

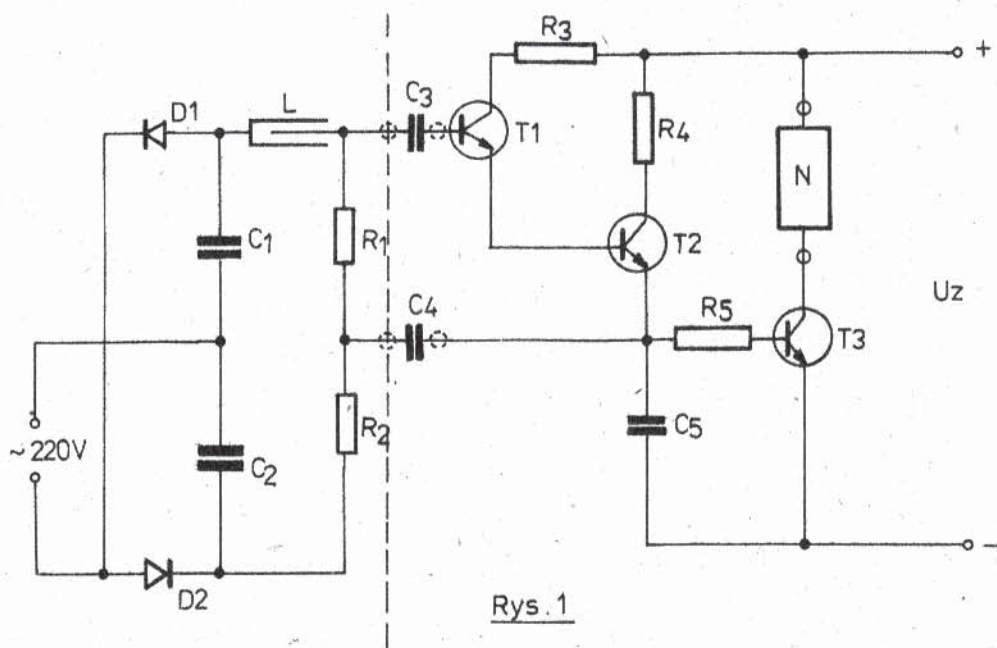
REJESTRATOR PROMIENIOWANIA

Date 27 czerwca 1954 roku można przyjąć jako początek pokojowego wykorzystania energii jądrowej. W tym dniu rozpoczęła pracę pierwsza na świecie radziecka elektrownia jądrowa. Była to elektrownia mała jak na dzisiejsze czasy, o mocy zaledwie 5 MW (moc reaktora 30 MW), zużywająca na dobę 30 gramów uranu 235. W ciągu minionych 33 lat energetyka jądrowa poczyniła duże postępy i obecnie na każde 10 kilowatogodzin energii elektrycznej produkowanej na świecie, jedna pochodzi z elektrowni atomowej. Elektrownia jądrowa jest stosunkowo czystym źródłem energii elektrycznej (ustępuje tylko elektrowni wodnej, inne czyste źródła praktycznie się nie liczą). Nie zanieczyszcza środowiska kłębami dymu i setkami ton popiołu wyrzucanymi z kominów elektrowni opalanych węglem, jednak w razie awarii, która mimo wielokrotnych systemów zabezpieczeń, czasem się zdarza, stanowi zagrożenie nieporównywalnie większe dla bezpośredniego otoczenia, niż elektrownia konwencjonalna. Uświadomiła nam to dopiero awaria w Czernobylu, ze względu na stosunkowo niedużą odległość. Należy

mieć nadzieję, że z awarii tej zostaną wyciągnięte wnioski nie w kierunku zahamowania rozwoju energetyki jądrowej w Polsce, lecz w kierunku udoskonalania systemów zabezpieczeń. Rozwój energetyki jądrowej jest koniecznością. Bez niego nie da się zaspokoić stale rosnącego zapotrzebowania na energię, a w stosunku do naszych sąsiadów, jesteśmy bardzo opóźnieni.

