po kilkunastu latach nieudanych prób powracano do postaci przewidywanej początkowo.

Do poznania dynamicznego rozwoju mechanizmu rozważenie jednego ciągu konstrukcyjnego nie jest wystarczające. Dopiero zbadanie kilku ciągów tego samego mechanizmu, wykonywanego przez różne wytwórnie, umożliwia porównanie tych ciągów pod względem udziału twórczej myśli konstruktorów w dokonanych zmianach mechanizmu oraz pozwala na ocenę pracy wytwórni nad doskonaleniem mechanizmu.

Na podstawie badania ciągów konstrukcyjnych można też wyrobić sobie pogląd na rozwój wytwórni; utrzymanie przez dłuższy okres konstrukcji w tym samym wykonaniu, bez wprowadzenia

zmian, świadczy o jednorazowym wysiłku mającym na celu budowę pierwszego mechanizmu i o późniejszym zaniku myśli konstrukcyjnej. Zanik ten jest oznaką pojawiającego się zacoiania wytwórni, zaniechania przez nią współzawodnictwa z innymi wytwórniami i doprowadza do coraz pośledniejszej produkcji.

Obserwacja ciągów znacznie poszerza teren badania, pozwala śledzić myśl konstruktorów w ciągu kilku dziesiątków lat, skupia uwagę na kolejnych zmianach poszczególnych elementów, skłania do ich wytłumaczenia, co zaś najistotniejsze — umożliwia określenie dalszych przewidywanych rozwiązań konstrukcyjnych mechanizmu.

W dynamicznym etapie rozwoju może również występować zanik niektórych mechanizmów, przy czym uchwycić można dwie odmiany zaniku. Po pierwsze mechanizmy mogą wychodzić z obiegu w pełni swego rozwoju i przydatności na skutek konieczności zredukowania ciężaru i objętości mechanizmu lub dążenia do uzyskania większej dokładności działania. Można w tym przypadku niekiedy zaobserwować powrót po kilku latach do mechanizmu chwilowo zaniechanego i dalszego jego wykorzystywania w zmienionych warunkach.

Odrębnie należy traktować zanik mechanizmu z powodu jego starzenia się. Ma ono miejsce przy pozostawieniu mechanizmu bez zmian konstrukcyjnych przez dłuższy okres czasu, po czym nastąpić może jego usunięcie. Jest to oczywiście zjawisko niepożądane, świadczące o braku zainteresowania rozwojem mechanizmu, o małym lub znikomym wkładzie pracy twórczej. Co zaś zależy szczególnie podkreślić — następuje tu zmarnowanie dorobku twórczego poprzedników.

Etap normalizowany

W etapie trzecim, normalizowanym, dostrzegamy osiągnięcie wspólnej dla danego mechanizmu postaci i jednakowych wymiarów zewnętrznych.

Na ten etap przypada opracowywanie norm krajowych i normalizacyjnych zaleceń międzynarodowych. Normy określają podstawowe właściwości, którym mechanizm powinien odpowiadać, ustalają jego wymiary zewnętrzne, ostrożnie natomiast wnikają w wymiarowanie części składowych mechanizmu. Również zalecenia międzynarodowe unikają ustalania szczegółów konstrukcyjnych, gdyż ustalenia takie hamowałyby rozwój mechanizmu i krępowały twórczą myśl konstruktorów. Sposób wykonania wewnętrznego może być

bowiem słuszny dla danego okresu, lecz nie odpowiadać dalszemu rozwojowi, np. wprowadzeniu nowych tworzyw, mało lub zupełnie nie znanych w chwili opracowywania norm.

Wielkim udogodnieniem w etapie normalizowanym jest korzystanie z liczb normalnych tworzących ciągi R e n a r d a R_5 , R_{10} i R_{20} , najczęściej stosowane przy budowie mechanizmu, znacznie rzadziej używa się liczb normalnych ciągów R_{40} , R_{80} i R_{100} .

W budowie np. elektrycznych przyrządów pomiarowych liczby normalne są zastosowane do wymiarów zewnętrznych przyrządów tablicowych okrągłych, kwadratowych i prostokątnych, a następnie według ciągów R_c lub rzadziej R_{10} zostały ustalone zakresy pomiarowe tych przyrządów.

Zastrzeżenia co do wnikania przez normy w szczegóły konstrukcyjne nie dotyczą norm zakładowych, opracowywanych dla różnych mechanizmów przez wytwórnie. Normy te ulegają stopniowym zmianom stosownie do rozwoju mechanizmów.

W etapie normalizowanym występują nieliczne tylko egzemplarze mechanizmów produkowanych przez różne wytwórnie. Stanowią one niejako drogowskaz ukazujący kierunek rozwoju konstrukcyjnego.

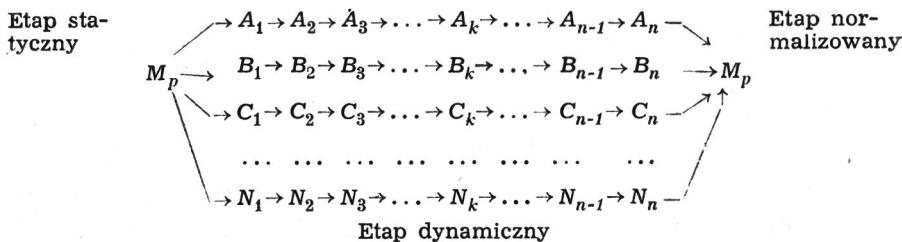
ZESTAWIENIE ETAPÓW ROZWOJU MECHANIZMÓW

Analiza trzech etapów rozwojowych zapewnia możliwość głębokiego wniknięcia w historię rozwoju mechanizmu i prawidłowej jego oceny.

