



Dawkomierze radioterapeutyczne stosowane w Centrum Onkologii w Warszawie w latach 1932-2000

Część III - dawkomierze: "Roentgen-Dosismesser", "Gamma-Meter", "Universal-Dosismesser", "Siemens-Dosimeter"

Jerzy Tołwiński, Barbara Gwiazdowska, Wojciech Bulski

Zakład Fizyki Medycznej Centrum Onkologii w Warszawie, ul. Roentgena 5, 02-781 Warszawa, Polska

Rep Pract Oncol Radiother 2004;9:317-30, historical review

Streszczenie

Cel: Opracowanie miało na celu przedstawienie charakterystyki urządzenia, opisów budowy, działania i obsługi oraz zastosowań klinicznych dawkomierzy radioterapeutycznych stosowanych w Centrum Onkologii w Warszawie w latach od 1932 do 2000, to jest od początku istnienia Instytutu Radowego w Warszawie przy ul. Wawelskiej.

Materiał i metody: Materiał stanowiły gromadzone latami dawkomierze używane w Zakładzie Radioterapii i Zakładzie Fizyki Medycznej, dodatkowe wyposażenie dozymetryczne, dokumentacja techniczna i protokoły z pomiarów dawek. Przyjęto selektywny opis wybranych parametrów fizycznych aparatury w celu wyeksponowania podobieństw i różnic między przedstawianymi dawkomierzami.

Wyniki: Przygotowano opisy dla wszystkich prezentowanych dawkomierzy zawierające możliwie pełną użytkową charakterystykę urządzenia dla zaznajomienia czytelnika z różnorodnością występujących rozwiązań konstrukcyjnych i kierunkami rozwoju dozymetrii. Całość zilustrowano fotografiami aparatury i jej przekrojami technicznymi oraz schematami połączeń.

Podsumowanie: Przygotowane opracowanie będzie stanowiło unikalny materiał dotyczący praktycznie całej aparatury dozymetrycznej używanej w polskiej onkologii w okresie ostatnich 70 lat. Opracowanie to będzie również jednym z nielicznych w Europie.

Słowa kluczowe: radioterapia, dozymetria, dawkomierze, pomiary dawek promieniowania jonizującego.

Wstęp

Przedstawione opracowanie ma na celu przybliżenie zainteresowanym czytelnikom historię rozwoju aparatury dozymetrycznej uwzględniając zmiany jakie dokonały się w wyniku stałego uściślenia metod pomiaru dawek, wzrastających wymagań w zastosowaniach klinicznych oraz rosnącego postępu technicznego. Podstawę opracowania stanowią dawkomierze gromadzone w Zakładzie Fizyki Medycznej Centrum Onkologii w Warszawie w okresie od roku 1932 to jest od roku otwarcia Instytutu Radowego w Warszawie do chwili obecnej. Zbiór ten jest znacznie większy, zarówno ilościowo jak i jakościowo od dawkomierzy używanych w krajowych Ośrodkach Onkologicznych i jest porównywalny z odpowiednim wyposażeniem używanym w produkujących europejskich zakładach radioterapii, wprowadzano stopniowo w polskiej onkologii.

Prezentowany materiał jest rezultatem przeprowadzonego wyboru wynikającego z konieczności wprowadzenia znaczących skrótów do zbyt szczegółowych opisów dawkomierzy, celem ograniczenia posiadanego materiału tylko do istotnych zagadnień i problemów oraz dostosowania się do wymagań edytorskich. W opracowaniu wzięto pod uwagę wyłącznie dawkomierze znajdujących się w zbiorach Zakładu Fizyki Medycznej Centrum Onkologii w Warszawie. Pozwoliło to na przygotowanie opisów na podstawie własnych wieloletnich doświadczeń użytkowania dawkomierzy i oceny ich parametrów a nie tylko na informacji zawartej w dokumentacji producenta.

W prezentowanym materiale uwzględniono tylko te dawkomierze, w których dawka określana jest na podstawie pomiaru jonizacji w powietrzu (komory jonizacyjne) lub ciele stałym (detektory półprzewodnikowe). Pominęto dawkomierze w których pomiar dawki odbywa się metodami chemicznymi, filmowymi, kalorymetrycznymi lub termoluminescencyjnymi.

Nie brano również pod uwagę laboratoryjnych zestawów z przypadkowo dobranymi komorami jonizacyjnymi i elektrometrami używanymi często do względnych pomiarów aktywności preparatów radowych i innych ciał promieniotwórczych.

Jako pierwszy dawkomierz spełniający warunki pomiaru dawki wiązek promieniowania X - przyjęto dawkomierz „Kuestnera” składający się z dużej komory jonizacyjnej połączonej z elektrometrem strunowym, pozwalający wyznaczać dawkę w danej objętości.

Całość materiału podzielono na części przeznaczone do publikacji w jednym numerze czasopisma. Każda z części będzie zawierała opis nie więcej niż dwóch dawkomierzy, w sposób uporządkowany, zapewniający możliwość porównywania parametrów dawkomierzy zamieszczanych w kolejnych numerach czasopisma. Przyjęto dla wszystkich opisów standardowy układ składający się z: Wprowadzenia; Budowy; Działania i Użytkowania. Tekst uzupełniono rycinami dotyczącymi wyglądu zewnętrznego dawkomierza, jego przekroju i schematu działania.

Przedstawione opracowanie będzie istotnym uzupełnieniem zbioru dawkomierzy eksponowanych w Zakładzie Fizyki Centrum Onkologii w Warszawie. Zbiór ten jest unikalny w skali kraju i jeden z nielicznych w Europie, biorąc pod uwagę jego liczebność, różnorodność i skalę czasową gromadzenia. Mamy nadzieję, że zainteresowani czytelnicy będą mogli uzupełniać prezentowane dane informacją o dawkomierzach które istnieją jeszcze w różnych zakładach fizyki lub radioterapii jako nieużywana aparatura dozymetryczna. Autorzy będą wdzięczni za przekazanie tej informacji.

Dotychczas ukazały się: Reports of Practical Oncology and Radiotherapy, Vol. 9, No 5, 2004; dawkomierz „Kuestner” produkcji Spindler & Hoyer, Goetingen, Niemcy; dawkomierz „Hammer” produkcji PTW, Freiburg, Niemcy. Reports of Practical Oncology and Radiotherapy, Vol. 9, No 6, 2004; dawkomierz „Victoreen” produkcji The Victoreen Instrument CO, Cleveland, USA; dawkomierz „Mekapion” produkcji Laboratorium Strauss, Wiedeń, Austria.

Radiotherapy dosimeters used at the Centre of Oncology in Warsaw during the period 1932-2000

Part III - "Roentgen-Dosismesser", "Gamma-Meter", "Universal-Dosimeter", "Siemens-Dosimeter" dosimeters

Summary

Purpose: Presentation of characteristics, construction, functioning and clinical applications of radiotherapy dosimeters which were in use at the Centre of Oncology during the period 1932-2000, since the opening of the Radium Institute at the Wawelska Street in Warsaw.

Material and methods: Various dosimeters used at the Centre of Oncology, still in the possession of the Medical Physics Department, together with additional accessories and old measurement protocols are presented. A method of selective description of various physical parameters, elements of construction and principles of functioning was applied, in order to be able to compare various dosimeters and highlight the similarities and differences.

Results: Detailed descriptions were prepared for all dosimeters, together with photographs, and schematic illustrations of their construction and circuitry.

Summary: The present study consisting of a series of dosimeter descriptions is a unique material concerning the dosimetry equipment in use in Poland over the last 70 years. It is one of very few such studies in Europe.

Key words: radiotherapy, dosimetry, dose measurements.

Introduction

The aim of this study is to enable the interested readers to get familiar with the history of development of dosimetry equipment which followed increasing requirements concerning the measurement accuracy. The study is based on the collection of dosimeters gathered at the Medical Physics Department since the opening of the Radium Institute in Warsaw in 1932. This collection is representative of the variety of dosimeters which were used at regional radiotherapy centers countrywide, and which were acquired upon recommendation of the Centre of Oncology. It is also representative for equipment used at leading European centers whose treatment methods and dosimetry procedures were gradually introduced in Warsaw and in other Polish centres.

The material presented here is a result of a selection which had to be done in order to limit the size of the presentation and adapt it to the editorial requirements. The subjects of the study are only the dosimeters which make part of the collection of the Medical Physics Department. Therefore the descriptions of the dosimeters are mostly based on the long term experience in the use of them, and not only on the documentation provided by the manufacturers.

Only the dosimeters based on the measurement of ionization in air or solid state are presented. Other dosimeters, chemical, densitometric, calorimetric or thermoluminescent, are excluded.