Awaria w Czernobylu wywołała powszechne zainteresowanie problematyką radioaktywności i jej pomiaru. Tajemnicze promieniowanie, którego nie widać, nie słychać i nie czuć, wywoływało u niektórych uczucie paniki, mimo uspokajających komunikatów w radiu i w telewizji. Aby przybliżyć problematykę pomiaru promieniowania, w pracowni fizycznej Zespołu Szkół im. dr. St. Kopczyńskiego w Istebnej wykonany został rejestrator promieniowania na liczniku Geigera. Jest on tak prosty w budowie, że z łatwością wykonać może go każdy początkujący majsterkowicz-elektronik.

Schematy ideowe rejestratora i zasilacza n.n. pokazane są na rys. 1 i 2. Cały układ składa się z trzech części: podwajacza napię-



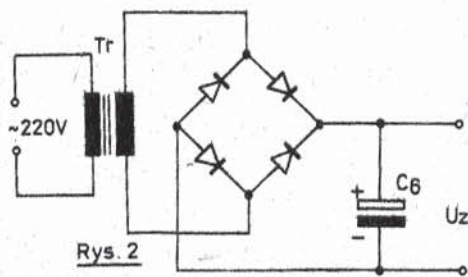
Rys. 1

cia z licznikiem Geigera, wzmacniacza z licznikiem elektromagnetycznym (numeratorem) i zasilacza niskiego napięcia do zasilania wzmacniacza.

Działanie układu

Podwajacz napięcia z licznikiem Geigera przedstawiony jest na rys. 1. W jednym półokresie kondensator C_1 ładuje się przez diodę D1 do napięcia 310 V, będącego amplitudą napięcia sieci. W drugim półokresie kondensator C_2 ładuje się przez diodę D2. Kondensatory połączone są szeregowo, więc napięcia ich sumują się do wartości $U = 620$ V. To napięcie przez rezystancję R_1 i R_2 przyłożone jest do licznika Geigera. Kwant promienowania, lub cząstka elementarna, wpadając do licznika wywołuje krótkotrwały przepływ elektronów od cylindra do nici licznika, a więc krótkotrwały prąd dI , który na rezystorach daje spadek napięcia $dU = R \cdot dI$. Tak więc wynikiem przejścia kwantu przez licznik jest krótkotrwały impuls napięcia na rezystancji $R_1 + R_2$.

Część impulsu napięcia dU (z rezystora R_1) poprzez kondensatory C_3 i C_4 dostaje się między bazę tranzystora T1 i emiter tranzystora T2. Łatwo zauważyć, że podczas impulsu potencjał bazy tranzystora T1 jest wyższy od potencjału emitera tranzystora T2 (kondensatory przenoszą potencjały ze zmianą znaku). Powoduje to krótkotrwały przepływ