Rozwój mechanizmu, obejmujący trzy etapy, jest przedstawiony w postaci schematu układu rozwojowego, tabela I. Spośród wielu mechanizmów tego samego rodzaju, występujących w etapie pierwszym, wybrany jest prototyp M_p , którego postać powtarza się w ciągach konstrukcyjnych kilku wytwórni. Prototyp ten stanowi więc podstawę kilku ciągów konstrukcyjnych etapu dynamicznego.

Tabela I

Schemat układu rozwojowego mechanizmu



W etapie tym, zawierającym ciągi konstrukcyjne N wytwórni, występuje bardzo wiele mechanizmów, gdyż każdy ciąg składa się z n konstrukcyj jednej wytwórni. W tabeli I wytwórnie są oznaczone symbolami $A, B, C, \dots N$, a mechanizmy tymi samymi symbolami ze znaczkami $1, 2, 3, \dots n$, u dołu. Prototyp M_p mechanizmu stanowi pierwszy człon ciągów wytwórni $A, B, C, \dots N$, można bowiem zauważyć, że pierwsze wykonania tego samego rodzaju mechanizmu, opracowane przez różne wytwórnie, są zwykle do siebie podobne. Zmiany konstrukcyjne wprowadzane w etapie dynamicznym, rozwinęty w postaci ciągów, początkowo wprowadzają różniczkują mechanizm, lecz po upływie kilku dziesiątków lat mechanizmy zaczynają znowu upodabniać się, tak że końcowe człony ciągów, przechodząc do etapu normalizowanego, osiągają mało różniącą się postać M_n , wspólną dla wielu ciągów.

Uporządkowanie ciągów konstrukcyjnych określonego mechanizmu, pozwalające na wnikliwe obserwowanie zmian konstrukcji w okresie dziesiątków lat, stanowi nowy wkład do metodologicznych podstaw badań nad rozwojem mechanizmów.

W proponowanej metodzie wprowadzenie etapu dynamicznego stawia przed badaczem nowe zadania. Analiza ciągów konstrukcyjnych zmusza bowiem nie tylko do studiowania foliałów czasopism naukowych i technicznych, lecz również — i to przede wszystkim — do badania mechanizmów wyszukiwanych w terenie.

BADANIA NAD ELEKTRYCZNYMI PRZYRZĄDAMI POMIAROWYMI

Odtworzone w Katedrze Elektrycznych Przyrządów Pomiarowych Politechniki Warszawskiej ciągi konstrukcyjne elektrycznych przyrządów pomiarowych pozwoliły prześledzić rozwój tych przyrządów w trzech etapach i wykryć w tym rozwoju niektóre prawidłowości.

Przed wszystkim podział rozwoju na trzy etapy pozwolił wydzielić etap dynamiczny i zawarte w nim ciągi, już na pierwszy rzut oka odrębne, bo zawierające mechanizmy różnych wytwórni.

Analiza ciągów konstrukcyjnych prowadzi do zaobserwowania następujących prawidłowości etapu dynamicznego:

a) ciągi konstrukcyjne pochodzące z jednakowych lub mało różniących się prototypów stanowią zbiory produkowanych przez różne wytwórnie mechanizmów o jednakowej lub mało różniącej się postaci,

b) elementy ciągów bardziej złożone są wypierane przez elementy prostsze w konstrukcji i łatwiejsze w produkcji, przy zachowaniu lub nawet przewyższeniu właściwości elementów zanikających.

Z kilkunastu ciągów konstrukcyjnych dynamicznego etapu elektrycznych przyrządów pomiarowych, znajdujących się w zbiorach Katedry Elektrycznych Przyrządów Pomiarowych Politechniki Warszawskiej, trzy ciągi rozwojowe liczników indukcyjnych energii elektrycznej posłużyły do opracowania wspomnianej już rozprawy o pracach W. Krukowskiego nad rozwojem liczników. Na tle dynamicznego rozwoju liczników indukcyjnych uwydatniony został wkład twórczy W. Krukowskiego w budowę nowoczesnego licznika i w wytyczenie trwałych podstaw dalszego rozwoju liczników. Ciągi konstrukcyjne trzech wytwórni licznikowych, a mianowicie Siemens-Schuckert-Werke, Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft i H. Aron, pozwoliły na ustalenie niektórych prawidłowości omówionych w rozprawie.

Słuszność podstawowych prawidłowości potwierdza się również, gdy rozważymy w trzech etapach rozwój elektromagnetycznych przyrządów pomiarowych³.

ROZWÓJ ELEKTROMAGNETYCZNYCH PRZYRZĄDÓW POMIAROWYCH

Etap statyczny

Elektryczny przyrząd pomiarowy składa się z mechanizmu i układu pomiarowego. Ten sam mechanizm włączony w odmienne układy pomiarowe służyć może do pomiaru różnych wielkości fizycznych na drodze elektrycznej.

Mechanizmy jakiegokolwiek przyrządu mogą być oparte na zjawiskach fizycznych znanych lub takich, które poznamy dopiero później. W budowie mechanizmów elektrycznych przyrządów pomiarowych najczęściej wykorzystane są zjawiska elektromagnetyczne.

Mechanizm zawiera układ ruchomy i układ nieruchomy. W przyrządach magnetoelektrycznych w układ pomiarowy włączone są uzwojenia układu ruchomego, a w przyrządach elektromagnetycznych — uzwojenia układu nieruchomego.

