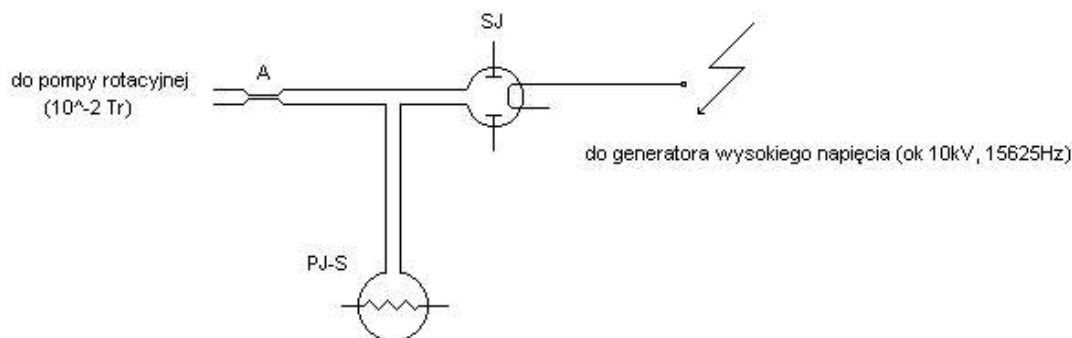


## Żarówka elektryczna jako pompa jonowo-sorpcyjna

Celem niniejszej pracy było sprawdzenie, czy i na ile skutecznie żarówka elektryczna 100W/230V może pracować jako pompa jonowo-sorpcyjna.

Celem przeprowadzenia eksperymentu zestawiono układ przedstawiony schematycznie na rys.1.



Rys.1. Schemat układu podczas pierwszej fazy eksperymentu- odpompowywanie do ciśnienia ok.  $10^{-2}$  Tr

Zastosowano sondę jonizacyjną SJ wykonaną z dwuwłóknowej żarówki samochodowej poprzez usunięcie cieńszego włókna i dotopienie rurki szklanej. Tym sposobem uzyskano sondę z żarzoną katodą, anodą i kolektorem jonów- fot.1.



fot.1. Sonda jonizacyjna z żarówki samochodowej

Pompę jonowo-sorpcyjną PJ-S uzyskano z żarówki oświetleniowej 100W/230V-fot.2.

Pompę i sondę jonizacyjną połączono razem za pomocą trójnika szklanego. Tak zestawiony układ zawierał 5 łączy.

Na wolnym odprowadzeniu trójnika wykonano przewężenie A celem późniejszego odtopienia układu w tym właśnie miejscu. Następnie układ został odpompowany do ciśnienia ok.  $10^{-2}$  Tr za pomocą pompy obrotowej. Na uwagę zasługuje zmiana atmosfery wewnątrz układu z powietrza na dwutlenek węgla. Zmianę atmosfery uzyskano poprzez umieszczenie pewnej ilości suchego lodu (zestalonego dwutlenku węgla) wewnątrz rury prowadzącej do kranu trójdrożnego przy pompie-fot.3.

W porównaniu z fot.3. zastosowano tą modyfikację, że odłączono element rury szklanej z rurką kontrolną (do wyładowań) i zamiast niej podłączono pompowany układ. Zabieg ten miał na celu zwiększyć szybkość pompowania, który-jak się niżej okaże- wypadł bardzo długi.



fot.2. Żarówka 100W/230V jako pompa jonowo-sorpcyjna



fot.3. Widok pompy i kranu (fragment układu pompowego do  $10^{-2}$  Tr)

Podczas pompowania kilkakrotnie zakręcano zawór. W tym czasie ciśnienie wewnątrz układu wzrastało, głównie wskutek sublimacji dwutlenku węgla. Następnie zawór otwierano do pompy próżniowej. Tym sposobem układ był niejako przemywany dwutlenkiem węgla. Gdy cały dwutlenek węgla zamienił się w gaz układ ostatecznie odpompowano, pozwalając na jednostajny spadek ciśnienia.

