

**Politechnika Wrocławska**  
**Zakład Systemów Telekomunikacyjnych**

**Zjawiska stykowe**

## **1. Wprowadzenie**

Zestyki jako elementy komutacyjne i sterujące były powszechnie stosowane w technologii budowy central telefonicznych. Rozwój techniki cyfrowej i technologii półprzewodników zahamował nieco zastosowanie zestyków przekaźnikowych, jednak nawet najnowsze centrale telefoniczne typu ITT 1240, ocenione jako centrale XXI wieku, nie są całkowicie wolne od zestyków przekaźnikowych, nie biorąc pod uwagę zestyków stosowanych w aparatach telefonicznych, w klawiaturach terminali informatycznych itp.

W dalszej części rozdziału będziemy się zajmowali wyłącznie zestykami rozłącznymi typu przekaźnikowego, chociaż trzeba sobie zdawać sprawę, że istnieją zestyki nierozłączne i rozłączane w sposób ręczny (łączówki).

Zestyki przekaźnikowe mają obecnie najczęściej kształt półkulistych nitów lub przecinających się pod kątem prostym walców, dociskanych do siebie siłą sprężystości sprężyn stykowych. Zapewniają one docisk od kilkunastu do kilkudziesięciu gramów.

Zestyki przekaźników najczęściej wykonuje się ze srebra o dużej czystości lub jego stopów z dodatkiem takich metali, jak: pallad, złoto, miedź, nikiel. Chronione zestyki przekaźnikowe (kontaktrony) są pokrywane metalami szlachetnymi, takimi jak: złoto, rod itp.

### **1.1. Zestyk w stanie spoczynku**

Powierzchnie styków wykonanych z metalu pokrywają się w normalnej atmosferze warstwami obcymi, pochodzenia organicznego i nieorganicznego. Warstwy te mają najczęściej małą przewodność elektryczną, a więc ograniczają podstawową funkcję zestyku.

Mechanizm powstawania obcych warstw na powierzchni styków polega na osiadaniu pyłów i innych zanieczyszczeń z atmosfery, na absorpcji cząstek gazu uderzających o powierzchnię metalu oraz na powstawaniu związków chemicznych metalu z agresywnymi gazami atmosfery.

Pył osiadający na styczkach zestyku może być pochodzenia organicznego i często w momencie wyładowania, powstałego przy otwieraniu zestyku, ulega spaleni, co powoduje z kolei osad sadzy. Pył nieorganiczny może spowodować niszczenie powierzchni stykowej, gdy będzie wbijany w styczki.

Związki powstałe z reakcji z agresywnymi gazami atmosfery, takimi jak: tlen, chlor, związki siarki itp. tworzą nieprzewodzące warstwy. Gdy warstwy te nie są zbyt grube, zostają rozkruszone w momencie dynamicznego zamknięcia się zestyku lub starte w czasie zamykania zestyku.

## **1.2. Praca zestyku nieobciążonego**

Wyobraźmy sobie przekaźnik, którego uzwojenie jest podłączone do generatora fali prostokątnej, natomiast zestyki pozostają nie podłączone do żadnego obwodu. Pytanie, jaki wpływ będzie miała taka praca na stan zestyków przekaźnika? Zestyk jest wykonany z materiału o skończonej sprężystości, a więc każde uderzenie styki o stykę powoduje mikroodkształcenia (mikrosklepywania). Ponadto większość przekaźników jest tak skonstruowana, że zamykaniu zestyków towarzyszy pewne niewielkie ich wzajemne przesunięcie (poślizg). Przesunięciu temu towarzyszą wszystkie zjawiska związane z tarcie, łącznie z ubytkiem materiału.

Na pewno zjawiska sklepywania i poślizgu przy wielu milionach zdarzeń mają wpływ negatywny na trwałość zestyków. Jednak nie tylko wpływ negatywny. Jak już stwierdziliśmy w poprzednim punkcie, styki pokrywają się warstwą tlenków i siarczków nieprzewodzących, uderzenia odkształcające styki oraz poślizg powodujący tarcie kruszą te nieprzewodzące warstwy, pod warunkiem oczywiście, że nie są one zbyt grube. Dlatego w teletechnice staramy się unikać rozwiązań, w których zestyki pracują sporadycznie.