³ Ze względu na ograniczoną objętość artykułu poruszone tu będą jedynie zagadnienia podstawowe, z pominięciem szczegółów. Obszerniejsze omówienie problemów znajdzie się w przygotowywanej rozprawie. (Rozprawy tej autor nie zdążył niestety przed śmiercią napisać — przyp. red.).

W okresie tworzenia prototypów rozważanych przyrządów głównymi źródłami energii zasilającymi sieci elektryczne były szybko rozpowszechniające się prądnice prądu stałego. Nieliczne jedynie elektrownie miejskie wytwarzały prąd zmienny trójfazowy. Tak np. w Niemczech w 1895 r. na ogólną liczbę 148 nowych elektrowni miejskich tylko 8 dawało prąd trójfazowy. Na Międzynarodowej Wystawie Elektrotechnicznej w Monachium w 1882 r. generatory prądu zmiennego były uważane za przestarzałe. Należy w tym miejscu wyjaśnić, że najwcześniejsze prądnice dawały prąd zmienny; prawa rządzące tym prądem pozostawały jednak albo nieznanne, albo błądnie interpretowane. Powodowało to, że w końcu XIX wieku opinie o prądzie zmiennym nie były korzystne.

Elektryczne przyrządy pomiarowe elektromagnetyczne mierzyły prądy i napięcia zarówno w sieciach prądu stałego, jak i następnie w sieciach prądu zmiennego, i to stanowiło wielką ich zaletę. Przyrządy magnetoelektryczne natomiast, powszechnie stosowane do pomiaru prądu stałego, dopiero w 30 lat później mogły być użyte do pomiaru prądu zmiennego dzięki wprowadzeniu termoelementów i prostowników.

Zastosowanie elektromagnetycznych przyrządów pomiarowych na większą skalę związane było z przekazywaniem w 1891 r. energii elektrycznej siecią trójfazową o napięciu międzyprzewodowym 15,2 kV i częstotliwości 40 Hz z Lauffen do Frankfurtu nad Menem, do zasilania zainstalowanego na terenie odbywającej się tam Wystawy Międzynarodowej silnika asynchronicznego. Projekty sieci trójfazowej i silnika asynchronicznego były pomysłu M. O. D o l i w o d o b r o w o l s k i e g o. Temu genialnemu wynalazcy należy też przypisać pierwsze tablicowe przyrządy elektromagnetyczne wykonywane przez przemysł niemiecki.

Budowa przyrządów elektromagnetycznych w sieciach prądu stałego stanowiła u schyłku lat osiemdziesiątych XIX w. duże wydarzenie techniczne. Świadczy o tym prawie jednoczesne ukazanie się w ETZ⁴ kilku większych publikacji.

Pierwszy dłuższy artykuł o przyrządach elektromagnetycznych AEG⁵ ukazał się w ETZ w 1890 r.⁶ Są tu omówione zasady działania, właściwości i zalety tych przyrządów. W kilka miesięcy później w tym samym czasopiśmie⁷ opisuje Imhoff konstrukcję przyrządu

⁴ „Elektrotechnische Zeitschrift“.

⁵ Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft w Berlinie.

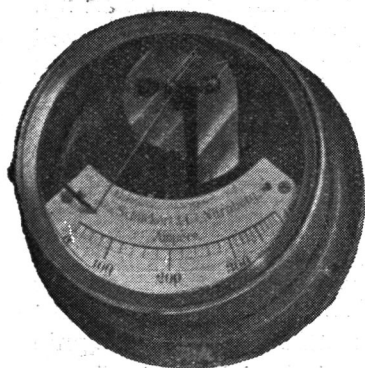
⁶ Zeszyt 22, s. 309.

⁷ Zeszyt 42, s. 505.

elektromagnetycznego w dwu wykonaniach: albo o blaszce żelaznej umieszczonej mimośrodowo w zwojnicy okrągłej, albo o dwu blaszkach żelaznych, z których jedna jest nieruchoma, umocowana do wewnętrznej ścianki zwojnicy, a druga

— ruchoma, związana sztywno z osią układu ruchomego. Wariant pierwszy był następnie znany pod mianem przyrządu Hummła (rys. 1), budowanego przez firmę S. Schuckert i S-ka w Norymberdze, a drugi — znalazł w kilka dziesiątków lat później powszechne zastosowanie i przetrwał do doby obecnej.

Następny artykuł o przyrządach elektromagnetycznych ukazał się w ETZ również w roku 1890⁸. Firma Siemens-Halske podaje tu, że budowę tego rodzaju przyrządów rozpoczęła już w 1887 r.

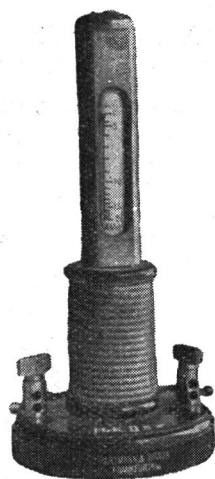


Rys. 1 — Amperomierz elektromagnetyczny o blaszce żelaznej.

Jednocześnie zaczęły się rozpowszechniać tablicowe przyrządy elektromagnetyczne budowane przez Zakłady Wytwórcze Hartman i Braun.

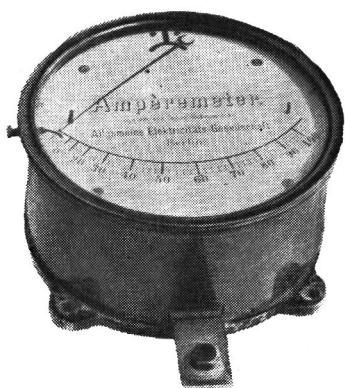
Na podstawie treści artykułów nie można — w braku orzeczeń patentowych — ustalić pierwszeństwa pomysłu. Dopiero sięgnięcie do ciągów konstrukcyjnych przyrządów elektromagnetycznych wymienionych wytwórni przesądza bezspornie, że konstruktorem pierwszych tablicowych przyrządów elektromagnetycznych był M. O. Doliwo-Dobrowolski.