Spadek ten trwał dość długo i towarzyszyła temu zmiana charakteru obserwowanych wyładowań. Na fot.4. przedstawiono wygląd wyładowania w zatopionej żarówce w miarę spadku ciśnienia. Przy ciśnieniu ok.  $10^{-2}$  Tr występuje już tylko lekka poświata w całej objętości żarówki. Wystąpienie takiej poświaty uznano właśnie za znak, że można układ zatopić.



**fot.4. Zmiana obrazu wyładowania w bańce żarówki podczas odpompowywania dla dwutlenku węgla. Ciśnienia kolejno od lewej ok. 30Tr, ok. 1 Tr, ok  $10^{-2}$  Tr**

Pompowanie zajęło ok. 5 minut, licząc od momentu końca sublimacji dwutlenku węgla. Tak długi czas pompowania należy tłumaczyć obecnością kilkucentymetrowego przewężenia o średnicy rzędu 1 mm (oznaczonego literą A na rys.1.).

Po zatopieniu układu przeprowadzono po dziesięciu minutach próbę na szczelność-fot.5.



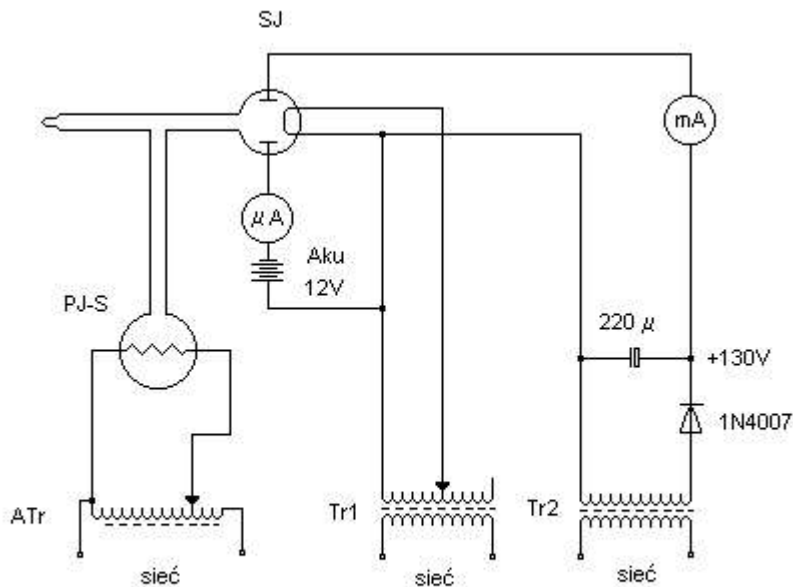
**fot.5. Próba szczelności układu**

Po stwierdzeniu, że układ jest szczelny przystąpiono do drugiej fazy eksperymentu i złożono układ wg schematu z rys.2. Autotransformator ATr 0...250V/200VA posłużył do regulacji mocy a co za tym idzie-temperatury żarnika żarówki-pompy PJ-S. Transformator Tr1 służył do regulacji temperatury katody sondy jonizacyjnej. Poprzez regulację temperatury katody wolframowej można zaś wpływać na wartość prądu elektronowego.

Transformator Tr2 stanowił źródło prądu elektronowego dla anody. Napięcie o wartości 130V było prostowane jednopółkowo za pomocą diody 1N4007 i wygładzane kondensatorem elektrolitycznym 220 mikrofardów/200V.

Natężenie prądu elektronowego było mierzone za pomocą miliamperomierza magnetoelektrycznego mA o zakresie 5 mA.

Akumulator ołowiowy o napięciu 12V ( w przybliżeniu stanowi to 10% napięcia anodowego, zalecanego w literaturze) był włączony w obwód kolektora jonów. Prąd jonowy był mierzony mikroamperomierzem magnetoelektrycznym  $\mu A$  o zakresie 100 $\mu A$ .