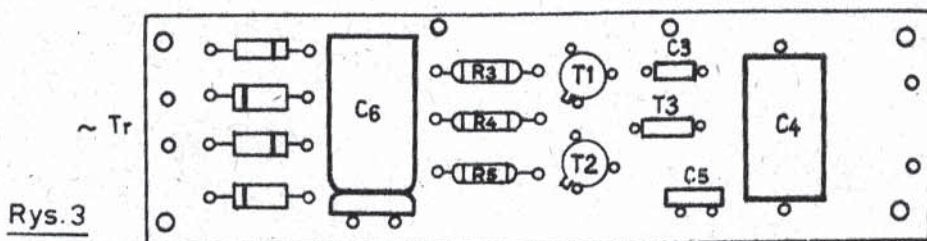


Rys. 2

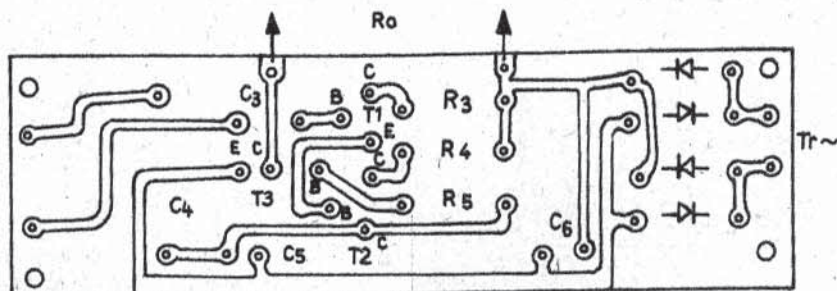
Rys. 2

prądu w obwodzie bazy tranzystora T1, a co za tym idzie, znacznie silniejszy prąd w obwodzie jego kolektora (wzmocnienie). Tranzystory połączone są w ten sposób, że prąd kolektora tranzystora poprzedzającego jest prądem bazy tranzystora następnego. Impuls w obwodzie kolektora tranzystora T3 jest już wystarczający do uruchomienia numeratora (około 53 mA), którym jest licznik rozmów telefonicznych. Zadaniem rezystorów R_3, R_4, R_5 jest ograniczenie prądów kolektora tranzystora T1 i baz tranzystorów T2 i T3 do właściwych proporcji. Wartości rezystancji mogą wahać się w dość szerokich granicach. Brak pojemności C_5 powoduje drgania numeratora.

Zasilacz niskiego napięcia (rys. 2) jest typowym prostownikiem pełnookresowym w układzie Graetza zbudowanym na transformatorze dzwonkowym.