Prototypem takich przyrządów, budowanych przez wskazane wytwórnie, był amperomierz pomysłu prof. Kohlrauscha (rys. 2) o żelazku wciągany wewnątrz zwojnicy, wykonany przez Zakłady Hartmanna i Brauna. Amperomierz Kohlrauscha znalazł duże rozpowszechnienie w elektrowniach na kontynencie europejskim, lecz ze względu na niezbyt dogodną postać został zastąpiony przez okrągłe przyrządy tablicowe, których produkcję rozpoczęło niemal jednocześnie kilka wytwórni.

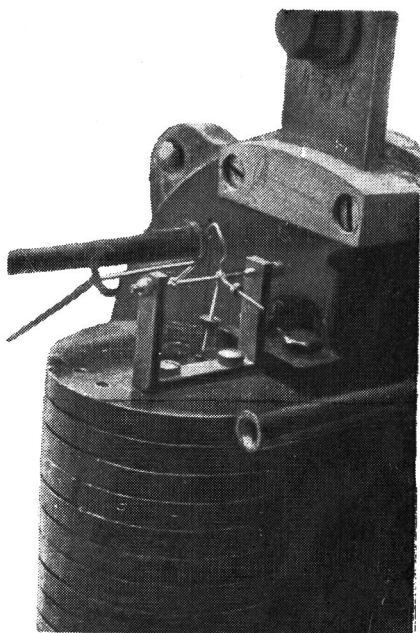


Rys. 2 — Amperomierz elektromagnetyczny pomysłu Kohlrauscha o rdzeniu wciągany

⁸ Zeszyt 43, s. 567.

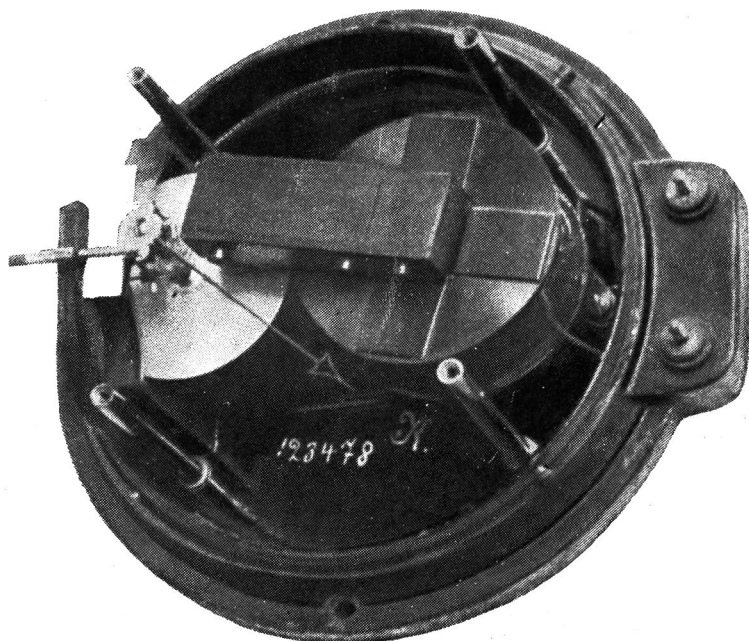


Widok

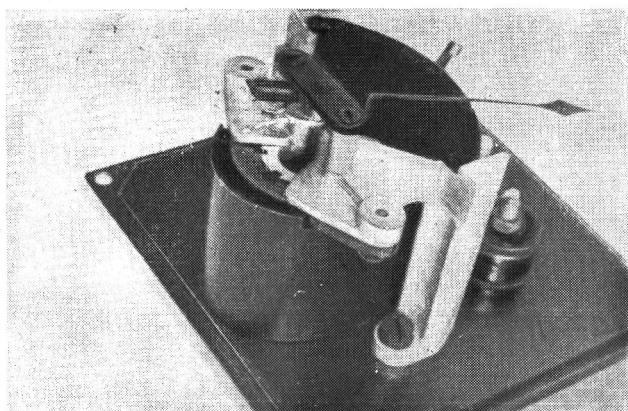


Wnętrze

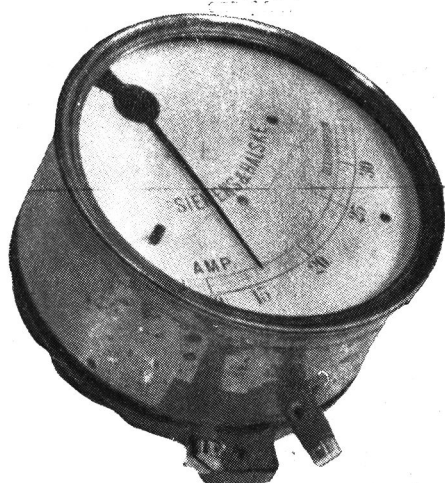
Ryc. 3 i 4 — Amperomierz elektromagnetyczny o rdzeniu wciągany
M. Doliwo-Dobrowolskiego (AEG)



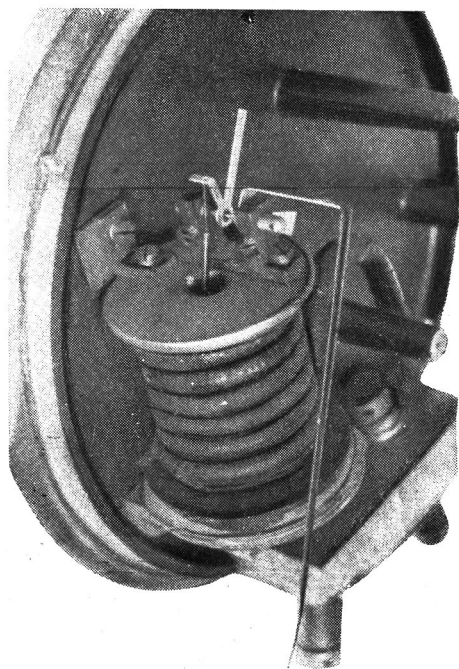
Ryc. 5 — Amperomierz indukcyjny (AEG).



