

# Izolatory wysokich napięć.

(por. *Mechanik* str. 216—220).

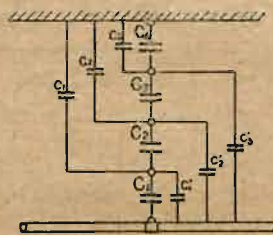
Dla większego bezpieczeństwa, np. przy przejściach ponad drogami, linjami prądu słabego i t. p. stosuje się izolatory w 2 lub nawet 3 rzędach, złączonych u dołu orczykiem ze spinką, która trzyma zacisk wisiorowy ze żłobkiem; przez żłobek przeciąga się przewód (rys 10).

Wobec tego, że każde z ogniw łańcucha bierze na siebie część ogólnego napięcia linii, przeto zwiększając napięcie zwiększamy liczbę dzwonów izolatora. Napięcie linii nie rozdziela się jednak równomiernie na wszystkie izolatory <sup>1)</sup>.

A więc trzy naprzykład izolatory wiszące nie wytrzymają napięcia trzy razy większego od napięcia poszczególnego ogniwa. Przypadające na każdy z tych izolatorów napięcie nie będzie miało takiej samej wielkości. Jeżeli napięcie linii, którą izoluje łańcuch izolatorów jest  $V$ , to przy  $n$  ogniwach w łańcuchu na każdy izolator nie będzie przypadała  $n$  — ta część na-



Rys. 10. Izolator dwurzędowy.



Rys. 11. Podział pojemności izolatorów.

pięcia. Naprzykład, przy próbie na sucho otrzymujemy przeskok iskry dla:

1 izol. przy 69 kV, t. j. średnio na 1 izol. 69 kV	
2 " " 116 " " " 1 " 58 "	
3 " " 148 " " " 1 " 49,3 "	
4 " " 173 " " " 1 " 43,3 "	
5 " " 198 " " " 1 " 39,6 "	

Przy mokrej powierzchni izolatorów przeskok nastąpi przy tym samym typie izolatorów dla:

1 izol. przy 34 kV, t. j. średnio na 1 izol. 34 kV	
2 " " 58 " " " 1 " 29 "	
3 " " 82 " " " 1 " 27,3 "	
4 " " 103 " " " 1 " 25,8 "	
5 " " 120 " " " 1 " 24 "	

Jak widać, im więcej ma łańcuch izolatorów, tem mniejsze napięcie wypada na każdy z nich.

Jeden z badaczy podaje tabelę napięć, przypadających na poszczególne dzwona łańcucha izolatorów, wyrażając je w % od napięcia równomiernie rozłożonego, to znaczy w stosunku do wartości, jakieby wypaść powinny, przy równomiernym rozdziale napięcia; liczba więc 100% oznacza, że na dany izolator wypadło napięcie równe  $V/n$ , gdzie  $V$  oznacza napięcie linii, a  $n$  liczbę ogniw w łańcuchu.

Podwyższenie napięcia, jak to można z tabelki zauważyć, jest znacznie większe w izolatorach łańcuchowych.

Liczba izolatorów	1	2	3	4	5	6	7
Łańcuch z 5-ciu izolatorów z daszkiem . . . . .	150	100	85	80	85	—	—
Łańcuch z 7-miu izolatorów z daszkiem . . . . .	200	130	95	80	60	60	75
Łańcuch z 7-miu izolatorów łańcuchowych . . . . .	330	125	75	50	40	35	45
Łańcuch z 1 izolatora talerzowego i 6 izol. łańc. . . . .	330	180	70	45	30	25	35
Łańcuch z 2 izol. talerz. i 5 izol. łańcuchowych . . . . .	250	135	110	70	50	40	40

Nierównomierny podział napięcia na poszczególne dzwony łańcucha tłumaczy się tem, że izolatory mają pojemność:

- $C_1, C_2, C_3 \dots$  względem siebie
- $c_1, c_2, c_3 \dots$  względem słupa, czyli ziemi
- $c'_1, c'_2, c'_3 \dots$  względem przewodu:

rys. 11, a prąd pojemnościowy dzieli się nierównomiernie na poszczególne izolatory. Największy prąd idzie przez izolator najbliższy do przewodu, wobec tego tam jest największa różnica napięć. Im mniejsza pojemność względem słupa  $c$  i im większa pojemność względem innych izolatorów  $C$ , to znaczy, im mniejszy stosunek  $\frac{c}{C}$ , tem bardziej równomierny jest rozdział napięć w łańcuchu.