We also do not discuss the measurement devices put together for the laboratory measurements, especially for the measurements of the activity of radium and other radioactive sources. The first dosimeter fulfilling the conditions necessary for the measurements of dose in X-ray beams was the Kuestner dosimeter, composed of a large ionization chamber coupled with a string electrometer.

This series of presentations has been divided into a number of parts which are to be published in subsequent editions of the journal. Each part contains descriptions of two dosimeters, structured so as to enable comparisons of their technical and physical parameters - introduction, construction and functioning. The text is illustrated with photographs of the external and internal view of the dosimeters, and with schematic illustrations of their construction and circuitry.

This series of articles will supplement the collection of dosimeters exhibited at the Medical Physics Department of the Centre of Oncology in Warsaw. From the point of view of the number of exhibits, their variety and the time scale of their gathering, the collection is unique in Poland and may only be rivaled by very few similar collections in Europe. We hope that the readers interested in the subject will provide additional information concerning old dosimetry equipment which may still exist in medical physics or radiotherapy departments. The authors would be very grateful for such information.

Until now the following dosimeters were presented: Kuestner dosimeter, Spindler & Hoyer, Goetingen, Germany; Hammer dosimeter, PTW, Freiburg, Germany; Reports of Practical Oncology and Radiotherapy, Vol. 9, No 5, 2004.

Victoreen dosimeter, The Victoreen Instrument CO, Cleveland USA; Mekapion dosimeter, Laboratorium Strauss, Vienna, Austria; Reports of Practical Oncology and Radiotherapy, Vol. 9, No 5, 2004.

5. DAWKOMIERZ "ROENTGEN-DOSISMESSER" THE "ROENTGEN-DOSISMESSER" DOSIMETER

produkcja: Siemens, Erlangen, Niemcy

Wstęp

Działalność firmy Siemens w projektowaniu i konstruowaniu aparatury dozymetrycznej w latach międzywojennych i okresie powojennym, doprowadziła do powstania całej serii dawkomierzy stosujących elektrometry kwadrantowe do bezpośredniego pomiaru prądu jonizacji powstającego w komorze jonizacyjnej w czasie jej ekspozycji na promieniowanie X. Do odczytu dawki zastosowano wskaźnik optyczny wyświetlający na skali wynik pomiaru. W miarę upływu czasu kolejno produkowane modele ulegały stałej modernizacji i rozbudowie zwiększając swoje możliwości pomiarowe zgodnie z rosnącymi wymaganiami dozymetrii klinicznej. Zachowano jednakże przez okres wielu lat ten sam sposób obsługi przy niezmienionym wyglądzie zewnętrznym dawkomierza. Jednym z wczesnych modeli był dawkomierz "Roentgen-Dosismesser" charakteryzujący się prostą konstrukcją i ograniczonymi możliwościami pomiarowymi. Zastąpił on z powodzeniem dawkomierze stosujące elektrometry strunowe i elektrostatyczne wytwarzanie ładunków elektrycznych wprowadzając nową jakość w metodach pomiaru dawki.

Zakład Fizyki Medycznej Centrum Onkologii w Warszawie posiada jeden egzemplarz tego dawkomierza, prawdopodobnie zakupiony po 1934 r. dla ówczesnej Pracowni Fizycznej Instytutu Radowego w Warszawie. Dawkomierz jest częściowo zdekompletowany. Brakuje oryginalnej komory jonizacyjnej, kabla i standardu promieniotwórczego. Dawkomierz ma zerwaną tasiemkę do zawieszania igły elektrometru oraz pozbawiony jest niektórych elementów obwodów elektrycznych. Posiada natomiast zapasową tasiemkę. Na obudowie dawkomierza podany jest numer protokołu z przeprowadzonej kalibracji oraz data jej wykonania (4 czerwiec 1943).

Introduction

The activity of the Siemens company in designing and construction of dosimetry equipment during the pre-war period and after the war resulted in large series of dosimeters with quadrant electrometers for direct measurement of ionization current created in ionisation chambers exposed to X rays. The result of the measurement was displayed on the scale by an optical indicator. Subsequent dosimeter models were modernized and redesigned, offering better dosimetry capacity necessary to meet increasing demands of clinical dosimetry. However, subsequent models retained the same external design and the principle of functioning over a period of many years. One of the early models was "Roentgen-Dosismesser" dosimeter, a unit of simple construction and limited dosimetry capabilities. This model

replaced the string electrometers and methods of electrostatic charge generation in dosimetry.

In the Medical Physics Department of the Centre of Oncology in Warsaw, there is one dosimeter of this type, most probably acquired just after 1934, for the newly established Physics Laboratory of the Radium Institute in Warsaw. The dosimeter is not complete; it lacks the original ionisation chamber, the cable, and the radiation standard. Some parts of electric circuits are missing, and the tape supporting the electrometer needle is torn. The spare tape is available. On the outside housing the number of protocol of the calibration procedure and the date are marked (4 June 1943).

Budowa

Dawkomierz mieści się w czarnej tłoczonej obudowie bakelitowej (*Rycina 1*). Widok dawkomierza po zdjęciu górnej przykrywy przedstawia *Rycina 2*. Wnętrze podzielono pionową przegrodą na dwie komory mieszczące elektrometr i zasilacz sieciowy. Obie komory uszczelnnione są przed pyłem i wilgocią. Wewnętrzną część komory z elektrometrem pomalowano metalizowaną farbą będącą osłoną przed zakłóceniami pochodzącymi od zewnętrznych pól elektrycznych i elektrostatycznych. Zastosowano elektrometr kwadrantowy składający się z czterech nieruchomych kwadrantów i obracającej się wewnątrz nich elektrody wewnętrznej zwanej "igłą", wyprofilowanej z folii aluminiowej w kształcie zbliżonym do ósemki. Folia zawieszona jest na tasiemce pozwalającej na obrót igły w płaszczyźnie równoległej do powierzchni kwadrantów. Lusterko przymocowane do tasiemki odbija promień padającego światła



Rycina 1. Wygląd zewnętrzny dawkomierza "Roentgen-Dosismesser". Z lewej strony przyrządu widoczne gniazdo do podłączenia kabla z komorą jonizacyjną.

Figure 1. General view of the "Roentgen-Dosismesser" dosimeter. A socket for attaching the ionisation chamber cable is seen at the left hand side.



Rycina 2. Dawkomierz "Roentgen-Dosismesser" po zdjęciu górnej pokrywy. Widoczny jest elektrometr kwadrantowy z konstrukcją do zawieszania igły oraz skala z podziałkami oświetlanymi układem optycznym. W głębi za przegrodą zasilacz z prostownikiem.

Figure 2. The view of the "Roentgen-Dosismesser" dosimeter with the top casing taken off. One may see the quadrant electrometer together with the needle suspension system, the scale and the optical system for display. In the back of the casing the electric supply module is located.

z układu optycznego na skalę elektrometru, mierząc precyzyjnie odchylenie kątowe igły.

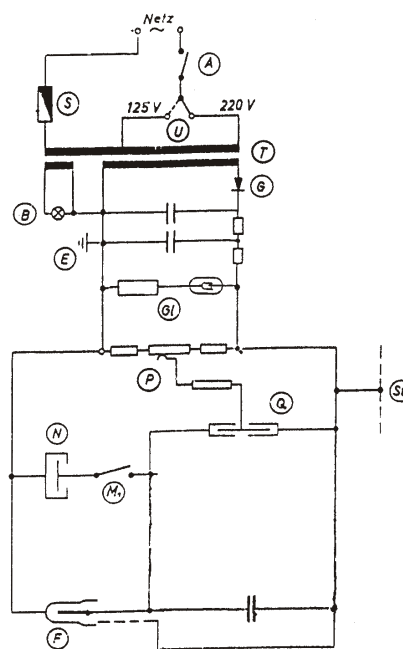
Na bocznych ściankach obudowy dawkomierza znajdują się: pokrętko do regulacji czułości przyrządu, śruba ustawiająca zero na skali elektrometru, przycisk uziemiający elektrodę wewnętrzną komory oraz gniazdo do podłączenia kabla zakończonego komorą jonizacyjną. Dawkomierz zasilany jest z sieci prądu zmiennego. W dolnej części obudowy znajduje się gniazdo na żarówkę wskaźnika optycznego elektrometru. Skala posiada dwie podziałki do 240 r i 1.2 r oraz czerwoną kreskę oznaczoną przez 0 do ustawiania właściwej czułości komory jonizacyjnej. Dawkomierz ma jeden zakres pomiarowy. Standardowe źródło radioaktywne łączy się z elektrometrem poprzez gniazdo kabla z komorą.