Ryc. 6 — Amperomierz elektromagnetyczny o blaszkach odpychanych (AEG)

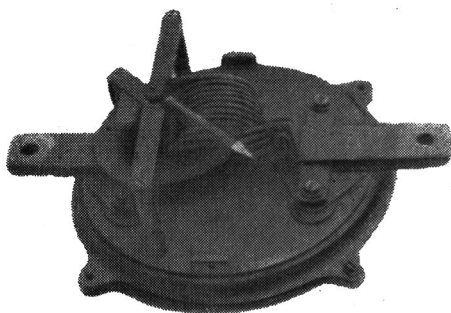


Widok

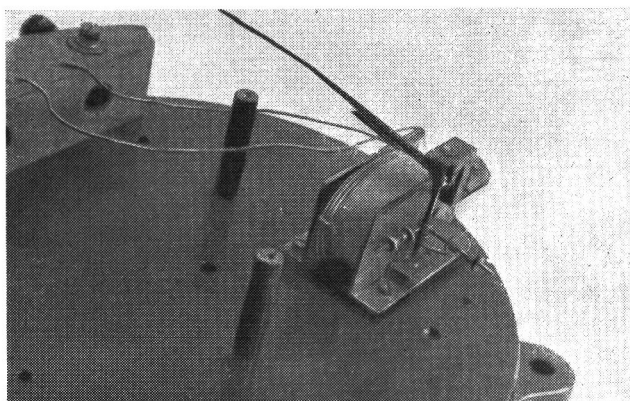


Wnętrze

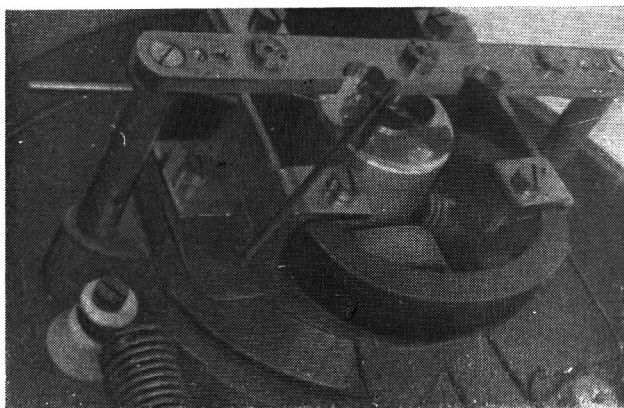
Ryc. 7 i 8 — Amperomierz elektromagnetyczny o rdzeniu wciągany firmy Siemens Halske.



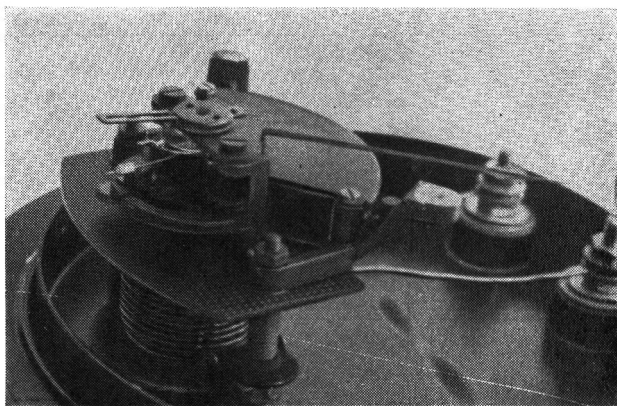
Ryc. 9 — Amperomierz elektromagnetyczny o sierpie wciągany (Siemens Halske, Wiedeń)



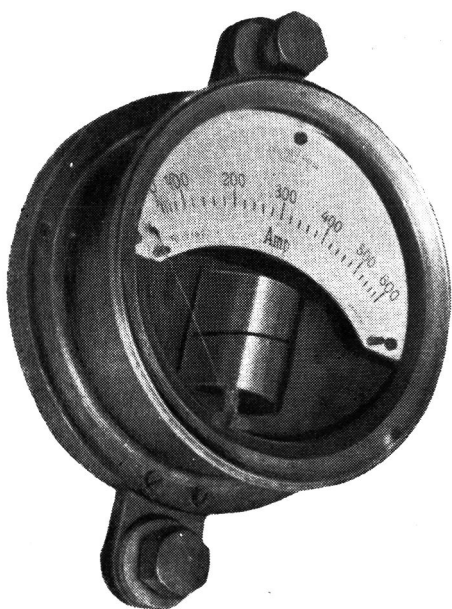
Ryc. 10 — Voltomierz elektromagnetyczny o listku wciągany (Siemens Halske, Berlin)



