

Procedura regeneracji lamp typu magiczne oko EM4

Uwaga: poniższy opis odnosi się do lamp produkowanych niegdyś przez Telam (ZWLE). Regeneracja nie odnosi skutku dla radzieckich lamp 6E5 i 6E5C. Jej stosowanie, zwłaszcza etapu wygrzewania ekranu psuje wręcz nieodwracalnie emisję w tych lampach¹. Procedura odniosła natomiast pozytywny skutek dla lampy EM4 firmy Tungsram.

Pierwszy etap: Należy sprawdzić emisję (Ia) na testerze BM215 części wskaźnikowej lampy. Parametry podczas tego testu są następujące: $V_f=6,3V$; $V_{g1}=-3V$, $E_{g2}=100V$, $I=5\text{ mA}$ (zakres miernika emisji). Pomiar emisji w procentach: odczytane natężenie prądu należy podzielić przez natężenie prądu odpowiadającemu prądowi w środkowej części zaczerpnionego pola i pomnożyć przez 100%. Dokonać wizualnej oceny jasności świecenia lampy.



Rys.1. Lampa przed regeneracją, badana na testerze. Emisja zerowa, widoczne „wypalenie” luminoforu

Jeżeli pomimo faktu, że lampa ma małą emisję (5-15%), ale świeci wyraźnie, można wstępnie przyjąć, że luminofor nie wymaga regeneracji.

O ile to możliwe, należy obejrzeć powierzchnię katody. Gdy występuje widoczne spękanie pokrycia, rokowanie jest złe i nie należy spodziewać się dużej poprawy po próbie regeneracji.

Regeneracja przebiega przy podwyższonym V_f i zmienionym zakresie Ia na 15 mA. Reszta ustawień jak podczas badania lampy. Dla lamp słabych, o emisji zerowej, czy kilkuprocentowej można ustawić napięcia żarzenia: 8V -10 s, 10,75V -10 s, 12,3V -10 s, 14,5V -10 s, 16,3V -100-180 s, a w razie dalszego zwiększania się emisji lampy i dłużej. Przy podwyższaniu U_z należy bacznie obserwować, czy w lampie nie pojawia się błękitnobiała poświata. Jej obecność świadczy o pogorszonej próżni i należy obniżyć V_f względnie wyjąć szybko kołki E_a i E_{g2} aby nie dopuścić do łuku w lampie. Należy obserwować ekran lampy. Jasne świecenie przy prądzie około 5mA oznacza, że luminofor jest w dobrym stanie. Słabe jego świecenie przy tym prądzie oznacza, że jest on już zdegradowany. W czasie regeneracji, a zwłaszcza ostatniego jej etapu prąd anodowy rośnie, o ile katoda się powoli aktywuje. Czasami prąd osiąga wartość nieznacznie powyżej 5mA, czasami około 10 mA i więcej w zależności od egzemplarza lampy. Dopiero pomiar po regeneracji przy prawidłowym V_f jest miarodajny. Należy

¹ W 2021 r. Piotr Puchalski stosował bardzo zbliżoną procedurę dla lamp 6E5C, stosując silniejsze przeżarzanie lamp w czasie reaktywacji katody. Jak twierdził, uzyskiwał poprawę świecenia tych lamp.

jednak bacznie obserwować przebieg regeneracji, aby móc szybko zareagować i wyłączyć zasilanie np. w przypadku iskrzenia w lampie. Regułą jest jednak, że w przypadku pozytywnego przebiegu procesu prąd anodowy wyraźnie rośnie, ale zakres tych zmian przy podwyższonym V_f jest bardzo różny i zależy od egzemplarza lampy.

Jeżeli emisja początkowa jest rzędu 10% i wyższa, wówczas regenerację prowadzi się przy napięciu V_f co najwyżej 14,5V i dopiero, gdy prąd nie będzie już rość można na niedługo przełączyć V_f na 16,5V.

Jeżeli świecenie ekranu jest dobre, po tym etapie można zaprzestać dalszej regeneracji.



Rys.2. Lampa po pierwszym etapie regeneracji. Emisja około 10%, widoczne nierównomierne świecenie ekranu spowodowane małą emisją i wypaleniem luminoforu.