Zestyki mają jeszcze jedną ważną niewygodną właściwość. Styki są wykonane z materiału o stosunkowo dużej sprężystości, zamykanie zestyku jest dynamiczne, zderzenie dwóch mas sprężystych powoduje ich odbicie i w konsekwencji ich rozwarcie. Każde trwałe zamknięcie zestyku jest poprzedzone okresem drgania zestyku, okres ten może zawierać nawet do kilkudziesięciu odbić stytek. Odbić tych jest tym więcej, im z większą energią zamyka się zestyk. Energia jest proporcjonalna do tzw. współczynnika bezpieczeństwa, tzn. stosunku amperozwojów pracy do minimalnych amperozwojów zadziałania.

### 1.3. Zamykanie zestyku obciążonego

Rozważmy teraz sytuację, w której zestyk przekaźnikowy zamyka obwód z rezystancją. Przy napięciu kilkudziesięciu woltów zjawisko autoemisji elektronów z katody (styczka o ujemnym potencjale) jest bardzo ograniczone.

Nawet nowe starannie wygładzone styczki nie są idealnie gładkie. W trakcie zamykania zestyku najpierw zetkną się pojedyncze mikrokryształy powierzchni stykowych. Ponieważ powierzchnia tych mikrokryształów jest niewielka, gęstości prądu w nich mogą być znaczne. W zależności od gęstości prądu mogą powstać różne sytuacje:

a) gęstość prądu jest tak mała i szybkość ruchu styczek tak duża, że zestyk zamyka się w sposób idealny, pomijając odbicia,

b) przepływający prąd powoduje, że mikroszczyty miękną, co powoduje wzrost powierzchni stykowej i w konsekwencji zmniejszenie gęstości prądu,

c) przepływający prąd powoduje, że następuje stopienie materiału na stosunkowo dużych powierzchniach i w rezultacie zgrzanie zestyku, siła spoistości jest większa od sił rozrywających sprężyn stykowych, zestyk taki już się nie otworzy, pomimo oddziaływania kowalicy,

d) przepływający prąd powoduje wybuchowe wyparowanie mikrokryształów powierzchni stykowych, ciśnienie par materiału stykowego może doprowadzić do otwarcia zestyku.

W zakresie stosowanych prądów w telekomunikacji, mamy do czynienia z przypadkiem (a).

### 1.4. Otwieranie zestyku obciążonego

Rozważmy przypadek obciążenia indukcyjnego. Otwarcie zestyku polega na zwiększeniu rezystancji zestyku od miliomów do megaomów. Jest to wywołane malejącą siłą docisku styczek i na pewno nie następuje skokowo, zwłaszcza w początkowym okresie.

Procesowi otwierania zestyku towarzyszą dwa zjawiska:

- powstanie siły elektromotorycznej samoindukcji,
- emisja elektronów z styczek oraz związana z nią jonizacja przestrzeni między styczkami.

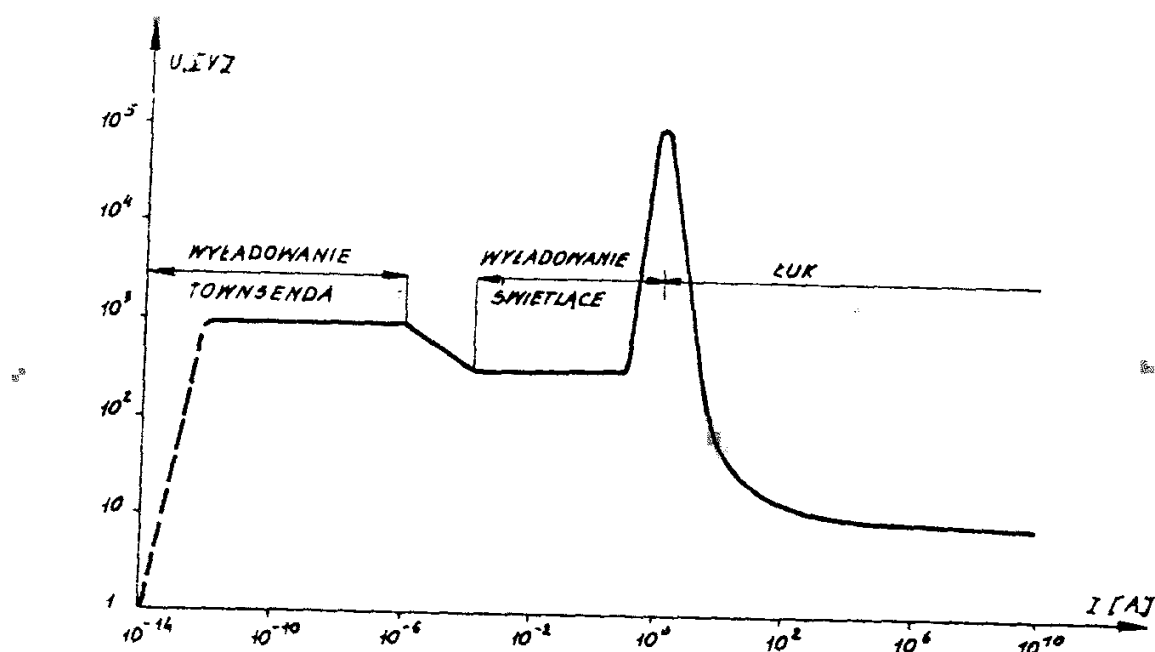
Współdziałanie procesów emisji i jonizacji doprowadza do powstania między styczkami lawiny elektronów zmierzającej ku anodzie, co sprzyja powstawaniu dalszych lawin, a więc powstaniu wyładowań. Dodatkowo jony, gromadząca się w pobliżu katody, tworzą ładunek przestrzenny, który zwiększa pole elektryczne przy katodzie, a więc i zwiększa emisję