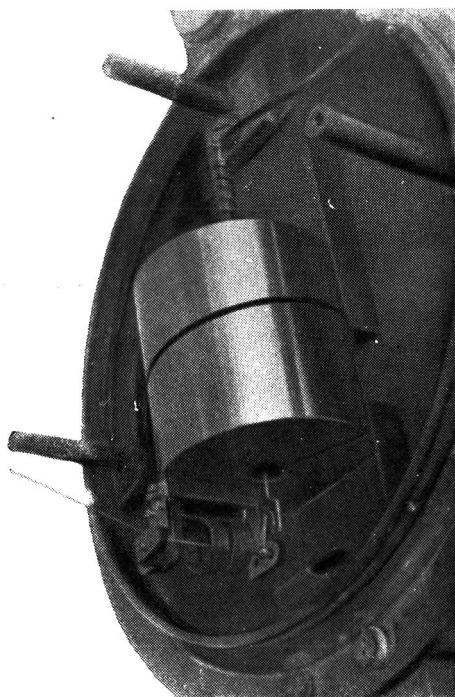
Ryc. 11 — Amperomierz Indukcyjny firmy Siemens Halske



Ryc. 12 — Amperomierz elektromagnetyczny o blaszkach odpychanych (Siemens Halske).



Widok



Wnętrze

Ryc. 13 i 14 — Amperomierz elektromagnetyczny o rdzeniu wciągającym firmy Hartmann i Braun

Etap dynamiczny

Ciągi konstrukcyjne etapu dynamicznego porównywać można albo na podstawie założeń konstrukcyjnych, a więc ciężaru układu ruchomego, stałej konstrukcyjnej, współczynnika użyteczności mechanicznej, wskaźnika amperozwojów i poboru mocy, albo na podstawie właściwości, a więc charakteru skali, dokładności wskazań, czasu uspokojenia wskazówki, wytrzymałości mechanicznej, cieplnej i elektrycznej, albo wreszcie na podstawie wniknięcia w szczegóły konstrukcyjne części składowych: układu ruchomego i nieruchomego, łożysk, tłumika, skrzyni zaciskowej, podstawy, osłon itp. Studium obejmujące wszystkie wymienione punkty przekroczyłoby ramy tej pracy, toteż ograniczę się tu jedynie do omówienia szczegółów konstrukcji układu ruchomego oraz uchybów.

Ciągniki konstrukcyjne zestawione ze zbiorów Katedry Elektrycznych Przyrządów Pomiarowych Politechniki Warszawskiej zawierają:

1) ciąg konstrukcyjny wytwórni AEG (Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft), zawierający 27 członów; człon rozpoczyna się przyrządem nr 457 z 1890 r. i kończy przyrządem z 1938 r.,

2) ciąg konstrukcyjny wytwórni SH (Siemens i Halske), zawierający 32 człony; ciąg rozpoczyna się przyrządem z 1891 r. i kończy przyrządem z 1938 r.,

3) ciąg konstrukcyjny wytwórni H i B (Hartmann i Braun) zawiera 18 członów, z których pierwszy pochodzi z 1891 r., a ostatni z 1931 r.⁹

Rozpatrując pierwsze człony ciągów zestawionych w tabeli II oraz fotografii przyrządów zauważyć można, że amperomierz M. O. Doliwo-Dobrowolskiego nr 457 (rys. 3 i 4) jest pierwszą konstrukcją elektromagnetycznego przyrządu tablicowego.

Konstrukcje amperomierza elektromagnetycznego firmy SH nr 9054 i 43072 (rys. 7 i 8) wskazują, że wykorzystane w nich zostały szczegóły konstrukcyjne z przyrządu AEG. Tę samą zasadę żelazka wciągane wewnątrz zwojniczy stosują, lecz w odmiennym wykonaniu układu ruchomego, przyrządy H i B (rys. 13 i 14).

We wszystkich tych przyrządach układ ruchomy składa się z jednego lub kilku pręcików żelaznych, wciąganych wewnątrz zwojniczy układu nieruchomego. W następnych wykonaniach zamiast kilku pręcików mamy tylko jeden.

⁹ Przedłużenie tych ciągów do 1956 r. będzie możliwe po uzyskaniu dewiz na sprowadzenie przyrządów dla skompletowania zbiorów.

W ciągu konstrukcyjnym wiedeńskiej filii wytwórni SH pomysły konstruktor, który niestety pozostał nieznanym, drogą logicznego rozumowania zastąpił pręciaki żelazne przez sierp żelazny (przyrząd nr 4525, rys. 9). Ten o doniosłym znaczeniu wynalazek został w zmienionej postaci wykorzystany przez wytwórnię SH w Berlinie, początkowo do budowy woltomierza (przyrząd nr 50599, rys. 10), a następnie — po dłuższym okresie prób — do wykonania amperomierzy, np. przyrząd nr 98220 na 50 A.

W wykonaniu innych wytwórni konstrukcja o listku wciągającym posłużyła później do budowy przyrządów elektromagnetycznych o dużej dokładności. Konstrukcję o sierpie wciągającym spotyka się również w obecnych wykonaniach przyrządów elektromagnetycznych ilorazowych do pomiaru wielkości fizycznych na drodze elektrycznej.

W wykonaniach spotykanych do 1905 r., przy rozporządzalnym wówczas tworzywie ferromagnetycznym, trudne było osiągnięcie mniejszych uchybów wskazań przyrządów. Zmusiło to konstruktorów do budowy przyrządów indukcyjnych (rys. 5 i rys. 11). Przyrządy te posiadały uchyb rzędu 1,5%, wadą ich była jednak złożona budowa oraz ciężar znacznie większy niż w przyrządach elektromagnetycznych. Jednym z najtrudniejszych zabiegów technologicznych było przy tym wykonanie bębna obrotowego (rys. 11).