Wobec tego, że działanie pojemności względem przewodu skierowane jest w stronę przeciwną, niż działanie pojemności względem ziemi otrzymujemy, jak to widać z tabeli, podwyższenie napięcia na ostatnich od przewodu dzwonach. To ostatnie działanie jest jednak słabsze, niż pierwsze (względem ziemi).

Stosunek  $\frac{c}{C}$  może być zmniejszony przez zwiększenie odstepu łańcucha od masztu, co zmniejsza pojemność  $c$ , jak również przez zwiększenie pojemności poszczególnych dzwonów  $C$ , czy to przez zmniejszenie grubości porcelany izolatora, czy przez nakładanie na izolatory daszków metalowych. Polepszenie w podziale napięcia może też być osiągnięte przez stopniowanie izolatorów, stosując bliżej przewodu izolatory o pojemności większej. Jedna z linii elektrycznych w Szwecji ma izolatory o pojemności stopniowanej w ten sposób, że 3 górne mają pojemności po 25 cm, 2 następne po 30 cm, a ostatni 40 cm.

Pewien łańcuch izolatorów, który dawał podział napięcia taki, że licząc od przewodu wypadło

na 1 izolator 28 kV	na 4 izolatory 10,5 kV
" 2 " 19 "	" 5 " 8 "
" 3 " 14 "	" 6 " 6 "

po zastosowaniu stopniowania izolatorów na 2 grupy różnej pojemności wykazał rozdział napięcia:

na 1-szy izolator 22 kV	} pojemność większa
" 2-gi " 20 "	
" 3-ci " 18 "	
" 4-ty " 14 "	
" 5-ty " 11 "	} pojemność mniejsza
" 6-ty " 7 "	

<sup>1)</sup> p. *Przegląd Elektrotechniczny* 1921, № 22, K. Drewnowski — O wytrzymałości elektrycznej.



Jak widzimy podział napięcia jest znacznie równomierniejszy.

Nierównomierny podział napięcia szkodliwy jest dlatego, że najbliższy od przewodu izolator może otrzymać tak wysokie napięcie, że nie będzie w stanie go wytrzymać i zostanie przebity, wtedy ogólny stan izolacji przewodu pogorszy się, bo to samo napięcie będzie się musiało rozdzielić na ilość izolatorów o 1 mniejszą, co postawi te izolatory w jeszcze cięższe warunki pracy.

Charakterystyczne jest, że począwszy od 5 ogni w łańcuchu wypada zawsze około 30% całego napięcia na izolator najbliższy od przewodu, tak że wreszcie dochodzimy do naprężenia tego izolatora poniżej dopuszczalnego stopnia bezpieczeństwa.

Dla napięcia 150 kV wystarczą 7 wiszących izolatorów talerzowych.

*Izolatory odciągowe*, są odmianą izolatorów wiszących. Stosuje się je do słupów odporowych i narożnych, gdzie przewód szczególnie napręża słup na zginanie. Pod wpływem sił ciągnących znajdują się one w pozycji nie pionowej, jak wiszące, lecz w skośnej. Z tego powodu są one bardziej od wiszących narażone na zamoczenie dolnych części. Wyładowania powierzchniowe powstają w nich wcześniej. Stąd kształt ich jest tego rodzaju, aby woda łatwo z nich spływała i nie ułatwiała przeskoku iskry. Stąd też liczba takich izolatorów przypadająca na łańcuch jest zwykle od 1—2 większa, niż wiszących przy tem samym napięciu.

Dla większego bezpieczeństwa stosuje się też izolatory odciągowe dwu a nawet trójrzędowe. W takich izolatorach trzony w dzwonach łączy się zapomocą spinek z orczykiem, orczyk zaś łączy się z zaciskiem odciągowym za pośrednictwem uszaka podwójnego—rys. 12.

#### 4. IZOLATORY PRZEPUSTOWE I WSPORCZE.

Do przeprowadzenia przewodu przez ścianę, osłonę transformatora i t. p. służą *izolatory przepustowe*.