elektronów, co powoduje powstanie następnych lawin. Obecność pierwszych elektronów może być wywołana termoemisją lub mogą one pozostać po poprzednim wyładowaniu.

Na zestyku może być wyładowanie:

- Townsenda,
- świetlące,
- łukowe.

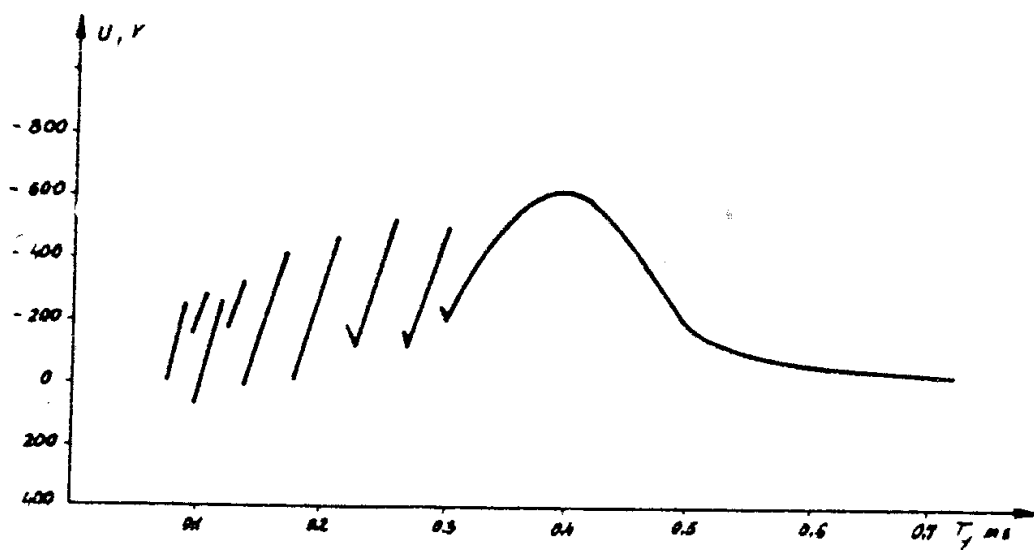
Rodzaj wyładowania zależy od energii zgromadzonej w otwieranym obwodzie, pewną rolę odgrywa również szybkość otwierania zestyku, ponieważ ma ona wpływ na średnią drogę swobodną elektronów (napięcie przebicia przestrzeni między stycznymi jest najmniejsze dla pewnej ustalonej szczeliny). Wpływ energii obwodu na rodzaj wyładowania ilustruje rys. 1.