Wystarczył okres lat 10, aby — przez użycie doskonalszych tworzyw ferromagnetycznych oraz wprowadzenie układu dwóch blaszek odpychających — uchyb przyrządów elektromagnetycznych w nowym wykonaniu osiągnął wartość poniżej 1,5%. Przyrządy wskazówkowe indukcyjne do pomiaru prądu i napięcia straciły wówczas rację bytu, produkcji ich zaniechano. W wytwórni H i B wykroje układu magnetycznego przyrządów indukcyjnych zostały przy tym wykorzystane do budowy przyrządów ferrodynamicznych.

Z tabeli II łatwo zauważyć, że w ciągach wszystkich trzech wytwórni końcowymi elementami są przyrządy o dwu blaszkach odpychanych (rys. 6 i 12). Typ ten stanowi wspólną postać przyrządów elektromagnetycznych prowadzącą do etapu normalizowanego.

Udoskonalane przyrządy elektromagnetyczne przechodziły zmiany konstrukcyjne wszystkich swych części składowych, a więc oprócz obwodu magnetycznego również — układu ruchomego, łożysk, tłumików, skrzynek zaciskowych itp. Zestawione ciągi konstrukcyjne mogą być rozłożone na ciągi cząstkowe, obejmujące jedną tylko część składową, np. łożyska, skrzynki zaciskowe itd.

Tabela II
Ciagi konstrukcyjne przyrządów elektromagnetycznych

Etap statyczny	Etap dynamiczny				Etap normalizowany
	Allgemeine Elektrizitäts-Gesellschaft				
Nr fabr. 457 rys. 3 i 4 wiązka o dług. 65 mm z 3 druc. że- laznych 0,3 mm. Uchyb 4,7%	Nr fabr. 12758 — pręcik po- jedynczy dług. 22 mm. i średn. 1 mm	Nr fabr. 123478 rys. 5, ampero- mierz in- dukcyjny	Nr fabr. 356205 — ampero- mierz elek- tromag. o blaszkach odpychanych	Nr fabr. 2837188 rys. 6, amperomierz elektromag. o blaszkach odpychanych o innym kształcie	
Nr fabr. 9054, — dwa pręciki żelazne o dług. 15 mm i średn. 2 mm. Uchyb 5,5%	Nr fabr. 43072, — pręcik poje- dynczy, dług. 22 mm i średn. 1 mm	Nr fabr. 4525, — sierz żelaz- ny. Wytwór- nia Wiedeń	Nr fabr. 50599, — woltomierz elektromag. o listku żelaznym	Nr fabr. 110318, rys. 11, ampero- mierz in- dukcyjny	Nr fabr. 3358803, rys. 12, amperomierz elektromag. o blaszkach odpychanych
Nr fabr. 23414, rys. 13 i 14, rdzeń zwi- nięty z blaszki żelaznej Uchyb 6,9%	Nr fabr. 252527, — blaszki odpychane	Nr fabr. 405239, — blaszki odpychane, zmiana kształtu	ampero- mierz indukcyjny	Nr fabr. 1008206, — amperomierz elektromag. blaszki odpy- chane, zmia- na kształtu	Uchyb 1,6%

Etap normalizowany

Badając elementy mechanizmów w etapie normalizowanym zauważyć można dążenie do ustalenia wymiarów niektórych elementów przez wprowadzenie do wymiarowania ciągów liczb normalnych, z których najczęściej spotykają się ciągi R_5 i R_{10} , znacznie rzadziej R_{20} . Przestrzega się przy tym zasady, aby ustalenie wymiarów niektórych elementów nie krępowało w żadnym przypadku twórczej myśli konstruktora, a jednocześnie ułatwiało konstrukcję.

Można wymienić przykładowo następujące elementy przyrządów elektromagnetycznych, których wymiary nadawałyby się do ustalenia w liczbach normalnych:

a) w łożyskach promienie powierzchni kulistych czopka i wewnętrzznego stożka, według ciągu R_5 ,

b) na skalach wysokości cyfr i kresek działek, według ciągu R_{10} ; stosunek szerokości cyfr do wysokości może być zachowany ze względów estetycznych w granicach od 1 : 1 do 1 : 1,6,

c) stopniowanie momentów zwracających, wytwarzanych przez sprężynki spiralne, według ciągu R_{20} ,

d) wymiary zewnętrzne przyrządów, według ciągu R_{10} ,

e) stopniowanie pomiarowych zakresów znamionowych, według ciągu R_{10} .

Ustalenie wymiarów lub wartości podanych w liczbach normalnych jest pomocne w pracy konstrukcyjnej, umożliwiając wykorzystanie elementów opracowanych na podstawie teorii i doświadczenia.

Podanie przy tym wymiarów, np. zakończenia czopków, nie będzie krępowało konstruktora, który umocuje układ ruchomy na naciągach zamiast osadzać go w łożyskach. W jednej z norm nieco krępujące zalecenie, dotyczące odległości wskazówki od płaszczyzny skali w zależności od długości wskazówki, stało się bezprzedmiotowe w konstrukcjach obecnych, w których wskazówka porusza się w płaszczyźnie skali.

*

Omówiona tu w zarysie, na przykładzie elektrycznych przyrządów pomiarowych, metoda badania rozwoju mechanizmów związana jest z poważnymi trudnościami.