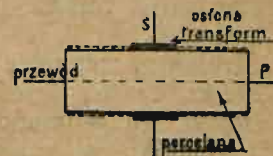
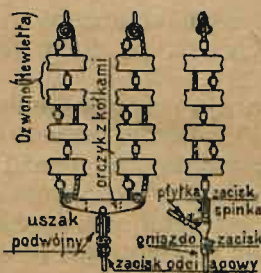
W takich izolatorach nowoczesnych nie spotykamy już rowków, tworzących dłuższą drogę wyładowań powierzchniowych, charakteryzujących dawniejsze izolatory przepustowe i wsporcze. Powierzchnia ich jest prawie gładka, w kształcie stożków ściętych, o stosunkowo cieniwej warstwie powierzchniowej z porcelany i wewnątrz z masy izolacyjnej, posiadającej małą wartość stałej dielektrycznej, lub wprost pustych w środku, t. j. wypełnionych powietrzem. Porcelana stanowi tu tylko osłonę mechaniczną.

Izolator przepustowy stanowi układ pojemnościowy (rys. 13), którego jedną elektrodą (okładziną) jest przewód P, drugą — ściana metalowa S dielektrykiem izolator. Słabo przewodząca (zanieczyszczona) powierzchnia izolatora bierze również udział w rozdziale napięcia na izolatorze, tak że możemy ją sobie wyobrazić jako zbiór elementarnych elektrod (rys. 14), stanowiących okładziny elementarnych kondensatorów z przewodem jako drugą okładziną; okładziny pierwsze są połączone ze sobą równolegle dużym oporem powierzchniowym. Prąd ładujący płynie z przewodu przez kondensatory, a następnie przez opór powierzchniowy R do osłony transformatora, względnie ziemi, powodując większe spadki napięcia bliżej osłony, gdzie też rzeczywiście występują największe naprężenia i wyładowania powierzchniowe, najwcześniej występując pod skówką.

Im większa jest pojemność kondensatorów, tem większe są prądy pojemnościowe i tem wcześniejsze

wyładowanie powierzchniowe. Dla uniknięcia ich zaleca się zmniejszenie pojemności przez stosowanie materiałów izolacyjnych o małej stałej dielektrycznej.

Im stała dielektryczna mniejsza, tem mniejsze są wyładowania powierzchniowe. Ponieważ, im bliżej do ziemi tem większe są prądy pojemnościowe, wnioskujemy o pewnej analogji tego układu kondensatorowego, który mamy w izolatorze przepustowym, z tym, któryśmy poznali w łańcuchu izolatorów.



Rys. 12. Izolator odciągowy. Rys. 13. Układ izolatora przepustowego.

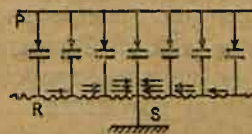
Na tych rozważaniach oparta jest teoria i budowa izolatorów przepustowych i wsporczych, znana pod nazwą teorii Kuhlmana, profesora Politechniki w Zurychu<sup>1)</sup>.

Jego izolatory przepustowe mają kształt dwóch odwróconych stożków porcelanowych, wydrążonych i zapełnionych masą izolacyjną o małej stałej dielektrycznej (rys. 15). Taki izolator np. na 77 kV, ma średnicę 20,5 cm. i długość 89 cm.

Kształt izolatorów przepustowych bardzo oryginalnie rozwiązuje Nagel (Siemens-Schuckert) (rys. 16). Warstwy izolacyjne składają się z materiału o jaknajmniejszej stałej dielektrycznej. Okładzinę tworzy cynfolja. Dla zrównania pojemności wszystkich kondensatorów robi się je o jednakowej powierzchni, to znaczy że we wszystkich kondensatorach

$$ld = l_1 d_1 = l_2 d_2.$$

i t. d. gdzie l jest długością a d średnicą kondensatora elementarnego.



Rys. 14. Układ powierzchni izolatora przepustowego Rys. 15. Izolator Kuhlmana

Przez to że okładziny poszczególnych kondensatorów, tworzących izolator przepustowy, dochodzą aż do powierzchni izolatora, a między nimi panują jednakowe napięcia, mamy i równomierne rozłożenie napięć wzdłuż powierzchni izolatora. Przez dobór dostatecznie dużych odstępów między krawędziami

<sup>1)</sup> Nieznana jest zapewne szerszemu ogółowi elektryków ta okoliczność, że podstawą tej teorii były poglądy profesora Mościckiego, który je udzielił prof. Kuhlmanowi, gdy ten zwiedzał jego pracownię we Fryburgu.



okładzin, ewentualnie przez nasadzenie na okładziny pierścieni metalowych, możemy zapewnić sobie dostateczną wytrzymałość na wyładowanie powierzchniowe. Dostateczna ilość warstw kondensatorowych zabezpiecza izolatory od przebicia.