Rys. 3



Rys. 4

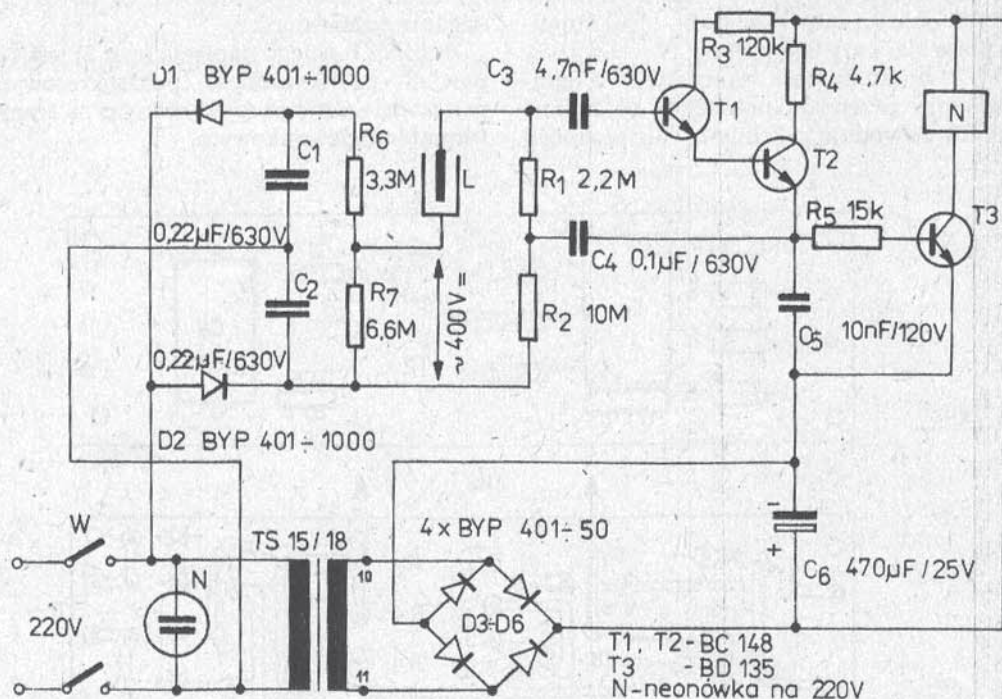
Tabela 1

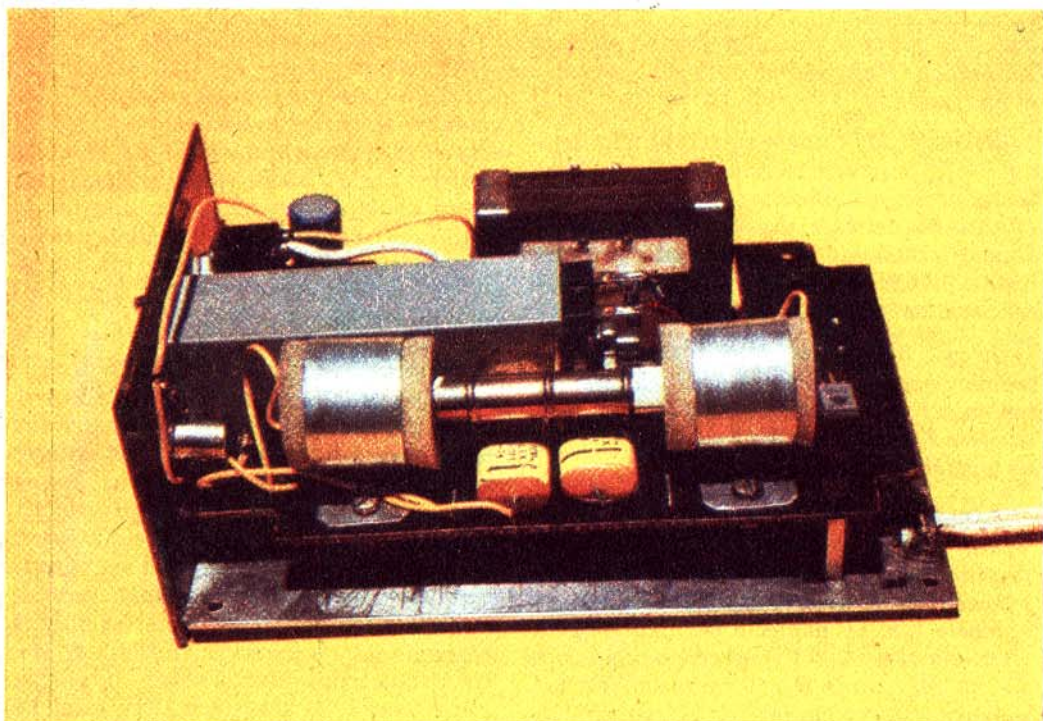
Data	godzina	liczba impulsów	liczba imp./min
20/21 V	22.03-7.30	16112	28,4
22/23 V	22.20-6.28	13894	28,6
23/24 V	22.12-8.10	18755	31,2
24/25 V	21.16-8.11	21284	32,5

Licznik nakładany jest na górną pokrywę, z której wystają 2 bolce mosiężne od starej wtyczki. Zamiast licznika można użyć przełącznika lub np. żarówki. Wtedy impuls z licznika Geigera daje błysk żarówki.

Uwaga: Należy ostrożnie obchodzić się z układem zasilacza wysokiego napięcia, aby nie ulec porażeniu. Z tego względu licznik z zasilaczem trzeba zamknąć w obudowie z tworzywa izolacyjnego. Taka konstrukcja uniemożliwia przypadkowe dotknięcie i chroni licznik przed uszkodzeniem. Wzmacniacz i zasilacz niskiego napięcia zmontowane są na jednej płytce montażowej. Rys. 3 i 4 przedstawia płytkę drukowaną w naturalnej wielkości.