Drugi etap:

Jeżeli pomimo emisji z katody na poziomie kilku procent i więcej świecenie jest bardzo słabe, należy przejść do etapu wygrzewania ekranu w piecu indukcyjnym. Etap ten warto prowadzić, gdy na ekranie widoczne są ciemne naloty. Wygrzewanie prowadzi się na lampie wyłączonej w temperaturze jasnopomarańczowego żaru. Odparowujące zanieczyszczenia osiadają na katodzie i szkłe lampy. Prowadząc dostatecznie długo proces oczyszczania ekranu zanieczyszczenia można przepędzić na boczną powierzchnię szkła lampy, bowiem zanieczyszczenia, głównie cynk powstały wskutek „wypalenia” luminoforu jest lotny. Po tym lampę należy ostudzić i poddać katodę ponownej regeneracji.

Regułą jest, że po wygrzewaniu ekranu emisja spada i to nawet do zera, a próżnia w lampie jest zła. W celu uformowania próżni i ponownej regeneracji katody postępuje się następująco: wyciąga się kołek Ea, E_{g2} ustawia się na 100V, $V_{g1} = -3V$. Napięcie żarzenia stopniowo podnosi się od 6,3V, bacznie obserwując czy nie pojawia się błękitna poświata.



Rys.3. Przebieg drugiego etapu regeneracji.

Jeśli tak, to napięcie żarzenia ustala się tak, by ta poświata występowała, ale niezbyt silnie. Poświata ta powinna stopniowo zanikać, co oznacza poprawianie się próżni. Im niższe V_f przy którym nastąpiła jonizacja, tym lepsze rokowanie dla emisji katody. Regułą jest, że poświata pojawia się najpierw w obszarze triody sterującej a potem dopiero w obszarze miseczki części wskaźnikowej lampy.

Pojawiająca się w tej części lampy poświata powoduje świecenie niemal całego ekranu. Co do jakości luminoforu rokowanie jest pomyślne, gdy ekran świeci wyraźnie jasnym, zielonym kolorem. Błede świecenie ekranu jest złym prognostykiem; nawet w przypadku znacznej emisji z katody lampy świecić będzie słabo. W miarę zaniku poświaty (może ona przejściowo migotać zanim zniknie) zwiększa się V_f , aż do 16,3V. Należy poczekać około minuty po zaniku poświaty na tym zakresie V_f dla ustabilizowania próżni w lampie. Wówczas wkłada się kołek $E_a=250V$ i prowadzi się dalej regenerację. Początkowo prąd anodowy jest duży, ale już po chwili zaczyna spadać. Czasami pojawia się jeszcze jonizacja w lampie (rys.3); należy wówczas uważać i ewentualnie wyjąć kołek $E_a=250V$ i odczekać do ustabilizowania się próżni. Czasami I_a jeszcze po spadku wzrasta, co oznacza, że następuje regeneracja, czasami stabilizuje się na pewnej wartości już bez wzrostu.

Po ustawieniu nominalnego $V_f=6,3V$ i $E_a=250V$ można sprawdzić, jaką emisję ma tak zregenerowane oko. Pomiar ten może być dokonywany ostrożnie w toku regeneracji, dając wyobrażenie, czy regeneracja przebiega i w jakim stopniu. Co ciekawe, najczęściej druga regeneracja po wygrzewaniu ekranu powoduje zwiększenie prądu emisji. Jest to fakt dowiedzi ony. Pomimo prób prowadzenia dwukrotnego czy trzykrotnego prowadzenia pierwszego etapu regeneracji emisja się nie poprawiała. Natomiast po wygrzewaniu ekranu emisja ta ulegała jeszcze poprawie. Poprawę można tłumaczyć tym, że podczas grzania ekranu cynk i bar wraca na katodę. Podczas drugiego etapu regeneracji katody następuje redukcja tymi metalami tlenków do wolnego baru. Czas trwania drugiego etapu regeneracji katody najczęściej nie przekracza 5 min, czasem dochodzi do kilkunastu minut, w zależności od szybkości poprawy próżni. Tylko w rzadkich przypadkach emisja po drugim etapie regeneracji jest niższa niż po pierwszym etapie.



Rys.4. Pomiar lampy po drugim etapie regeneracji. Emisja około 50%.

Poniżej zestawiono uzyskane wyniki po regeneracji dla przeszło dwudziestu lamp. Przed regeneracją lampy miały emisję zerową lub co najwyżej kilkuprocentową. Na lampach zapisano emisję przed i po regeneracjach, ale napisy uległy częściowo starciu. Tak więc tylko dla niektórych lamp zanotowano emisję części wskaźnikowej po pierwszej regeneracji. Brak pewności, czy oznaczenie liczbowe na balonie oznacza numer serii, jednak w celu umożliwienia przyszłych zestawień umieszczono je w tabeli.