Działanie

Zasada działania dawkomierza "Roentgen-Dosismesser" przedstawia odtworzony schemat połączeń podany na Rycinie 3. Transformator sieciowy (T) dostosowany jest do napięć 125 V i 220 V, wybieranych położeniem łącznika (U). Główny wyłącznik sieciowy i bezpiecznik w obwodzie pierwotnego uzwojenia transformatora oznaczono odpowiednio przez (A) i (S). Zasilacz napięciowy dostarczający stałe napięcie w wysokości 1000 V dla komory jonizacyjnej i układu pomiarowego składającego się z suchego prostownika (G) i stabilizatora z lampą neonową (Gl). Część uzwojenia wtórnego stanowi źródło prądu o napięciu 4 V i natężeniu 0.6 A dla żarówki wskaźnika optycznego elektrometru. Wtórne uzwojenie transformatora jest uziemione (E). Ruchoma igła elektrometru (Q) znajduje się pod stałym wysokim napięciem, którego wartość można zmieniać potencjometrem (P) przy regulacji czułości. Przeciwnie kwadranty elektrometru połączone są ze sobą i z pełnym wysokim napięciem dostarczanym z zasilacza. Pod tym samym napięciem znajduje się również metalizowana obudowa elektrometru (St). Jedna para kwadrantów łączy się dodatkowo z elektrodą wewnętrzną komory jonizacyjnej (F).

Prąd jonizacji przepływający przez komorę jonizacyjną (F), w wyniku umieszczenia jej w wiązce promieniowania X, powoduje zmiany w wielkości ładunków elektrycznych na kwadrantach. Powoduje to zmianę kąta położenia igły przenoszonego wskaźnikiem optycznym na skalę elektrometru. Standardowe źródło promieniotwórcze (N) może być umieszczane w gnieździe elektrometru po wyjęciu kabla z komorą jonizacyjną (F). Do przyłączania lub odłączania zewnętrznego źródła promieniotwórczego (N) służy przełącznik (M_1).

Piśmiennictwo - brak



Rycina 3. Schemat połączeń dawkomierza "Roentgen-Dosismesser":

- A - wyłącznik sieciowy
- B - żarówka wskaźnika optycznego skali elektrometru
- E - uziemienie
- F - komora jonizacyjna
- G - suchy prostownik
- Gl - lampka neonowa
- M_1 - łączenie zewnętrznego preparatu promieniotwórczego do gniazda
- N - standardowy preparat promieniotwórczy
- P - potencjometr do regulacji czułości elektrometru
- Q - elektrometr kwadrantowy
- S - główny bezpiecznik sieciowy dawkomierza
- St - metalizowana obudowa dawkomierza
- T - transformator sieciowy
- U - przełącznik wyboru napięcia zasilania dawkomierza

Figure 3. The scheme of the "Roentgen-Dosismesser" circuitry:

- A - power switch
- B - the bulb of the optical display
- E - earth
- F - ionisation chamber
- G - dry rectifier
- Gl - neon tube
- M_1 - attachment of an external radioactive source
- N - standard radioactive source
- P - potentiometer for electrometer sensitivity adjustment
- Q - quadrant electrometer
- S - mains supply fuse
- St - metal-coated external casing
- T - mains transformer
- U - switch for the selection of the mains voltage

6. DAWKOMIERZ "GAMMA-METER" THE "GAMMA-METER" DOSIMETER

produkcja: Siemens-Reiniger-Werke, Erlangen, Niemcy

Wstęp

"Gamma-Meter" jest dawkomierzem przystosowanym wyłącznie do pomiarów dozymetrycznych w terapii ginekologicznej stosującej radowe i kobaltowe źródła promieniowania. Charakterystyczną cechą dawkomierza jest zastosowanie krystalicznego detektora kadmowo-siarczowego oraz wskazówkowego galwanometru (mikroamperomierza) do bezpośredniego pomiaru prądu jonizacji. Detektor krystaliczny umożliwia prowadzenie pomiarów w powietrzu i w fantomie z dokładnością wskazań $\pm 10\%$.

Źródłem zasilania są baterie prądu stałego. Dawkomierz posiada wbudowany w obudowę standard radowy przeznaczony do kontroli czułości układu pomiarowego. Małe wymiary detektora krystalicznego umożliwiają wyznaczanie rozkładu dawek dla radowych lub kobaltowych aplikatorów ginekologicznych, co stanowiło znaczący postęp w dozymetrii klinicznej.

Dawkomierz "Gamma-Meter" produkowany był przez Zakłady "Siemens" w Erlangen w Niemczech przechodząc kolejne modernizacje. Podobnie jak dla większości dawkomierzy nie są znane lata rozpoczęcia produkcji dawkomierzy "Gamma-Meter". Prawdopodobnie było to przed rokiem 1952 w którym ukazał się w "Strahlentherapie" artykuł dotyczący tego dawkomierza [2].

W Zakładzie Fizyki Medycznej Centrum Onkologii w Warszawie znajduje się 4 dawkomierze "Gamma-Meter" kupowane sukcesywnie od 1964 r. [1]. Pracowały one w Klinice Ginekologii Onkologicznej do wprowadzenia aparatury do następnego ładowania w latach 1975-1980, czego następstwem było rozpoczęcie likwidacji źródeł radowych w terapii ginekologicznej.

Introduction

"Gamma-Meter" is a dosimeter designed specifically for dose measurement in brachytherapy of gynaecological tumours with radium or cobalt sources. A characteristic feature of the dosimeter is the use of a crystalline cadmium-sulphur detector and a mechanical indicator galvanometer for direct measurement of the ionization current. The crystalline detector allows for dose measurements in air and in a phantom, with an accuracy of $\pm 10\%$. The dosimeter is supplied with direct current batteries. Control of sensitivity is carried out with a radium standard built in into the casing.

The reduced size of the detector allows for measurement of dose distributions around the radium and cobalt sources, a novel solution at the time.

The "Gamma-Meter" dosimeter was manufactured by Siemens in Erlangen (Germany), and was subsequently modernized. As in the case of other dosimeters, it is difficult

to establish the date of the first production with precision. It was probably prior to 1952, shortly before the first paper describing the dosimeter was published in „Strahlentherapie” [2].

In the Medical Physics Department of the Centre of Oncology in Warsaw, there are four "Gamma-Meter" dosimeters, acquired successively since 1964 [1]. They were in use at the Oncological Gynaecology Department prior to the introduction of afterloading units which replaced radium sources in brachytherapy.

Budowa

Wygląd zewnętrzny dawkomierza "Gamma-Meter" wraz z różnymi sondami krystalicznymi przedstawiono na Rycinie 1.



Rycina 1. Ogólny widok dawkomierza "Gamma-Meter". Na górnej obudowie dawkomierza widoczna jest skala galwanometru wskazówkowego oraz przełącznik zakresów, otwór do kalibracji komór i regulator czułości detektorów. Z umieszczonych obok dawkomierza trzech sond krystalicznych dwie znajdują się w sztywnej obudowie metalowej z widoczną podziałką głębokości, jedna umocowana jest do elastycznego kabla.

Figure 1. General view of the "Gamma-Meter" dosimeter. On the top cover the galvanometer scale can be seen, as well as the switch for adjusting dose range, the hole for detector calibration and the regulator of detector sensitivity. Three detector probes are presented, two in rigid casing, with visible depth scales, and one is attached to a flexible cable.

Obudowa dawkomierza wykonana jest z prasowanego tworzywa, wewnątrz metalizowana. W obudowie znajduje się wysokoczuły galwanometr wskazówkowy z ruchomą cewką, standardowe źródło radowe o aktywności 60 mgRa umieszczone w ołowianym pojemniku oraz dwie płaskie baterie po 4,5 V w bakelitowych osłonach. Dostęp do baterii celem ich wymiany znajduje się w dolnej części obudowy. Na górnej pokrywie znajdują się: przełącznik zmiany zakresów mocy dawki, potencjometr do regulacji czułości oraz otwór oznaczony napisem "Sonde" dla umieszczania w nim detektora krystalicznego w czasie przeprowadzania kali-

bracji standardowym źródłem radowym. Na frontowej części obudowy znajduje się śruba do zerowania galwanometru. Na tylnej części obudowy - gniazdo łączące detektor z układem pomiarowym dawkomierza.