A oto kilka danych z eksploatacji rejestratora: bieg własny (tło pochodzące od promieniowania kosmicznego i substancji radioaktywnych rozproszonych w atmosferze i skorupie ziemskiej) wynosi około 28 impulsów na minutę. Pomiary (patrz tabela 1) robione na Kubalonce (ponad 700 m nad poziomem morza) – Istebna. Przyczyna wzrostu radioaktywności w dwu ostatnich dobach – nieznana. Umieszczenie pojemnika ze szkolnym preparatem promieniotwórczym powodowało natychmiast dostrzegalny wzrost liczby impulsów na minutę do 44, a zbliżenie tarczy starego zegarka marki Ruhla, którego wskazówki i cyfry pokryte są farbą fosforyzującą z dodatkiem substancji radioaktywnej, powodowało wzrost liczby impulsów do 339 na minutę! Obecne normy nie dopuszczają takich dawek promieniowania i współczesne zegarki z fosforyzującymi wskazówkami świecą tylko po uprzednim naświetleniu ich światłem, gdyż nie mają dodatku soli radioaktywnych. Stary zegarek świecił całą noc bez potrzeby naświetlania i autor w latach 60. nosił go przez 5 lat na ręce, nie





Wnętrze rejestratora promieniowania. Na pierwszym planie licznik Geigera zamocowany aluminiowymi obejmami za pośrednictwem szerokich wałków z gąbki syntetycznej, pod licznikiem – zasilacz wysokiego napięcia. Na środku płytki widoczna szara obudowa licznika telefonicznego a za nim transformator zasilacza niskiego napięcia

wiedząc nawet o jego promieniowaniu. Po pięciu latach zegarek się zepsuł i obecnie służy do ćwiczeń w szkole jako źródło promieniowania.

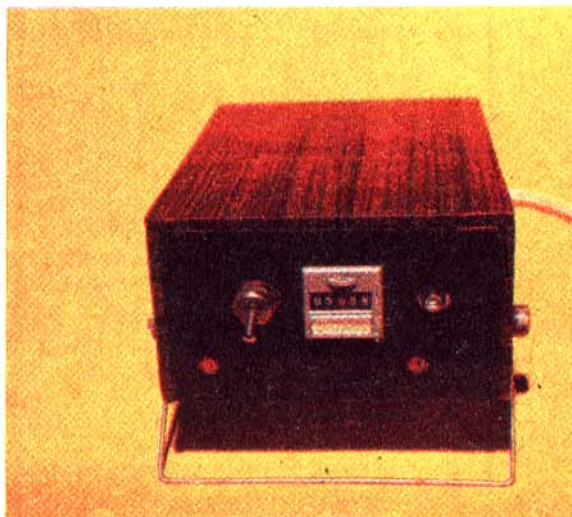
Edward Jaroszyński

Od redakcji:

Artykuł pt. „Rejestrator promieniowania” został złożony w redakcji „MT” ponad rok temu. Tak długi okres dzielący złożenie pracy od jej opublikowania wynika z powagi tematu – budowa rejestratora po prostu musi być możliwa dla większości zainteresowanych majsterkowiczów, a przede wszystkim dla szkolnych pracowni wychowania technicznego. Gotowy rejestrator jest przecież znakomitą pomocą naukową, natomiast jego budowa z przeznaczeniem do użytku domowego jest co najmniej problematyczna ze względu na dwie sprawy: trudności z nabyciem licznika Geigera, no i z jego ceną wynoszącą prawie 4000 zł.

Liczniki Geigera typu BOI 33 (nieco inny typ niż opisany poprzednio) produkowane są

Wygląd zewnętrzny rejestratora promieniowania zbudowanego w pracowni technicznej redakcji „Młody Technik”



przez Zakład Lamp Profesjonalnych „Unifony”, zaś nabyć je można w Zjednoczonych Zakładach Urządzeń Jądrowych „Polon” w Warszawie.

Redakcji „MT” udało się nabyć taki licznik i w jej pracowni technicznej zbudowany został prototyp o nieco innej konstrukcji niż opisana w pierwszej części artykułu, wynikającej z odmiennego napięcia zasilania licznika (około 400 V) i innej rezystancji licznika telefonicznego (500 Ω).

Na rys. 5 przedstawiony został schemat redakcyjnego rejestratora promieniowania, natomiast na fotografiach widzimy jego wnętrze z płytką montażową oraz zewnętrzny wygląd odbudowy.