Rys. 1 Rodzaje wyładowania

Granice przejścia wyładowania Townsenda w wyładowanie świetlące oraz świetlącego w łukowe zależy od materiału stykowego oraz rodzaju gazu znajdującego się między stycznymi. Z wykresu przedstawionego na rys. 1 wynika, że jeżeli zgromadzona energia w przerywanym obwodzie będzie odpowiednio mała, nie nastąpi wyładowanie łukowe, czy nawet świetlące. W telekomunikacji zwykle komutujemy obwody o stosunkowo małej energii (obciążeniem jest zwykle przekaźnik o mocy ok. 2-5 W) oraz niedużym napięciu (ok. 60 V), zgromadzona w nich energia jest niewystarczająca do powstania trwałego łuku. Przykładowy

przebieg napięcia na otwieranym zestyku przedstawiono na rys. 2, ilustruje on niestabilne wyładowania łukowe kończące się wyładowaniem świetlącym lub Townsenda.



Rys. 2 Przebieg napięcia na otwieranym zestyku

Wyładowanie kończy się nie łukowym wyładowaniem, ponieważ następuje ciągły wzrost szczeliny między stycznymi oraz zostaje zmniejszona energia przerywanego obwodu. Krótkotrwałe wyładowania, podobnie jak wyładowania świetlące, są zwykle niewidoczne, ponadto mają charakter przypadkowy. Przebieg napięcia jest jednorazowy i niepowtarzalny, z powodu różnego stopnia jonizacji przestrzeni stykowej oraz różnego ukształtowania powierzchni stykowej (mostki). Do obserwacji napięć na zestykach są potrzebne specjalne metody, w których stosuje się oscyloskop z pamięcią.

Otwieraniu zestyków towarzyszy wędrówka materiału stykowego. Wędrówka może mieć charakter mostkowy lub łukowy, zależnie od przyczyn powstania.

Wędrówka mostkowa powstaje w wyniku stopniowego zmniejszania się powierzchni stykowej w czasie otwierania zestyku, co powoduje lokalnie znaczny wzrost gęstości prądu i może doprowadzić do lokalnego stopienia styczek. Płynny metal tworzy między stycznymi mostek przewodzący prąd. Mostek ten pęka na skutek wybuchowego wyparowania materiału stykowego lub na skutek rozerwania mechanicznego. Po wielu działaniach zestyku na jednej ze styczek, zazwyczaj anodzie, tworzą się wgłębienia, a na drugiej powstają ostrza.

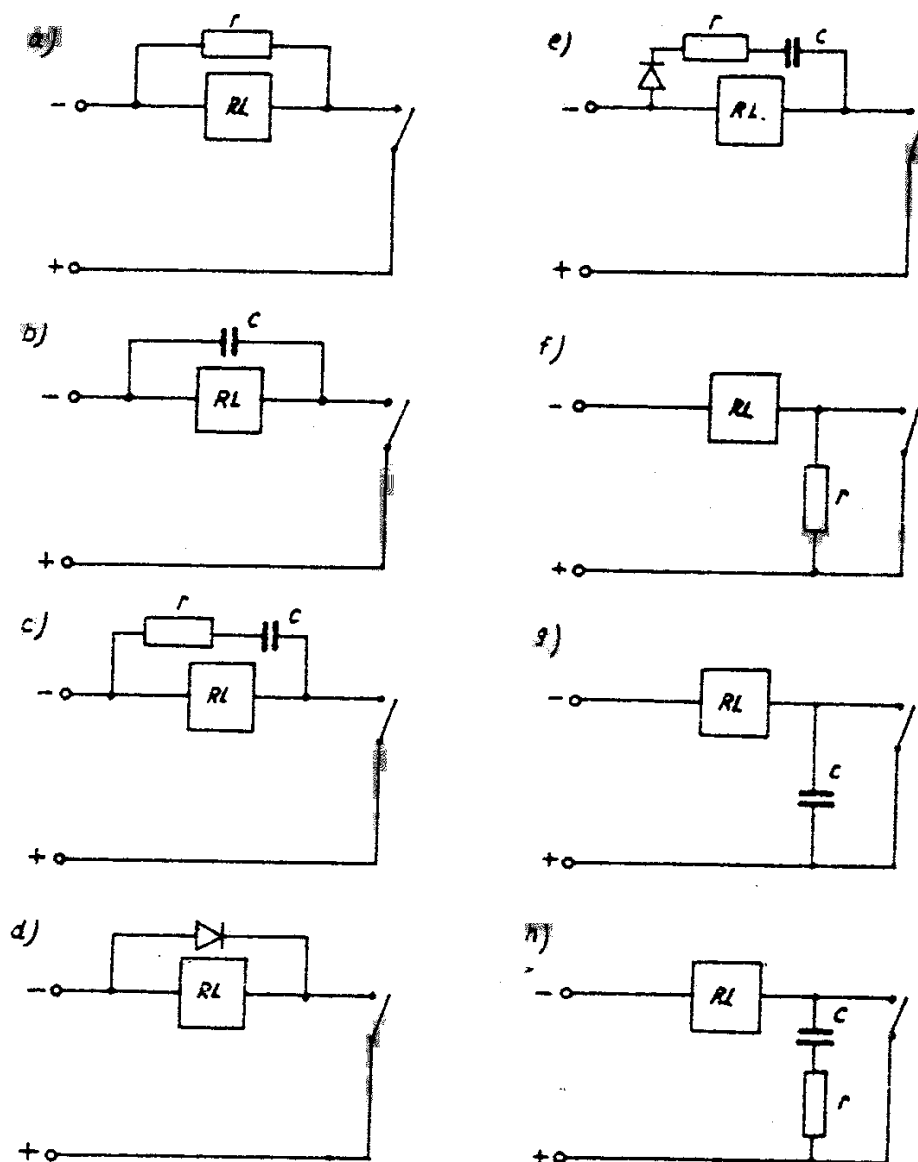
Stabilne wyładowanie łukowe wytwarza plazmę, która wywołuje gruboziarniste pokrycie dodatkowej styczki materiałem katody, a nawet sprężyny stykowej.