Na Rycinie 2 przedstawiono dawkomierz "Gamma-Meter" ze zdjętą górną obudową. Widoczny jest galwanometr z ruchomą cewką i metalowym wskaźnikiem oraz skalą odczytu mocy dawki. Skala galwanometru podzielona jest na 100 podziałek i posiada lustrzane podłoże dla uniknięcia błędu paralaksy. Dawkomierz posiada 5 zakresów pomiarowych: 1000, 500, 200, 100, i 50 r/godz. Ostatni zakres (oznaczony jako 50-C) służy dodatkowo do regulacji czułości. Dawkomierz wyposażony jest w dwa typy sond krystalicznych z kablem elastycznym i usztywnionym. Sondy z kablem elastycznym przeznaczone są do pomiarów w powietrzu i fantomie wodnym. Sondy z kablem usztywnionym metalową wyprofilowaną rurką długości 25 cm przeznaczone są do pomiarów wewnątrz jam ciała (np. pęcherza). Zamieszczony na końcu rurki uchwyt ułatwia wprowadzenie i manipulację sondą. Do tego celu służy również wygrawerowana na powierzchni sondy podziałka centymetrowa. Połączenie sondy z kablem jest wodoszczelne co pozwala na stosowanie zimnej sterylizacji. Średnica sondy wynosi 5 mm, długość kabla 2 m. Oba detektory półprzewodnikowe umieszczone są w złotych tulejkach absorbujących niskoenergetyczną składową promieniowania gamma. Dzięki temu kalibracja wykonana źródłem radowym prawidłowa jest również dla kobaltu Co-60.



Rycina 2. Wnętrze dawkomierza po zdjęciu górnej pokrywki. Widoczny mikroamperomierz z ruchomą cewką i metalową wskazówką oraz skala przyrządu. Zielony pasek na skali dotyczy zakresu pracy baterii.

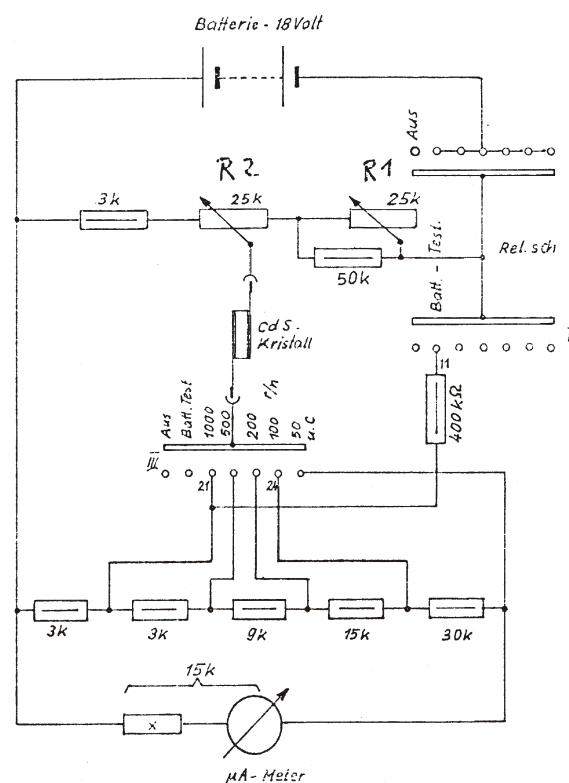
Figure 2. A view of the dosimeter with the top casing removed. The mobile coil and the metal indicator with the scale can be seen. The green bar indicates the range of batteries voltage.

Działanie

Działanie dawkomierza ilustruje Rycina 3 przedstawiająca schemat połączeń przyrządu. Stałe napięcie w wysokości 18 V, lub w innych modelach 9 V, doprowadzone jest

potencjometrem (R-2) do sondy krystalicznej (CdS Kristall) oraz potencjometrem (R-1) do wielopozycyjnego przełącznika zakresów (Rel.Sch.). Przełącznik ten pozwala poza wyborem 5 zakresów pomiarowych również na wyłączenie dawkomierza (pozycja Aus), sprawdzenie stopnia zużycia baterii (pozycja Batt.Test.) oraz kontrolę czułości sond krystalicznych (pozycja 50-C).

Umieszczenie sondy krystalicznej w wiązce promieniowania gamma powoduje powstanie prądu jonizacji, mierzonego mikroamperomierzem (μA) łączącym się z sondą przez przełącznik zakresów. Kryształ kadmowo-siarczkowy użyty jako detektor charakteryzuje się wystarczająco dużą absorpcją promieniowania gamma radu i kobaltu pozwa-



Rycina 3. Schemat działania dawkomierza "Gamma-Meter":

- R-1 - potencjometr doprowadzający napięcie do przełącznika zakresów
- R-2 - potencjometr doprowadzający napięcie do sondy krystalicznej
- CdS- sonda krystaliczna
- Rel.Sch. I; II; III - przełącznik zakresów
- Aus - wyłącznik dawkomierza
- Batt-Test - kontrola zużycia baterii
- 50-C - kontrola czułości sondy
- μA -Meter - mikroamperomierz

Figure 3. The scheme of the "Gamma-Meter" circuitry:

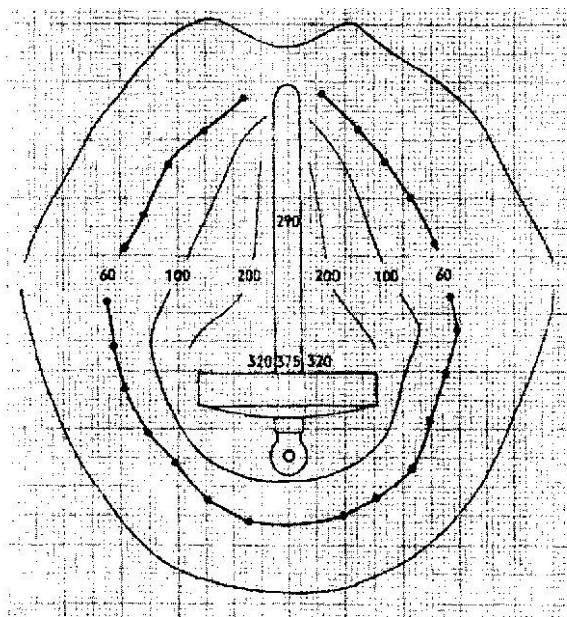
- R-1 - potentiometer connecting the battery voltage to the dose range switch
- R-2 - potentiometer connecting the battery voltage to the crystalline detector
- CdS- crystalline detector
- Rel.Sch. I; II; III - dose range switch
- Aus - main switch
- Batt-Test - test of battery voltage
- 50-C - test of detector sensitivity
- μA -Meter - microammeter

lającą, na bezpośredni pomiar napięcia wysokoczułym galwanometrem bez konieczności stosowania dodatkowych wzmacniaczy wrażliwych na zakłócenia. Małe wymiary sondy umożliwiają pomiary rozkładu dawek dla stosowanych aplikatorów radowych (tubki radowe) i kobaltowych (perły kobaltowe).

Wskutek dość długiego czasu ustalania się wskazań zwłaszcza na najczulszym zakresie (50 r/godz) należy odczekać ok. 0.5 godz. dla uzyskania poprawnego wyniku.

Pomiary

Wyznaczanie rozkładów dawek wymaga stosowania detektorów wysokiej rozdzielczości pozwalających wyznaczyć dawkę w dowolnym punkcie pochodzącą od przestrzennego rozmieszczenia tubek radowych lub pereł kobaltowych w aplikatorze ginekologicznym. Wykonany w wybranej płaszczyźnie aplikatora kliniczny rozkład dawek stanowi podstawę planowania leczenia w radioterapii. Przykładem takiego rozkładu dawek jest przedstawiony przez producentów dawkomierza "Gamma-Meter" (Rycina 4) roz-



Rycina 4. Rozkład dawek pomierzony dawkomierzem "Gamma-Meter" z detektorem krystalicznym dla radowego aplikatora ginekologicznego składającego się z dwóch części: poziomej w kształcie rurki o ładunku 30 mgRa oraz prostopadłego do niej talerza o ładunku 60 mgRa. Punkty pomiarowe dotyczą izolinii odpowiadającej dawce 60 R/godz.

Figure 4. Dose distribution around a radium applicator composed of two parts, a tube containing 30 mgRa and a perpendicular disc containing 60 mgRa, measured with the crystalline detector. The measurement points correspond to the isodose 60 R/hour.

kład wykonany dla modelu aplikatora radowego o kształcie tarczy z umieszczoną w środku prostopadłą do tarczy rurką. Aktywność tubek rozmieszczonych w aplikatorze odpowiada 60 mgRa (tarcza) i 30 mgRa (rurka). Płaszczyzna rozkładu dawek przechodzi przez oś symetrii aplikatora. Na rozkładzie wyodrębniono przez pogrubienie izolinię odpowiadającą dawce 60 R/h oraz odpowiadające jej punkty pomiarowe. Dawkę obliczono z wykonanej uprzednio krzywej kalibracyjnej podającej zależność wskazań galwanometru od mocy źródła radowego (np. 75 działek skali = 860 R/h).

Użytkowanie

Sprawdzenie napięcia baterii przeprowadza się przy ustawieniu przełącznika zakresów w pozycji "Batt.Test". Napięcie baterii jest prawidłowe jeżeli wskazówka przyrządu znajduje się na zielonym polu skali przyrządu.