Rys.2. Schemat układu pomiarowego do stwierdzenia pracy żarówki jako pompy jonowo-sorpcyjnej (z możliwością sporządzenia wykresu  $p=f(t)$  )

Pierwszą czynnością, którą należało wykonać to znaleźć stałą próżniomierza jonizacyjnego. W tym celu możliwie szybko (ze względu na pompujące działanie katody próżniomierza) ustalono wartość prądu elektronowego (za pomocą Tr1)  $I_e=1,5mA$ . W tych warunkach ( $U_z=6,4V$ ,  $U_a=130V$ ,  $U_{kol}=-12V$ ) popłynął prąd jonowy  $I_j=80\mu A$ . Zakładając, że ciśnienie wynosiło  $10^{-2}$  Tr=10 mTr można wyznaczyć (a raczej w naszym przypadku oszacować) stałą próżniomierza <sup>1</sup>ze wzoru:

$$k = \frac{p \cdot I_e}{I_j} = \frac{10 [mTr] \cdot 1,5 [mA]}{80 [\mu A]} \approx 0,19 \left[ \frac{mA \cdot mTr}{\mu A} \right]$$

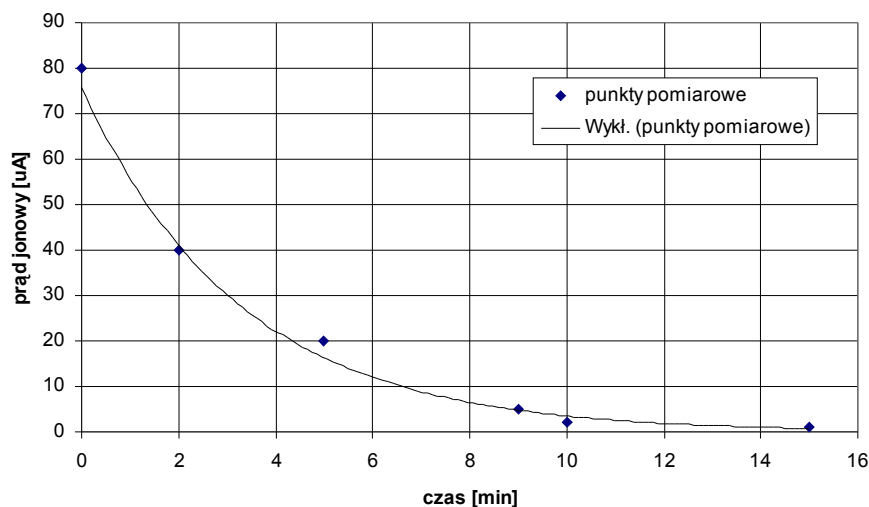
Zważywszy, że fabryczna sonda typu SJ2 ma stałą rzędu 16 mA · mTr/ $\mu A$  powyższe oszacowanie stałej takiej improwizowanej sondy z żarówki samochodowej wydaje się prawidłowe.

Po wyznaczeniu stałej próżniomierza uruchamiając pompę jonowo-sorpcyjną, zwiększając w ciągu kilku sekund napięcie, ustalając je w końcu na 180V i takie już pozostało przez cały czas trwania eksperymentu (aż prądu jonowego nie można było dalej mierzyć). Napięcie 180V wydawało się zupełnie bezpieczne (niezbyt silne świecenie żarówki), jednak na tyle duże, by zauważyć efekt pompowania. Podczas trwania eksperymentu mierzono prąd jonowy  $I_j$ , utrzymując cały czas stałe natężenie prądu elektronowego  $I_e=1,5mA$ .