W izolatorze przepustowym typu kondensatorowego zatem, długość jego jest uwarunkowana napięciem przeskoku, a średnica napięciem przebicia. Izolatory przepustowe takiego typu, budowane dla napięć do 500 kV, mają długość 3—4 m, a średnicę 40—50 cm.

Dla podtrzymywania szyn zbiorczych, odłączników, cewek indukcyjnych i t. p., służą izolatory *wsporcze*.

Izolatory *wsporcze* bywają rowkowane i gładkie, w środku próżne (rys. 17). Wydrążenie w środku zmniejsza ich pojemność, zmniejsza jednak także wytrzymałość mechaniczną. Ich wytrzymałość mechaniczna jest jednak dostatecznie duża, aby izolatory te mogły wytrzymać występujące przy zwarciach naprężenia. Wymagania elektryczne dla tych izolatorów są takie same jak dla izolatorów innych. Nie powinno się jednak dla izolatorów do szyn zbiorczych stosować niższych wymagań pod względem elektrycznym, jak dla izolatorów do odłączników, gdyż przeskoczek tych ostatnich stanowi zarazem zwarcie szyn zbiorczych.



Rys. 16. Izolator Nagela. Rys. 17. Izolator *wsporczy*.

## 5. WYRÓB IZOLATORÓW PORCELANOWYCH.

Masa służąca do wyrobu izolatorów porcelanowych składa się, jak wyżej powiedziano — z 3 głównych składników: koality, kwarcu i skalenia<sup>1)</sup>, tworzących mieszaninę doskonale sproszkowaną. Rozrobiwszy ją wodą na rzadko, przepuszcza się obok magnesów celem wyłowienia ciał żelaznych i przez sита celem usunięcia zanieczyszczeń i t. p., poczem zapomocą pras wyciska się wodę i otrzymuje masę, która po odleżeniu w ciągu pewnego czasu w piwnicy, staje się plastyczną. Taką masę poddaje się następnie działaniu maszyn przerabiających (mięszących) i wałkujących, aby wypędzić z niej powietrze.

Kształt nadaje się izolatorowi albo tocząc go zapomocą szablonów na obracającej się tarczy garncarskiej, albo odlewając w gipsowych formach, po uprzednim rozrobieniu masy wodą.

Pierwszy sposób daje przedmiotom większą wytrzymałość, bo przez uciskanie masy staje się ona bardziej spoiłą.

Drobniejsze przedmioty porcelanowe można wyciskać zapomocą pras.

Uformowane izolatory suszą się powoli i równomiernie, poczem pociągają się je glazurą i ustawiają do pieca gdzie się je wypala przy temperaturze 1400—1500° C., ogrzewając je stopniowo, a potem ostudzając. Cały proces wypalania trwa kilkadzie-

siat godzin. W piecach stoją przedmioty na trzonach szamotowych.

Przedmioty porcelanowe po wypaleniu zmniejszają objętość około 20%. Po wystudzeniu czyści się je i sortuje.

Staranność wyrobu i wypalenia jest pierwszym czynnikiem, warunkującym dobroć izolatora. Fabryki mają tu swe sposoby wypróbowane, których zazdrośnie strzegą.

## 6. PRÓBY IZOLATORÓW.

W ostatnich latach technika wyrobu izolatorów postąpiła ogromnie naprzód, lecz ciągle jest jeszcze w rozwoju, gdyż życie stawia jej coraz nowsze, ostrzejsze warunki, byle tylko zapewnić spokojny ruch urządzeń elektrycznych, gdzie izolatory są jednym z najważniejszych czynników.

Izolatory wysokich napięć muszą być szczególnie starannie wyrabiane i sprawdzane, czy warunkom, do jakich są przeznaczone, odpowiedzą.

Szczególnie ważny jest dobór dostatecznie dużego stopnia bezpieczeństwa.