Do procedury kalibracji należy: Przełącznik zakresów ustawić w pozycji "50-C". Płaską wtyczkę sondy włożyć do gniazdka tak, żeby wygrawerowana wartość cechowania widoczna była na górnej powierzchni wtyczki. Sondę elastyczną wprowadzić do otworu ze standardem radowym oznaczonym napisem "sonda". Prawidłowe ustawienie sondy w otworze wymaga aby dochodziła do dna otworu oraz czerwona kreska na kablu od sondy i przy otworze pokrywały się.

Sondę usztywnioną, z uwagi na jej mniejszą średnicę, wkłada się łącznie z tulejką celem uniknięcia błędów pomiaru. Wygrawerowany na sondzie znak powinien pokrywać się z czerwoną kreską zaznaczoną przy otworze.

Regulacja czułości polega na takim ustawieniu potencjometru aby wskazania galwanometru odpowiadały wartości kalibracyjnej zaznaczonej na wtyczce kabla od mierzonej sondy (np. 32). Przed rozpoczęciem pomiarów sonda musi być napromieniowywana przez źródło radowe przez 0.5 godz., aż do ustalenia się wskazań na najczulszym zakresie (50-C), co jest warunkiem uzyskania poprawnego wyniku.

Wbudowany źródło radowe jest wprawdzie umieszczone w pojemniku ołowianym, jednakże z uwagi na jego aktywność, zaleca się przechowywać dawkomierz z dala od stanowiska pracy oraz od nienasświetlonych filmów.

Piśmiennictwo

1. Dokumentacja techniczna dawkomierza Siemens Gamma-Meter, Zakład Fizyki Medycznej, Centrum Onkologii w Warszawie.
2. Becker K, Scheer E, Kuebler A. Strahlentherapie, 1952;88:1,34.

7. DAWKOMIERZ "UNIVERSAL-DOSISMESSER" THE "UNIVERSAL-DOSISMESSER" DOSIMETER

produkcja: Siemens-Reiniger-Werke, Erlangen, Niemcy

Wstęp

Jednym z kolejnych modeli dawkomierzy produkcji firmy "Siemens" w którym zastosowano elektrometr kwadrantowy do bezpośrednich pomiarów prądu jonizacji komory był "Universal Dosismesser". Zaprojektowany w 1938 r., wprowadzony został do eksploatacji klinicznej w okresie powojennym [1]. Jest pierwszym dawkomierzem, w którym uwzględniono w równym stopniu wymagania radioterapii w zakresach stosowanych energii oraz wymagania dozymetryczne. Dawkomierz posiada wysokoczuły elektrometr kwadrantowy o dokładności 3%. Nowością było wprowadzenie po raz pierwszy pomiarów dawki (r) i mocy dawki (r/min) dla 4 zakresów pomiarowych. Posiada zestaw składający się z 5 komór jonizacyjnych wraz z wyposażeniem dodatkowym w postaci statywów do komór jonizacyjnych, fantomów i urządzenia do pomiaru warstwy półchlonej.

W Zakładzie Fizyki Medycznej Centrum Onkologii w Warszawie znajduje się 1 egzemplarz dawkomierza "Universal Dosismesser", Nr E3X11- 624, z kompletem komór jonizacyjnych i dodatkowym wyposażeniem pomiarowym zakupionym w 1955 r. Istnieje oryginalny protokół kalibracyjny dawkomierza z dnia 17.12.1956.

Introduction

One of the models in a series of Siemens dosimeters with quadrant electrometers for direct measurement of ionization current created in ionisation chamber was the "Universal-Dossismesser". Designed in 1938, it was introduced to radiotherapy departments after the war [1]. It was the first dosimeter which met the dosimetry requirements in full range of energies. The dosimeter possesses a high sensitivity quadrant electrometer with the accuracy of 3%. A new feature of the dosimeter were two measurement modes: dose (r) and dose rate (r/min) for 4 measurement ranges. The dosimeter was equipped with 5 ionization chambers and a number of accessories such as tripod stand and holders for ionisation chambers and phantoms.

In the Medical Physics Department of the Centre of Oncology in Warsaw, there is one "Universal-Dosismesser" dosimeter, serial number E3x11624, with the complete set of ionisation chamber and other accessories, acquired in 1955. It has an original calibration protocol, dated 17.12.1956.

Budowa

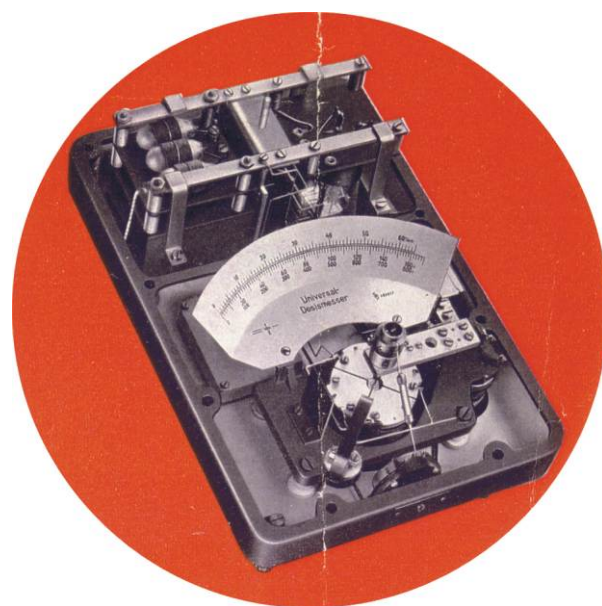
Wygląd zewnętrzny dawkomierza „Universal-Dosismesser” z podłączoną normalną komorą jonizacyjną o objętości 5 cm³ ilustruje *Rycina 1*. Wszystkie elementy pomiarowe dawkomierza umieszczone są w bakelitowej obudowie



Rycina 1. Ogólny widok dawkomierza "Universal-Dosismesser". Do dawkomierza podłączona jest normalna komora jonizacyjna.

Figure 1. General view of the "Universal-Dosismesser" dosimeter with the normal ionisation chamber attached.

podzielonej przegrodą na dwie komory. W pierwszej znajdują się zasilacz napięciowy i prądowy dawkomierza wraz z przełącznikiem zakresów, w drugiej wyłożonej od wewnątrz metalizowanym ekranem, elektrometr kwadrantowy wraz z skalą przyrządu i optycznym wskaźnikiem (*Rycina 2*). Na górnej obudowie dawkomierza umieszczono pokrętkę do zerowania skali elektrometru, przełącznik zakresów pracy oraz wyłącznik sieciowy. W dolnej części obudowy



Rycina 2. Dawkomierz "Universal-Dosismesser" po usunięciu górnej obudowy. Widoczne są: elektrometr kwadrantowy, skala do wyświetlania dawki, zasilacz z przełącznikiem zakresów.

Figure 2. The "Universal-Dosismesser" with the top cover removed. One can see: quadrant electrometer, the display scale, and power supply with the range changing switch.

wbudowano płaski pojemnik z preparatem pochłaniającym wilgoć oraz dwa potencjometry z tarczowymi pokrętkami wystającymi na zewnątrz obudowy. Służą one do regulacji jasności i ostrości obrazu wskaźnika optycznego oświetlającego skalę oraz do regulacji czułości przyrządu. Z tyłu obudowy znajduje się wyjście kabla sieciowego oraz gniazdo łączące komorę jonizacyjną z elektrometrem. Przyrządem pomiarowym jest wysokiej czułości elektrometr kwadrantowy z optycznym wskaźnikiem [2]. Do wyboru warunków pracy służy 6-pozycyjny przełącznik dla 4 zakresów pomiarowych: 2 do pomiarów mocy dawki (20 r/min i 200 r/min) i 2 do pomiarów dawki (200 r i 1000 r). Skala elektrometru ma dwie podziałki do pomiaru dawki (r) i dwie do pomiaru mocy dawki (r/min) [2].

Komory jonizacyjne

1. Podstawowa komora normalna o objętości 5 cm³ przeznaczona jest do pomiarów w zakresie napięć od 80 kV do 300 kV, (WP od 0.07 mmCu do 4.00 mmCu). Nasadki nakładane na komorę rozszerzają zakres pomiarowy dla energii cezu Cs-137 i kobaltu Co-60. Nasadka w kształcie walca przeznaczona jest do pomiaru mocy dawki promieniowania rentgenowskiego z betatronu. Komora połączona jest z elektrometrem elastycznym przewodem gumowym o średnicy 12 mm zakończonym wtykiem koncentrycznym. Pomiary w powietrzu wymagają nasunięcia na komorę tulei usztywniającej. Bez tulei komorę można umieścić w tubusie lampy rentgenowskiej lub bezpośrednio na pacjencie, dopasowując przewód do krzywizny ciała.