W praktyce w telekomunikacji zwykle nie dochodzi do stabilnych wyładowań łukowych. krótkotrwałe wyładowania łukowe są również przyczyną wędrówki materiału o kierunku, takim jak wędrówka mostkowa.

### 1.5. Zabezpieczenie zestyków przed wyładowaniami

Wyładowania na zestykach są powodem ograniczenia trwałości zestyku oraz przyczyną zakłóceń radioelektrycznych, z tych powodów należy ograniczyć wyładowania do minimum.

Wyładowania ogranicza się przez stworzenie obwodu dla prądu wywołanego siłą elektromotoryczną samoindukcji, obwód ten może stanowić rezystor, kondensator, rezystor i kondensator lub dioda półprzewodnikowa. Element lub układ ograniczający wyładowania bywa nazywany układem gasikowym. Typowe układy gasikowe są przedstawione na rys. 3.



Rys. 3. Typowe układy gasikowe

Jak pokazano na rys. 3 układ gasikowy może być włączony równolegle do zabezpieczonego zestyku bądź równolegle do obciążenia, w tym drugim przypadku zabezpieczone są wszystkie zestyki znajdujące się w obwodzie. Najczęściej są stosowane układy RC, wydawać by się mogło, że rezystor ogranicza efekt zabezpieczenia zestyku przed wyładowaniem. Tak jest istotnie jednak w przypadku zastosowania samego kondensatora podczas zamykania zestyku następuje uderzenie prądowe (rozładowanie lub ładowanie kondensatora), które powoduje szybkie zniszczenie zestyku lub nawet jego natychmiastowe zgrzanie.

Zastosowanie układów gasikowych powoduje zwolnienie działania przekaźników sterowanych przez zabezpieczony zestyk, prąd wywołany samoindukcją podtrzymuje zanikający strumień.

Ponadto trzeba sobie zdawać sprawę, że zastosowanie układów gasikowych ogranicza niezawodność urządzenia. Urządzenie z układami gasikowymi zawiera więcej elementów, a więc jest bardziej zawodne, np. przebicie kondensatora powoduje awarie urządzenia. Obecnie bardzo często zamiast układów gasikowych RC stosuje się warystory, korzystając z ich nieliniowej charakterystyki  $i = f(u)$ . W centralach Pentaconta stosuje się trzy rodzaje warystorów.

W telekomunikacji z powodu masowego występowania zestyków układy gasikowe stosujemy tylko w przypadku zestyków silnie obciążonych.

## **2. Przykładowe zadania laboratoryjne**

- Obserwacja napięcia na zamykanym zestyku dla różnych obciążeń.
- Obserwacja napięcia na otwieranym zestyku dla różnych obciążeń.
- Obserwacja napięcia na otwieranym zestyku dla różnych napięć.
- Obserwacja napięć na otwieranym zestyku z zastosowaniem układów gasikowych.
- Ocenić wpływ układu gasikowego na czas pracę zabezpieczonego przekaźnika.