Zasadnicza zmiana układu polega na wprowadzeniu dodatkowego dzielnika napięcia składającego się z rezystorów R_6 i R_7 , włączonych na wyjściu zasilacza wysokiego napięcia tak, by napięcie licznika Geigera wynosiło około 400 V (napięcie odkładające się na rezystorze R_7). Inny nieco jest też zasilacz niskiego napięcia, w którym pracuje transformator TS15/18, dający napięcie

wtórne 14,5 V. Po wyprostowaniu napięcia z transformatora w prostowniku pełnokresowym (cztery diody krzemowe typu BYP 401-50 w układzie Graetza), stały prąd wygładzany jest przez kondensator elektrolityczny (C_6 o pojemności 470 $\mu\text{F}/25\text{ V}$), a jego napięcie wynosi około 18 V. Przy takim napięciu zasilającym wzmacniacz, licznik telefoniczny o rezystancji 500 Ω działa pewnie, ale tranzystor T3 (typu BD 135) nie nagrzewa się i nie może pracować bez jakiegokolwiek radiatora.

Obudowa rejestratora została wykonana ze sklejki grubości 4 mm i oklejona winylową tapetą drewnopodobną. Wewnątrz obudowy mieści się cały układ elektroniczny, wraz z licznikiem telefonicznym, którego okienko widoczne jest w otworze wyciętym w przedniej ścianie obudowy rejestratora. Na tej samej ścianie znajduje się również wyłącznik sieciowy oraz lampka neonowa sygnalizująca włączenie sieci. Lampka ta włączona jest przez rezystor 180 k do sieci 220 V (dołączona jest równolegle do pierwotnego uzwojenia transformatora sieciowego). Zamiast neonówki do sygnalizacji włączenia zasilania można użyć dowolnej diody świecącej włączonej przez odpowiedni rezystor do wtórnego uzwojenia transformatora sieciowego.

Spis elementów (rys. 1 i 2)

Rezystory:

R_1 – 2,2 M Ω ,
 R_2 – 8,8 M Ω (5,6 + 2,2 M Ω),

R_3 – 120 k Ω ,

R_4 – 3,3 k Ω ,

R_5 – 15 k Ω ,

C_1, C_2 – 0,22 $\mu\text{F}/1000\text{ V}$,

C_3 – 2,2 nF/630 V,

C_4 – 0,1 $\mu\text{F}/630\text{ V}$,

C_5 – 2,2 nF/160 V,

C_6 – 470 $\mu\text{F}/25\text{ V}$,

D1, D2 – diody BYP 401-800,

D3 – D6 – diody BYP 401-50,

Tr – transformator dzwonekowy,

N – numerator – licznik elektromagnetyczny o rezystancji 100 Ω (od zestawu do ćwiczeń z fotodiodą).

L – licznik Geigera-Müllera BOB 33, lub jakiegokolwiek inny. (Do nabycia np. w centralach zaopatrzenia szkół CEZAS).

Tranzystory:

T1, T2 – BC 107 B lub podobne,

T3 – BD 139 lub zamiennik.

Obudowa z przezroczystego metapleksu oraz sznur sieciowy z wyłącznikiem.

Widoczny na fotografii licznik Geigera zamocowany został do płytki montażowej dwiema obejmami wygiętymi z blachy aluminiowej grubości 1,5 mm. Średnica obręczy obejm wynosi 35 mm, bowiem na końcówki licznika zostały nałożone krążki wycięte z gąbki syntetycznej grubości 30 mm. W ten sposób licznik zabezpieczony jest przed wstrząsami, a jego końcówki dokładnie odizolowane od innych elementów układu. Wysokie napięcie doprowadzone jest do licznika izolowanymi przewodami przyłutowanymi bezpośrednio do jego końcówek.

Bieg własny licznika typu BOI 33 wynosi około 14 impulsów na minutę. Czulość jest bardzo duża, rejestrator reaguje nawet na bardzo słabe promieniowanie płyt żużlobetonowych wykonanych przed kilkunastu laty.

Jerzy Pietrzyk