2. Komora normalna o zwiększonej objętości równej 30 cm³. Wymaga ona gniazda przejściowego do połączenia z kablem. Odczytane na skali wartość dawki należy dzielić przez 6. Na najmniejszym zakresie mocy dawki równym 20 R/min pełne wychylenie uzyskuje się przy 3.33 R/min.

3. Komora do promieniowania poniżej 100 kV. Zakres napięć od 8 kV do 80 kV. (WP od 0.02 mmAl do 4 mmAl). Zastosowanie: terapia promieniowaniem granicznym (8 kV-12 kV) oraz terapia powierzchniowa (20 kV-80 kV). Komora umieszczona jest w metalowej obudowie przykrytej przesłoną z dużym otworem wejściowym dla promieniowania X. Przy pomiarach promieniowania granicznego należy nałożyć na komorę przesłonę metalową z małym otworem wejściowym i stosować mnożnik 6 do wskazań elektrometru. Przy pomiarach w zakresie terapii powierzchniowej nie należy używać przesłony z małym otworem. Odległość między ogniskiem lampy i komorą liczona jest do powierzchni komory względnie do powierzchni nałożonej na komorę płytki. Wskazania komory są praktycznie niezależne od energii w podanym zakresie napięć (błąd poniżej $\pm 2\%$).

4. Komora rozproszeniowa - przeznaczona do pomiarów promieniowania rozproszonego w diagnostyce i terapii rentgenowskiej w zakresie wysokich napięć na lampie od 100 kV do 170 kV. Wykonana jest z blachy aluminiowej

w postaci dysku o średnicy 16 cm i grubości 3 cm. Elektroda wewnętrzna komory pokryta jest folią ołowianą celem lepszego pochłaniania wtórnych elektronów. Dokładność pomiarów komorą wynosi $\pm 20\%$. Współczynnik przeliczeniowy wskazań komory wynosi 4 μ r/sek przy odczycie 1 r/min na skali przyrządu.

Część z omówionych komór jonizacyjnych (komora fantomowa, komora normalna o zwiększonej objętości i komora normalna do umieszczania we wnętrzu tubusa przedstawiono na *Rycinie 3*. Obok komór widoczny jest dawkomierz włożony do ochronnego futerału.



Rycina 3. Dawkomierz "Universal-Dosismesser" umieszczony w ochronnym futerale wraz z komorami jonizacyjnymi: komorą fantomową, komorą o zwiększonej objętości oraz komorą mocowaną w tubusie lampy rentgenowskiej.

Figure 3. The "Universal-Dosismesser" in the protective box and the set of ionisation chambers: chamber embedded in a cube phantom, chamber of large volume of 30 cm³, special chamber to be fixed to the collimator cone of the orthovoltage X-ray unit.

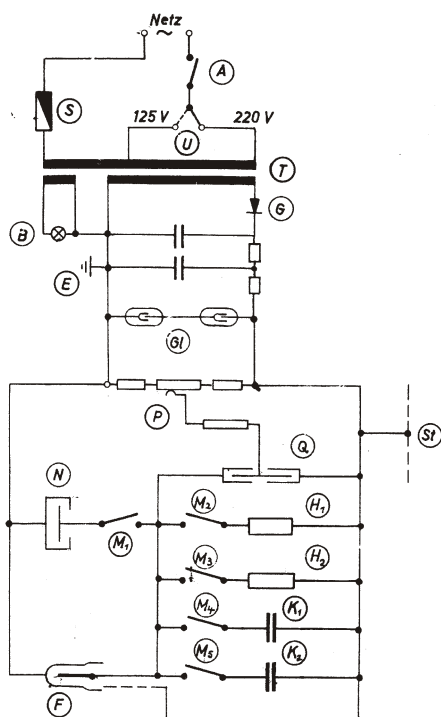
Fantomy

Rycina 4 przedstawia tzw. „kostkę fantomową” oraz komorę fantomową.



Rycina 4. Kostka fantomowa z otworem w środku do wkładania normalnej komory jonizacyjnej. Komora fantomowa umieszczona na stałe pod górną powierzchnią fantomu.

Figure 4. Box phantom with a hole for placing the ionization chamber (left) and a box phantom with an ionization chamber housed permanently under its top surface (right).



Rycina 5. Schemat działania dawkomierza "Universal-Dosismesser":

- A - wyłącznik sieciowy
- B - lampowy wskaźnik podłączenia dawkomierza do sieci
- E - uziemienie
- F - komora jonizacyjna
- G - suchy prostownik
- Gl - neonowe stabilizatory napięcia
- H₁, H₂ - oporniki wysoko-omowe
- K₁, K₂ - kondensatory pomiarowe
- M₁₋₅ - wielopozycyjny przełącznik zakresów
- N - radioaktywne źródło do kalibracji komór
- P - potencjometr
- Q - elektrometr kwadrantowy
- S - bezpiecznik sieciowy
- St - osłona elektrostatyczna
- T - transformator sieciowy
- U - przełącznik zasilania

Figure 5. The scheme of the "Universal-Disismesser" circuitry:

- A - power switch
- B - light indicator of the main voltage on
- E - earth
- F - ionisation chamber
- G - dry rectifier
- Gl - stabilizing neon tubes
- H₁, H₂ - mega Ohm resistors
- K₁, K₂ - measuring condensers
- M₁₋₅ - five position range changing switch
- N - radioactive source for calibration
- P - potentiometer
- Q - quadrant electrometer
- S - main supply fuse
- St - metal-coated external casing
- T - mains transformer
- U - switch for the selection of the mains voltage

Kostka fantomowa o wymiarach 10x10x10 cm wykonana jest z materiału o współczynniku absorpcji promieniowania X odpowiadającego wodzie. W środku fantomu w odległości 5 cm od górnej powierzchni fantomu znajduje się otwór na umieszczenie w nim normalnej komory jonizacyjnej z której uprzednio została usunięta nasadka

ochronna oraz tuleja usztywniająca. W czasie pomiaru, tubus lampy rentgenowskiej ustawiony jest pionowo w środku zaznaczonych na górnej powierzchni fantomu okręgów. Pozwala to wykonywanie pomiarów mocy dawki na ustalonej głębokości fantomu. Zastosowanie radioterapia ginekologiczna.

Komora fantomowa przeznaczona do pomiarów promieniowania w zakresie napięć od 30 kV do 60 kV co odpowiada warstwom półchlónnym w zakresie 0.2 - 3.0 mmAl. W górnej części fantomu umieszczona jest płaska komora jonizacyjna przykryta membraną o małej absorpcji na niskoenergetyczne promieniowanie X. Fantom o wymiarach 10x10x8 cm umieszczony jest w obudowie aluminiowej wspartej na czterech sprężynujących wspornikach umożliwiających dokładne przylegania tubusu lampy do górnej powierzchni fantomu. Środek membrany powinien znajdować się w osi wiązki promieniowania. W dolnej części fantomu znajduje się gniazdo do połączenia komory z dawkomierzem. Wymagany jest łącznik przejściowy do połączenia z kablem.

Działanie

Dawkomierz "Universal Dosismessr" działa na zasadzie bezpośredniego pomiaru prądu jonizacji komory wysoko-
czułym elektrometrem kwadrantowym z optycznym wska-
źnikiem odczytu skali. Układ połączeń dawkomierza poda-
no na *Rycinie 5*. Dawkomierz uruchamiany jest przełą-
cznikiem (A). Bezpiecznik (S) chroni układ połączeń przy-
rządu przed uszkodzeniem w przypadku wystąpienia zwarcia
w obwodach. Transformator (T) zasilany jest napięciem
220 V lub 125 V w zależności od ustawienia przełącznika
(U). Wtórne uzwojeniu transformatora jest źródłem zasilania
żarówki (B) wskaźnika optycznego elektrometru oraz su-
chego prostownika (G) wraz z układem filtrującym. Lampy
neonowe (Gl) stabilizują napięcie w granicach $\pm 10\%$.
Potencjometrem (P) doprowadzone jest stałe napięcie
do rucho-
mej igły elektrometru (Q). (St) oznacza połączenie
części elektrometru wraz z jego obwodami z metalizowa-
nym wnętrzem obudowy dawkomierza. Elektroda wew-
nętrzną komory jonizacyjnej (F) łączy się z elektrometrem
(Q) poprzez przełącznik zakresów (M). Wielkości ładunków
na kondensatorach (K_1) i (K_2) wyznaczają dawkę odczy-
tywaną na zakresach 200 r i 1000 r. Spadki napięć na wy-
soko-omowych opornikach (H_1), (H_2) i (H_3) pozwalają od-
czytać moc dawki na zakresach 20 r/min i 200 r/min. Radio-
aktywne źródło kalibracyjne (N) połączone jest z elektro-
metrem (Q) wyłącznikiem M_1 .