Normy niemieckie V. d. E. (Związku Niemieckich Elektrotechników) z roku 1920 zalecają, np. dla izolatorów stojących stopień bezpieczeństwa  $K_z$ , gdzie:

$$K_z = \frac{\text{napięcie przeskoku na mokro}}{\text{napięcie robocze}}$$

dla napięć roboczych:

do 6 kV	$K_z = 7,6$	do 25 kV	$K_z = 3,0$
„ 10 „	„ 5,3	„ 35 „	„ 2,8
„ 15 „	„ 4,0		

Dla izolatorów przepustowych W. Peterson zaleca (1920 r.) stopień bezpieczeństwa przy napięciach roboczych:

12 kV	$K_z = 5$	50 kV	$K_z = 2,8$
35 „	3	wyżej 50 „	2,3

Dla sprawdzenia tego, oraz innych warunków należy poddawać izolatory próbom i to tak gotowe, jak i podczas fabrykacji.

W różnych państwach mamy różnorodne przepisy w tym kierunku. Naogół próby są następujące:

I. *Próba typowa*, mająca na celu sprawdzenie, czy gotowe izolatory odpowiadają wszelkim warunkom przepisany danemu typowi. poddaje się jej pewien procent (ok. ¼%) całej dostawy. Składa się ona z następujących prób:

1) *Próba elektryczna na przebicie*. Odbywa się w powietrzu lub w oleju; rozpoczynając od około ¾ napięcia przeskoku, zwiększa się napięcie aż do przebicia izolatora; napięcie przebicia ma być nie niższe od 1.3—1.5—2 razy napięcia przeskoku (zależnie od przepisów).

2. *Próba mechaniczna na zginanie izolatorów stojących względnie rozerwanie wiszących i odciągowych* — odbywa się na całkowicie zmontowanych izolatorach (trzony, kołpaki, linki). Izolatory stojące muszą wytrzymać 1000—2500 kg, wiszące 1500 do 2500 kg., odciągowe 3000—4500 kg.

3. *Próba cieplna* — ma na celu zbadanie wytrzymałości na zmiany temperatury otoczenia; izolator zanurza się parokrotnie naprzemian do zimnej (15° C.) i gorącej wody (90° C.) tak, aby dokładnie nagrzał się. Po tej próbie musi izolator wytrzymać próbę na przeskoczek.

<sup>1)</sup> Feldspat.



4. Próba wsiąkliwości — ma wykazać hygroskopijność materiału; zanurzamy izolator do wody i ważymy przyrost jego ciężaru; pobyt w wodzie przez 24 godziny nie powinien wpłynąć ujemnie na wytrzymałość elektryczną ani mechaniczną. O wsiąkliwości można się przekonać także robiąc znak atramentem lub tym podobnym na przełomie porcelany, o ile plyn wsiąka trwale, jest to do pewnego stopnia oznaką hygroskopijności.

II. Próba wyrobu ma na celu zbadanie dobroci każdego izolatora podczas wyrobu. Poddaje się jej poszczególne części (klosze) izolatorowe, względnie cały izolator. Próbę stanowią:

1) Oględziny zewnętrzne co do budowy, stanu glazury, wymiarów i t. p.

2) Próba elektryczna na przeskok. Kilkadziesiąt izolatorów poddaje się równomiernemu działaniu napięcia o normalnej częstotliwości, zwiększanemu

stopniowo, aż okażą się na poszczególnych izolatorach przeskoki iskier. Czas trwania próby w różnych przepisach jest różny, wahając się od 1 do 15 minut. Tak samo różne jest położenie izolatora przy próbie: jedni próbują go w pozycji naturalnej, inni przekręcają go o 180° pogrążając główkę izolatora do wody. Próba na przeskok odbywa się przy powierzchni izolatora suchej, względnie oblewanej wodą; w pierwszym przypadku napięcie przeskoku bywa 3 do 4 razy wyższe w drugim zaś 2 do 3 razy wyższe od napięcia roboczego.

Według przepisów niemieckich (1922 r.) izolatory łańcuchowe średnicy 170 mm rozpoczyna się badać pod napięciem 40 kV, a o średnicy 220 mm pod 60 kV.

Dotąd przepisy dla próbowania izolatorów stosowane z różnych państw, różnią się od siebie w wielu szczegółach. Przepisy probiercze są prawie jednakowe dla wszystkich typów izolatorów.

Inż. TADEUSZ GAYCZAK, Lwów.