Słuszność wniosków, spotykanych w czasopiśmiennictwie technicznym na temat rozwoju mechanizmów, a wysnutych na podstawie kilku tylko pojedynczych konstrukcji, najczęściej pochodzących

z różnych wytwórni, nie może być dostatecznie uzasadniona. Jedynie oparcie się w badaniach na kilku prototypach oraz na odtworzeniu ciągów konstrukcyjnych tych prototypów, i to ciągów rozciągających się na długi, bo obejmujący co najmniej 40—60 lat okres czasu, pozwala głębiej wniknąć w zmiany dokonywane w elementach mechanizmu i w układach pomiarowych przyrządu.

Przedstawiony tu przykład badania ciągów konstrukcyjnych elektrycznych przyrządów pomiarowych jest z konieczności skróto- wy i fragmentaryczny. Fragmentaryczny jest również wybór fotografii umieszczonych w tej pracy.

Wykazana w pracy ciągłość rozwoju form konstrukcyjnych oparta została na dość zasobnych zbiorach przyrządów Katedry Elektrycznych Przyrządów Pomiarowych Politechniki Warszawskiej.

Rozważanie elementów ciągów konstrukcyjnych mechanizmu — niemal od chwili jego powstania aż do zastosowania do wymiarów liczb normalnych — potwierdza słuszność dostrzeżonych prawidłowości w rozwoju mechanizmu.

Szczegółowe badania ciągów konstrukcyjnych, analiza związanych z nimi publikacji zawierających teoretyczne uzasadnienie wprowadzanych zmian, a nade wszystko dokładna analiza części składowych mechanizmów i układów pomiarowych wielokrotnie przekracza ramy tej pracy. Ma ona stanowić jedynie przykład studiów nad historią mechanizmów, przykład wskazujący na rozciągłość badań i trudności związane z ich realizacją.

О НЕКОТОРЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ В ДИНАМИЧЕСКОМ РАЗВИТИИ МЕХАНИЗМОВ, В ЧАСТНОСТИ, МЕХАНИЗМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Общим названием „механизм” можно охватить всякого рода механизмы независимо от их формы, пределов действия и назначения, а также конструкции и наружных размеров.

В развитии механизма выделяется три этапа:

- а) статический, возникновение механизма,
- б) динамический, охваченный конструктивными рядами,
- в) этап нормализации, то есть стабилизации свойств механизма.

В первом этапе, статическом, рассматриваются механизмы аналогичного рода, соорудившиеся впервые многими людьми в разных странах.

Динамический этап характеризуется развитием однородных механизмов в течение длительного времени, например, на протяжении 50—100 лет. Механизмы, приведенные в хронологическом порядке их рождения, образуют конструктивный ряд, первое звено которого составит принятая в качестве первообраза конструкция механизма, созданная в первом этапе, а его последнее звено, относящееся к последним годам производства данного механизма, войдет в этап нормализации.

В этапе нормализации сходство между последними звеньями многих конструктивных рядов аналогичного механизма, разработанных на предприятиях одной или многих стран, позволяет определить некоторые закономерности. Эти закономерности можно изложить в следующих двух пунктах:

а) конструктивные ряды, возникшие на основе одного общего прототипа или прототипов отличающихся небольшими различиями, образуют в ходе постепенного прогресса совокупность, производимых разными предприятиями механизмов, имеющих один определенный вид или обладающих лишь незначительными отклонениями;

б) детали менее сложной конструкции и более легкие для изготовления вытесняют детали более сложной конструкции, причем свойства выходящих из употребления деталей сохраняются а даже повышаются.

Во второй части своей работы автор рассматривает, в качестве примера предлагаемого метода, проведенные исследования электромагнитических измерительных приборов, которые в динамическом этапе во фрагментарном изложении включают конструктивные ряды приборов, изготовлявшихся на протяжении 1890—1938 годов тремя немецкими заводами.

Более подробный анализ образования звеньев конструктивного ряда измерительных электроприборов с начала их возникновения до применения их при некоторых измерениях нормальных цифр подтвердит правильность вскрытых закономерностей в развитии механизмов.

CONCERNING SOME OF THE RULES OF THE DYNAMIC DEVELOPMENT OF MECHANISMS, PARTICULARLY OF THOSE OF ELECTRICAL MEASUREMENT INSTRUMENTS

The general name, "mechanism" may be applied to all kinds of mechanisms whatever be their type, sphere of activity, use, system, or outside measurements.

There are three distinct stages in which the development of a mechanism takes place:

- (a) the static stage, during which the mechanism is first created;
- (b) the dynamic stage, expressed in a number of construction-series;
- (c) the standardised stage, during which the mechanism's peculiar qualities undergo the process of fixing.

The first or static stage deals with mechanisms of a similar kind constructed for the first time by a number of persons in different countries.

The dynamic stage embraces the development of a mechanism of the same kind but produced by a single firm over a longer period of time (eg. 50 — 100 years). Arranged according to the dates of their invention, the successive mechanisms make up a construction-series, the first element of which consists of the first-stage construction of the mechanism, regarded as the prototype, while the final element, provided by the last years of production, belongs already to the final, standardised stage.

In the standardised stage, the similarity of the final elements of numerous construction series of one and the same mechanism makes it possible to fix some rules, which can be summarised in the following two points:

(a) that construction-series originating from one common, or several very similar, prototypes, constitute, in the gradual process of development, collections of mechanisms of one fixed, or of several very slightly differing, forms, produced by different manufacturing firms;

(b) that those elements of a given series which are simpler to construct and easier to produce oust those that are more complicated, at the same time preserving, or even excelling, the qualities represented by the elements thus discarded.

Part two of the present article presents as an example of the application of the method herewith proposed, an investigation into electromagnetic *mensuration instruments*; in a fragmentary and summarical way, it embraces in the dynamic stage, construction series of instruments produced by three German firms over the period of time from 1890 to 1938.