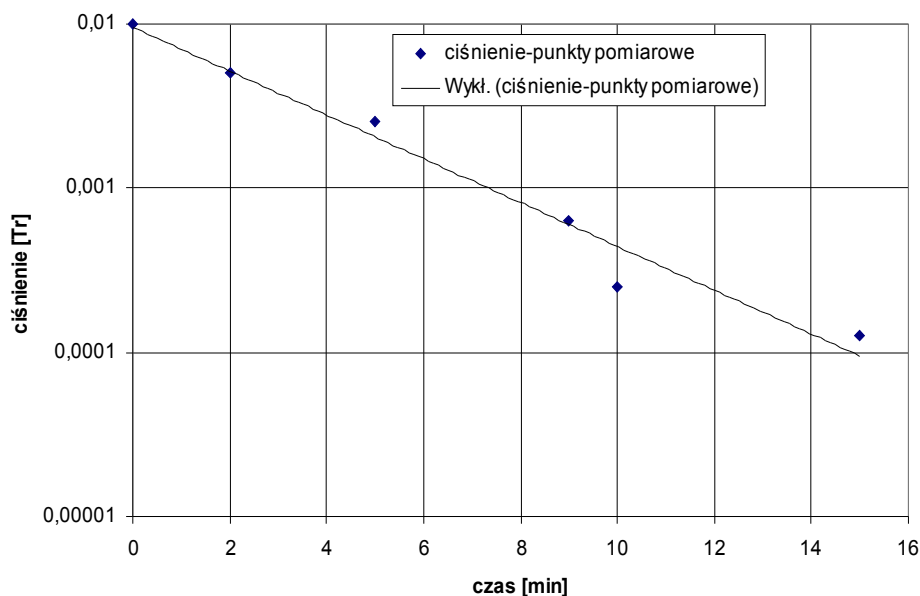
Ciśnienie w układzie można wyznaczyć po przekształceniu wzoru na stałą próżniomierza do postaci:

<sup>1</sup> Dotyczy oczywiście dwutlenku węgla

$$p[mTr] = k \frac{I_j}{I_e} \approx 0,126 I_j [\mu A]^2$$



Rys.3. Wykres zależności prądu jonowego sondy jonizacyjnej w zależności od czasu pracy pompy jonowo-sorpcyjnej



Rys.4. Zależność ciśnienia od czasu pracy pompy jonowo-sorpcyjnej (wykres logarytmiczny)

Szacowane uzyskane ciśnienie w układzie jest niższe niż  $1,3 \cdot 10^{-4}$  Tr. Jego pomiar nie był jednak możliwy, gdyż prąd jonowy był niższy niż  $1 \mu A$  i nie dało się go mierzyć posiadanymi przyrządami.

Po wyłączeniu pompy można było dostrzec (po kilkunastu minutach pracy) ciemny nalot na bańce. Jest to zapewne napyłony wolfram i molibden z doprowadzeń. Po wyłączeniu pompy dał się zauważyć także wzrost prądu jonowego do ok.  $4 \mu A$ , co oznacza wzrost ciśnienia do ok.  $5,2 \cdot 10^{-4}$  Tr.

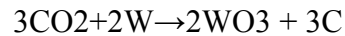
Należy sądzić, że było to spowodowane częściową desorpcją gazu.

Pompa przepracowała ok. 2 godziny, potem włókno przepaliło się.

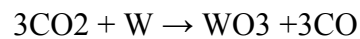
<sup>2</sup> przy  $I_e = 1,5 mA$

Za jonowo-sorpcyjnym charakterem pompowania przemawia fakt, iż włókno przepaliło się na jednym z końców a nie pośrodku. Doprowadzenia stały się błyszczące, co oznacza, że ich materiał został rozpylony. Niewątpliwie proces taki był możliwy wskutek bombardowania doprowadzeń i żarnika.

Trudno w świetle tych faktów uznać, czy możliwe jest, że za proces pompowania jest odpowiedzialna choć po części reakcja wolframu z dwutlenkiem węgla (chemisorpcja), która mogłaby przebiegać w myśl równania:



Wydaje się, że możliwe są inne reakcje, prowadzące np. do tlenku węgla:



Reakcja powyższa daje jednak z 3 moli gazowych produktów 3 mole innych gazowych produktów, co nie tłumaczy występowania pompowania.

Niemniej jednak taka prymitywna pompa z żarówki działa i jak widzimy- umożliwia w niewielkiej objętości uzyskanie ciśnienia o dwa rzędy niższego od dotychczasowego 0,01 Tr.