Data produkcji	Oznaczenie liczbowe na balonie	Emisja po drugiej regeneracji [%]	Emisja po pierwszej regeneracji [%]	Uwagi
VII 56	251	100		
VII 56	285	30		
IX 56	306	70		
X 56	252	15		
II 57	008	100		
X 57	553	20		
IV 58	558	65		
III 58	572	25		
IV 58	Brak danych	50	40	Emisja przed regeneracją 2%
V 58	610	50	50	
V 58	641	8		
III 59	633	25	12	Emisja przed regeneracją 0
III 59	625	80		

IV 59	627	40		
IV 59	589	30		Czynny 1 system
V 59	598	50		
VII 59	135	12	12	Emisja przed regeneracją 0
X 59	100	50	12	Emisja przed regeneracją 3%
X 59	135	10	2	Emisja przed regeneracją 0
XII 59	134	40		
II 60	155	5	3	
61	Brak danych	15		
II 62	314	50		Getter kółko
IX 63	331	25	50	Getter kółko
Brak danych	Brak danych	50	12	
Brak danych	Brak danych	20	20	Emisja przed regeneracją 0

W tabeli nie uwzględniono lampy firmy Tungsram – brak bliższych danych tej lampy ze względu na brak napisów. Nie uwzględniono także jednej lampy firmy Telam z przerwą żarzenia i jednej lampy tej samej firmy, która uległa uszkodzeniu w trakcie pierwszego etapu regeneracji już na etapie badania (zła próżnia przed regeneracją).

Powstają jeszcze dwa pytania:

- 1) Czy zasadne jest prowadzenia pierwszego etapu regeneracji dla lamp z wypalonym luminoforem?
- 2) Czy korzystniejsze jest dla takich lamp wygrzewanie ekranu, a potem dopiero przywracać emisję?

Próba takiej regeneracji została przeprowadzona w październiku 2022 r. dla kilku lamp EM4.

Data produkcji	Oznaczenie liczbowe na balonie	Emisja po regeneracji [%]	Emisja początkowa [%]	Uwagi
X 60	196	46	2	
XII 56	246	40	2	
X 58	576	16	2	
XI 60	198	16	2	

W tym przypadku prowadzono jedynie drugi etap regeneracji katody. Przebieg regeneracji był podobny do uprzednio opisanego, z tą różnicą, że świecenie gazu w obszarze miseczki ekranu było słabe. W procesie regeneracji po dojściu do $U_z=16,3V$ bardzo widoczny był początkowy spadek prądu anodowego. Dopiero po kilku minutach prąd ten powoli wzrastał, po czym stabilizował się. Zaobserwowano dość powolne poprawianie się próżni w formowanych lampach. Poprawa próżni bardzo wzrasta jeśli towarzyszy temu jonizacja gazów.

Pozostaje wreszcie ostatnie pytanie:

Czy podczas wygrzewania ekranu podawać podwyższone napięcie żarzenia? Jak wiadomo, przeżarzona katoda tlenkowa znacznie trudniej ulega zatruciu i takie postępowanie mogłoby korzystnie wpłynąć na uzyskany wynik regeneracji katody.

Z pewnością niedopuszczalne jest podawanie podczas wygrzewania napięć elektrody sterującej i ekranu, z uwagi na pogarszającą się próżnię w czasie wygrzewania ekranu i możliwość powstania wyładowania, ale samo podanie napięcia żarzenia nie powinno ujemnie wpływać na proces regeneracji.

Przeprowadzono więc w październiku 2022 r. próbę regeneracji 2 szt. lamp, w której najpierw podano napięcie żarzenia podnoszone stopniowo w czasie 30 s od 0 do 14V i bezpośrednio po tym indukcyjnie wygrzewano ekran. Po odparowaniu zanieczyszczeń z ekranu na powierzchnię boczną balonu utrzymywano jeszcze żarzenie przez 2 minuty, po czym przystępowano do regeneracji katody- według parametrów drugiego etapu regeneracji katody. Już przy napięciu 6,3V można było zaobserwować pewną niewielką emisję. Czas regeneracji był wyraźnie krótszy – próżnia poprawiała się dość szybko.

Data produkcji	Oznaczenie liczbowe na balonie	Emisja po regeneracji [%]	Emisja początkowa [%]	Uwagi
VII 56	D55	35	7,5	
X59	108	25	0,5	
IX59	126	33	0,5	
II58	589	48	1	
-	-	52	1	Lampa bez oznaczeń
X59	100	27	0,5	

Wydaje się, że ta ostatnia metoda daje wyniki nie gorsze niż pierwsza lub druga, a jest przy tym znacznie mniej pracochłonna.