Użytkowanie

Radioaktywne źródło kalibracyjne

ródłem kalibracyjnym jest komora jonizacyjna z wbudowanym źródłem radioaktywnym węgla C-14 emitującym promieniowania beta o energii 0.16 MeV. Aktywność źródła

kalibracyjnego jest tak dobrana, żeby uzyskać prąd jonizacji odpowiadający prądowi jonizacji komory normalnej umieszczonej w wiązce o mocy dawki 10 R/min. Podłączając źródło kalibracyjne do dawkomierza nastawionego na zakres 10 R/min, regulujemy czułość przyrządu bez konieczności wprowadzania dodatkowo poprawek na temperaturę i ciśnienie powietrza. Warunkiem uzyskania prawidłowych pomiarów jest ta sama temperatura i ciśnienie powietrza dla źródła kalibracyjnego i dla komory normalnej dawkomierza. Przy pomiarach w jamach ciała pacjenta należy dodatkowo uwzględnić współczynnik "f" uwzględniający temperaturę ciała.

$$f = [273 + \text{temp. ciała (}^{\circ}\text{C)}] : [273 + \text{temp. otoczenia (}^{\circ}\text{C)}]$$

Kabel połączeniowy

Do połączenia komór jonizacyjnych z elektrometrem służy elastyczny kabel o bardzo dobrej izolacji wykonanej

z tworzywa sztucznego łatwego do czyszczenia. Pod osłoną zewnętrzną kabla znajdują się dwa oploty metalowe izolowane między sobą. Zewnętrzny oplot jest uziemiony, wewnętrzny połączony z metalizowanym ekranem obudowy dawkomierza. Kabel o długości 6 m zakończony jest z obu stron gniazdami do połączenia go z wybraną komorą jonizacyjną oraz elektrometrem. Po zakończeniu pomiarów wszystkie gniazda należy zabezpieczyć nakrętkami ochronnymi przedkurzem i wilgocią.

Piśmiennictwo

1. Siemens Universal-Dosismesser. Gebrauchs Anleitung. Siemens-Reiniger - Werke AG Erlangen. Niemcy. S90 A 269 IIIb Univ.-Dosismesser 0456.
2. Glocker R, Macherauch E. Roentgen und Kernphysik fuer Mediziner und Biophysiker. Georg Thieme Verlag, Stuttgart; 1965;5:151.

8. DAWKOMIERZ "SIEMENS-DOSIMETER" THE "SIEMENS-DOSIMETER" DOSIMETER

produkcja: Siemens Aktiengesellschaft, Erlangen, Niemcy

Wstęp

Dawkomierz "Siemens-Dosimeter" był najbardziej wszechstronnym i jednocześnie ostatnim z serii przyrządów dozymetrycznych stosujących elektrometr kwadrantowy do bezpośredniego pomiaru prądu jonizacji komory.

W dawkomierzu tym wprowadzono niezależnie od komór jonizacyjnych komory pojemnościowe o bardzo małej objętości czynnej. Miernik dawki stanowił elektrometr kwadrantowy z optycznym wskaźnikiem odczytu. Wysoka czułość elektrometru pozwoliła mierzyć dawkę bez korzystania z układów wzmacniających. Uniwersalność dawkomierza wynikała z wyposażenia go w 6 zakresów pomiarowych i 6 różnych komór o parametrach energetycznych i czułościowych odpowiadających wszystkim potrzebom terapii rentgenowskiej, gamma i ultra twardego promieniowania X pochodzącego z betatronów. Komory kondensatorowe zastosowano po raz pierwszy w tej serii dawkomierzy. Wyposażenie dodatkowe w tym modelu zostało dostosowane do wymagań procedur pomiarowych.

Zakład Fizyki Medycznej Centrum Onkologii w Warszawie posiada jeden egzemplarz dawkomierza "Siemens-Dosimeter", Nr E3 Z12-1855, z kompletem komór i urządzeniami uzupełniającymi. Dawkomierz wpisano do inwentarza w 1953 r.

Introduction

"Siemens Dosimeter" is the most universal and the last dosimeter using the direct measurement of the ionisation

current in the ionisation chamber. This dosimeter apart from normal ionisation chambers was additionally equipped with condenser chambers of very small active volume. The measurement of the current is done with a quadrant electrometer with an optical display system. High sensitivity of the dosimeter allows for the measurement of currents without use of intensifiers.

The dosimeter has 6 measurement ranges and 6 ionization and condenser chambers with sensitivity and radiation energy parameters meeting demands of the Roentgen rays, gamma radiation, and very high energy X rays from betatrons. The condenser chambers were used for the first time in this series of dosimeter models. The dosimeters were equipped with a number of accessories necessary for various dosimetry procedures.

In the Medical Physics Department of the Centre of Oncology in Warsaw, there is one such dosimeter, N° E3 Z12-1855, with a complete set of condenser and ionisation chambers and accessories, acquired in 1953.

Budowa

Ogólny widok dawkomierza z podstawową komorą jonizacyjną do terapii głębokiej, kostką fantomową oraz kablem przedstawia *Rycina 1*.

Dawkomierz umieszczony jest w standardowej, dla tego typu modeli, obudowie wykonanej z prasowanego tworzywa wewnątrz metalizowanej i pyłoszczelnej. Obudowa podzielona jest na dwie komory. W mniejszej znajduje się transformator sieciowy wraz z prostownikiem oraz przełą-



Rycina 1. Ogólny widok dawkomierza "Siemens-Dosimeter" z normalną komorą jonizacyjną, kablem oraz kostką fantomową.

Figure 1. General view of the "Siemens-Dosimeter" dosimeter with a normal ionisation chamber and a cube phantom.

cznik zakresów. W większej - elektrometr kwadrantowy ze wskaźnikiem optycznym i skalą odczytu, opornikami i kondensatorami układu pomiarowego. Elektrometr o wysokiej czułości pozwala mierzyć prądy od 210^{-12} A do 210^{-9} A co pozwoliło uniknąć stosowania przedwzmacniaczy. W górnej części obudowy umieszczony jest wyłącznik sieciowy, przełącznik zakresów, przycisk powrotu wskaźnika świetlnego w przypadku przekroczenia skali oraz gałka potencjometru do zerowania wskaźnika świetlnego. Na ścianie tylnej umieszczone jest gniazdo dla połączenia kabla z elektrometrem oraz przewód sieciowy. Pod obudową po lewej i prawej stronie znajdują się częściowo wystające tarcze potencjometrów do ustawiania jasności skali oraz regulacji czułości przyrządu. Znajduje się tam również pochłaniacz wilgoci z wnętrza przyrządu oraz bezpiecznik sieciowy. Na *Rycinie 2* przedstawiono dawkomierz "Siemens-Dosimeter" z podłączonym radioaktywnym źródłem do kalibracji komór.

Komory jonizacyjne

Komory jonizacyjne są identyczne jak w dawkomierzu "Universal-Dosimeter", gdzie zostały szczegółowo opisane. Komora fantomowa zastosowana w dawkomierzu "Siemens-Dosimeter" jest innego typu i przeznaczona do pracy z innym fantomem, co wymaga osobnego opisu.

1. Komora fantomowa

Zakres napięć od 30 kV do 60 kV (warstwa pochłonna od 0.2 mmAl do 3 mmAl). Zastosowanie: terapia dermatologiczna i terapia powierzchniowa. Komora płaska o grubości 1.5 cm szerokości 2.0 cm i długości 6.0 cm, posiada okienko wejściowe wykonane z grafitowanej folii o średnicy 0.6 cm zabezpieczone przed uszkodzeniem zdejmowaną nasadką. Do komory dostosowany jest fantom płytowy do pomiaru dawki powierzchniowej w centralnej osi wiązki. Komora wymaga gniazda przejściowego do połączenia jej z kablem.



Rycina 2. Dawkomierz "Siemens-Dosimeter" z podłączonym kalibracyjnym źródłem radioaktywnym.

Figure 2. The "Siemens-Dosimeter" with a standard radium source attached.

Komory kondensatorowe (sondy)

2. Sonda jonizacyjno-kondensatorowa

Zakres pomiarowy od 80 kV do 300 kV (warstwa pochłonna od 0.07 mmCu do 4 mmCu). Przy użyciu nakładki na komorę można mierzyć promieniowanie gamma cezu (Cs-137) i kobaltu (Co-60). Objętość części jonizacyjnej komory 0.5 cm³, średnica zewnętrzna komory i kabla 7.5 mm. Komora połączona jest szczelnie z kablem długości 1.5 m, zakończonym koncentrycznym wtykiem w którym znajdują się kondensatory, ładujący i pomiarowy. Na komorę i kabel naciągnięta jest wodoszczelna osłona z tworzywa pozwalająca na pomiary w powietrzu i w wodzie. Do połączenia z elektrometrem służy złącze z wbudowanym przyciskiem zwierającym.