## O elektrycznym spawaniu łukowym<sup>2)</sup>.

Wyniki te znalazły potwierdzenie w warsztatach kolei lwowskich, w których pracuje obecnie 6 spawaczy elektrycznych i 6 spawaczy acetylenowych. Szczegółowy opis każdej roboty (premijowanej w obu oddziałach) wykazał z wystarczającą dokładnością, że:

1. Spawacz elektryczny pracuje 3 razy prędzej od spawacza acetylenowego,
2. że koszta prądu na jednostkę pracy są znacznie niższe od ceny tlenu i karbidu,
3. że wyższe koszta drutów powleczonych pokrywają się w zupełności oszczędnością na robociznie, tlenie i acetylenie.

Przeprowadzono we Lwowie umyślnie (coprawda nie laboratoryjne) próby szybkości spawania i zapisywano ilości zużytego prądu względnie tlenu i karbidu.

Spawacz acetylenowy (dobry), pod dozorem, na spojenie wyciętych odpowiednio 2 blach 13 m/m grubości i 305 mm długości zużył 33 min. tlenu 520 l i 3.5 kg. karbidu, przyczem przetopił 1 kg. drutu.

Spawacz elektryczny w ciągu 13 minut spoił 2 blachy 13 m/m grubości na długości 305 m/m, przyczem zużyto 0.3 kg. drutu.

Spawacz elektryczny amerykański wykonał podobną próbę, polegającą na spojeniu szwu długości 1524 m/m w blasze 12.7 m/m w ciągu godziny.

Jeżeli przyjąć, że zużycie prądu spawalniczy wynosi:  $\frac{20 V \times 150 A}{1000 \cdot 0.5} = 6$  kilowatogodzin, przy współ-

czynniku spawalniczy = 0,5 i licząc<sup>1)</sup> za 1 godzinę pracy spawacza wraz z pomocnikiem w obu wypadkach . . . . . 1500 M.  
 Koszt 1 kWh (kilowatogodziny) . . . . . 600 M.  
 Koszt 1 m<sup>3</sup> tlenu (bez transp. i strat) . . . . . 3500 M.  
 Koszt 1 kg karbidu . . . . . 800 M.  
 Koszt 1 kg drutu powleczonego . . . . . 4000 M.  
 Koszt 1 kg drutu niepowl. do acetyleny . . . . . 1000 M.

koszty 0,305 m szwu elektrycznego wyniosą:

- a) robocizna:  $\frac{1500}{60} \cdot 13 \dots = 325 M.$
- b) prąd:  $\frac{6 \cdot 13}{60} kWh \times 600 M. = 780 M.$
- c) 0,3 kg drutu po 4000 M. . . . . = 1200 M.  
 2305 M.

<sup>1)</sup> Tylko dla porównania, gdyż ceny są zmienne (przyp. Red.)

<sup>2)</sup> Por. *Mechanik* str. 195—197 i 220—223.

W pierwszych rozdziałach niniejszego artykułu poprawić należy następujące omyłki druku:

str.	łam	wiersz	zamiast	powinno być
196	lewy	19	wogóle naczyń	wogóle spawanie naczyń
196	lewy	34	konieczność	konieczność
196	lewy	40	Rrzecz	Rzecz
196	lewy	40	zawsze	na razie
196	prawy	40	wózki i t. d.	wózki, druty i t. d.
196	prawy	44	napięcie i natężenie	natężenie
196	prawy	45	ijej uzwojeniach bez	bez
196	prawy	46	włączania oporników,	włączania dodatkowych oporników
196	prawy	46 i 47	wytwarzając możliwie niskie napięcie.	—
197	lewy	14	prąd	aparat
197	lewy	15	20—60 woltach	35—60 woltach
197	lewy	16 i 17	Jednym aparatem wykonać można ograniczoną ilość spawad	wydajność spawacza jest ograniczona
197	prawy	3	dla różnych	do różnych
197	prawy	5	enrobés	enrobés
197	prawy	33	do robót	nadają się do robót
220	lewy	8	łukiem o napięciu	o napięciu na łuku
221	lewy	9	do nakładania	oraz do nakładania
221	lewy	30	do tego	od tego
221	lewy	47	do padnie	odpadnie
221	prawy	ostatni	wytrzymałości nałożonej	wytrzymałości nieustępuje łacie nałożonej
222	lewy	14	w nich	z nich
223	lewy	4—5	niepreparowanych bez rozbiórki.	niepreparowanych