Czułość komory jest tak dobrana, że pełnemu wychyleniu elektrometru odpowiada 100 R. Dawki mierzy się w pozycji przełącznika zakresów (KK), z odczytem na skali 0-100 mnożonym przez 10.

3. Sonda jonizacyjna

Zakres pomiarowy i wymiary identyczne jak w sondzie jonizacyjno-kondensatorowej. Zakończenie kabla jak w komorze normalnej bez wbudowanych kondensatorów. W porównaniu z komorą normalną posiada dziesięciokrotnie mniejszą objętość. Stąd odczyty dawki muszą być mnożone przez 10.

Przy pomiarach obu sondami dawek pochodzących od źródeł cezowych i kobaltowych należy stosować nakładki na komory i uwzględnić dodatkowe współczynniki kalibracyjne. Dotyczy to obu sond.

Na *Rycinie 3* przedstawiono niektóre komory jonizacyjne i kondensatorowe dawkomierza "Siemens-Dosimeter".

Jonizacyjne: komora normalna, komora do umieszczania jej w tubusie, komora na miękkie promieniowanie X, komora rozproszeniowa oraz komora fantomowa starego typu.

Kondensatorowe: komora umieszczona na kablu zakończonym gniazdem wraz z nasadką.



Rycina 3. Wybrane komory dawkomierza "Siemens-Dosimeter". Jonizacyjne: komora normalna, komora do pracy w tubusie, komora na miękkie promieniowanie X, komora rozproszeniowa, komora fantomowa starego typu. Kondensatorowe: komora połączona z kablem zakończonym gniazdem, nasadka do komory.

Figure 3. Some of the ionisation and condenser chambers of the "Siemens-Dosimeter". Ionisation chambers: normal chamber, normal chamber to be fixed to the collimating cone, chamber for the "soft" X rays, scatter chamber, old type chamber embedded in the cube phantom; condenser chamber with the cable in a box.

Fantomy

1. Fantom warstwowy

Jego wraz z umieszczoną w nim komorą przedstawiono na *Rycinie 4* Fantom - składa się z 11 płyt z pleksi o wymiarach 13 x 13 cm i grubościach od 15 mm do 1 mm co pozwala na zmianę głębokości położenia komory co 1 mm. Płyta najgrubsza posiada wycięcie na wprowadzenie komory fantomowej. Długość wycięcia zapewnia ustawienie środka okienka komory w osi fantomu zaznaczonej na górnej



Rycina 4. Fantom płytowy z komorą jonizacyjną do niskoenergetycznego promieniowania.

Figure 4. Prespex slab phantom and an ionisation chamber for low energy X rays.

plycie koncentrycznymi kręgami. Do zabezpieczenia komory przed wypadnięciem z fantomu służy odpowiednia śruba. Płyty znajdują się w obudowie drewnianej która służy do przenoszenia fantomu i posiada wnękę do przechowywania komory.

2. Fantom płytowy

Składa się z masywnej płyty z pleksi o wymiarach 15 x 15 cm. Płyta posiada wyżłobienie do wsunięcia w nią komory fantomowej tak, żeby okienko wejściowe komory znajdowało się na powierzchni fantomu. Fantom służy do pomiaru dawki powierzchniowej. Z boku płyty znajduje się śruba zabezpieczająca komorę przed wypadnięciem.

Wypożyczenie

Miernik warstwy pochłonnej - składa się z dwóch przeciwstawnie ustawionych klinów miedzianych lub aluminiowych umieszczonych w obudowie z okienkiem. Klipy przesuwane są względem siebie pokrętłem z zębatką. Zapewnia to płynną zmianę grubości filtru, która odczytywana

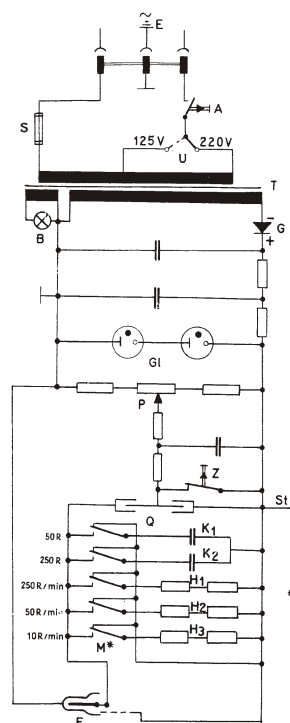
jest bezpośrednio w okienku obudowy. Przyrząd ten jest używany do szybkiego odczytu warstwy półchlonnej. Przesuwanie klinów może być ręczne za pomocą sznura lub zdalnie sterowanym silnikiem elektrycznym. Na *Rycinie 5* przedstawiono sam przyrząd bez statywu do pomiaru warstwy półchlonnej. Widoczne są wyjęte z ramy przyrządu kliny aluminiowe oraz linka nawijana na górną gałkę miernika pozwalająca zdalnie przesunąć względem siebie umieszczone w ramie kliny.



Rycina 5. Urządzenie zdalnie sterowane do pomiaru warstwy półchlonnej.
Figure 5. Remote controlled device for half value layer measurements.

Działanie

Schemat połączeń dawkomierza "Siemens Dosimeter" podano na *Rycinie 6*. Transformator prądu zmiennego (T) zasilany napięciem 220 V lub 125 V (U) uruchamiany jest głównym przełącznikiem (A). W pierwotnym obwodzie transformatora znajduje się bezpiecznik sieciowy (S). Wtórne uzwojeniu transformatora zasilają źródło światła (B) wskaźnika optycznego elektrometru oraz suchy prostownik (G) z układem filtrującym RC i dwiema lampami neonowymi (Gl) używanymi do stabilizacji napięcia w granicach 10%. Światło jednej z nich widoczne jest przez otwór w obudowie skali, wskazując na podłączenie przyrządu do sieci. Potencjometr (P) doprowadza stałe napięcie do ruchomej igły elektrometru. Przyciskiem (Z) zeruje się wskaźnik optyczny w przypadku znacznego jego wychylenia poza skalę przyrządu. Osłonę elektrometru przed zewnętrznymi polami elektrycznymi i magnetycznymi zapewnia połączenie obwodów z metalizowaną obudową dawkomierza śrubą (St). Elektroda wewnętrzna komory jonizacyjnej (F) łączy się z elektrometrem (Q) poprzez przełącznik zakresów (M). Wielkości ładunków na kondensatorach (K_1) i (K_2) wyznaczają dawkę odczytana na zakresach 50 r i 250 r. Spadki napięć na wysoko-omowych opornikach (H_1), (H_2) i (H_3) wyznaczają moc dawki na zakresach 10 r/min, 50 r/min i 250 r/min. Podana na schemacie pozycja przełącznika zakresów (KK), dotyczy pomiarów sondą jonizacyjną-kondensatorową i sondą jonizacyjną.



Rycina 6. Schemat połączeń dawkomierza "Siemens-Dosimeter":

- A - wyłącznik sieciowy
- B - wskaźnik świetlny o podłączeniu dawkomierza do sieci
- E - uziemienie
- F - komora jonizacyjna
- G - suchy prostownik
- Gl - lampy neonowe
- H_{1-3} - oporniki wysoko-omowe
- K_1, K_2 - kondensatory pomiarowe
- M - przełącznik zakresów
- P - potencjometr
- Q - elektrometr kwadrantowy
- S - bezpiecznik
- St - osłona elektrostatyczna obudowy
- T - transformator sieciowy
- U - przełącznik sieci
- Z - przycisk powrotu wskaźnika optycznego do zera

Figure 6. The scheme of the "Siemens-Dosimeter" circuitry:

- A - power switch
- B - light indicator of the main voltage on
- E - earth
- F - ionisation chamber
- G - dry rectifier
- Gl - stabilizing neon tubes
- H_{1-3} - mega Ohm resistors
- K_1, K_2 - measuring condensers
- M - range changing switch
- P - potentiometer
- Q - quadrant electrometer
- S - main supply fuse
- St - metal-coated external casing
- T - mains transformer
- U - switch for the selection of the mains voltage
- Z - press button returning the light indicator to zero

Piśmiennictwo

- Siemens Universal-Dosismesser. Gebrauchs Anleitung. Siemens-Reiniger - Werke AG Erlangen. Niemcy. S90 A 269 IIIb Univ.-Dosismesser 0456.
- Glocker R, Macherauch E. Roentgen und Kernphysik fuer Mediziner und Biophysiker. Georg Thieme Verlag, Stuttgart; 1965;5:151.