



0007:1

0008:1

0009:1

0010:1

0011:1

0012:1

0013:1

0014:1

0015:1

OBJAŚNIENIE PROJEKTU

inżyniera W. H. Lindley'a

zaopatrzenia miasta Warszawy w energię elektryczną.¹⁾

Projekt składa się z następujących części:

- | | |
|--|-----------|
| 1. Plan sytuacyjny, na którym wskazane są różne miejsca proponowane dla stacyj centralnych | 1 : 16800 |
| 2 ^a . Plan sytuacyjny stacyi centralnej na Koszykach jako 1-sza propozycja | 1 : 250 |
| 2 ^b , 2 ^c , 2 ^d . Różne propozycye zmian, możliwych w tych warunkach. | |
| 2 ^e . Plan sytuacyjny stacyi centralnej na Powązkach, jako osobna propozycja w 4-ch możliwych odmianach N-ra 1, 2, 2 ^a , 3 | 1 : 2500 |
| 3. Ogólny plan poglądowy z wskazaniem głównych przewodników zasilających i głównych punktów zasilających, jako też podziału miasta na okręgi, zasilane energią elektryczną | 1 : 16800 |
| 3 ^a . Plan przewodników pomocniczych, jako też przewodników wyrównywających | 1 : 16800 |
| 3 ^b . Plan podziału okręgów zasilanych na dwie części, w zastosowaniu do tablicy rozdzielowej dla głównych przewodników (Kabel-Schaltbrett) | 1 : 16800 |
| 4. Plan zasilania energią elektryczną całego dotychczasowego obszaru miasta zapomocą przewodników drugorzędnych (Secundärnetz) | 1 : 5000 |

¹⁾ Korzystamy chętnie z udzielonego nam uprzejmie referatu inżyniera Lindley'a, nie przesadzając bynajmniej, czy i o ile, zdaniem kompetentnych, a głównie wydziału budowlanego miejskiego, rozwiązanie zadania, które autorowi poruczono, okaże się zadawalniacem, i czy nie wypadnie przyznać wyższości projektowi dawniej przez wydział budowlany sporządzonemu. Każda ocena bezstronna, obiektywna a racjonalna, znajdzie właściwe miejsce na łamach naszego pisma. (Przypisek Redakcyi).

628.9(438)(M-KA)

DAR RODZINY
SP. ARCH. KAZIMIERZA LOEWEGO

- 4^a. Plan sieci pierwszorzędných przewodników i transformatorów.
- 4^b. Plan sieci pomocniczych przewodników zasilających i wyrównywujących, jako też głównych punktów zasilających i wyrównywujących 1 : 5000
5. Plan dzielnic miasta i ulic, które mają być najpierw zaopatrzone w energię elektryczną, ze wskazaniem przewodników rozprzewadzających prąd i węzłów sieci drugorzędnych, jako też miejsc dla transformatorów 1 : 2500
- 5^a. Plan przewodników pierwszorzędných, jako też węzłów sieci pierwszorzędnej łącznie z transformatorami 1 : 2500
- 5^b. Plan sieci przewodników zasilających, pomocniczych i wyrównywujących, jako też punktów głównych zasilających i wyrównywujących 1 : 2500
6. Plan sytuacyjny stacyi centralnej, z wskazaniem budynków, z umieszczeniem i rozstawieniem maszyn i kotłów, potrzebnych do urządzeń w pierwszym okresie, z uwzględnieniem dalszego rozwoju 1 : 250
- 6^a. Plan stacyi centralnej z turbinami parowymi jako maszynami rezerwowymi 1 : 250
7. Przekięcie poprzeczne stacyi centralnej 1 : 100
8. Przekięcie podłużne stacyi centralnej 1 : 100
9. Kamera podziemna z transformatorami 1 : 10
10. Punkt wyrównywający, umieszczony w kiosku na powierzchni ulicy 1 : 10
11. Stacya przemiany prądu z baterią buforową do zasilania tramwajów elektrycznych 1 : 50
12. Schemat rozdziału prądu dla całkowitego urządzenia i dla stacyi przemiany prądów.
13. Przedstawienie schematyczne systemu rozdziału prądu.
14. Porównanie graficzne kosztów wytwarzania prądu, przy użyciu parowych maszyn i turbin parowych.
15. Tablice i obliczenia I do XV.
16. Kosztorysy wykonania całego urządzenia w pierwszym i drugim okresie rozwoju, jako też koszty rocznych wydatków i dochodów.

I.

Zasady ogólne i system.

Zadanie urzędów elektrycznych. Zadanie urządzeń elektrycznych polega na dostarczeniu energii elektrycznej:

- a) do oświetlania budynków rządowych i miejskich, gmachów użyteczności publicznej, teatrów, restauracyj, sklepów, mieszkań i t. p.;
- b) do poruszania motorów w fabrykach, warsztatach i prywatnych zakładach przemysłu drobnego;
- c) do oświetlania ulic i placów publicznych miejskich;
- d) do różnych specjalnych celów eksploatacji miasta i nareszcie, przypuszczalnie

e) do poruszania tramwajów miejskich, bądź to pośrednio bądź też bezpośrednio.

System. Zadanie to daje się rozwiązać według kilku rozmaitych systemów, a mianowicie:

a) przez dostarczanie prądu stałego o niskim napięciu (Gleichström) i bezpośrednio zasilanie tym prądem;

b) przez wytwarzanie prądu stałego, z zastosowaniem pewnej liczby stacji oddziałowych z akumulatorami, bezpośrednio zasilanymi prądem stałym, wytwarzanym w stacji centralnej;

c) przez dostarczanie prądu stałego, z zastosowaniem stacji oddziałowych, przemieniających prąd zmienny na prąd stały wraz z akumulatorami, zasilanymi z jednej stacji centralnej prądem zmiennym.

d) przez dostarczanie bezpośrednio prądu zmiennego, a mianowicie prądu jednofazowego albo wielofazowego, z zastosowaniem transformatorów.

Konieczność zaprowadzenia urządzeń elektrycznych. Potrzeba posiadania energii elektrycznej dla różnych celów, po cenie możliwie niskiej, daje się odczuwać w Warszawie od lat kilku coraz więcej i zmusza do odpowiedniego jej zaspokojenia, tem bardziej, że potrzebie tej już od wielu lat zadość uczyniono w innych dużych miastach Europy.

Po zaprowadzeniu urządzeń kanalizacyjnych i wodociagowych, zaczęto doprowadzać do porządku i układać nowe chodniki i bruki. Tę pracę powinno właściwie, w miarę możliwości, poprzedzić ułożenie przewodników dla elektryczności. Dla sklepów urządzenia elektryczne stają się coraz bardziej niezbędnymi; dla drobnego przemysłu woda jako motor jest za droga, a gaz często niedogodny i niebezpieczny; motor zaś elektryczny jest najodpowiedniejszy. Dla wielu gmachów publicznych i miejskich, teatrów i t. p., dla których zaprowadzenie samodzielnych urządzeń jest niedogodne i zbyt drogie. Pożądane rozwiązanie kwestyi gazu i tramwajów, zawarunkowane jest poprzedniem powstaniem wielkich urządzeń elektrycznych o odpowiedniej sprawności, których wybudowanie staje się bardzo ważnem i pilnem zadaniem zarządu miasta.

Obszar zasilany. Jako podstawa niniejszego projektu nie może być wzięty pod uwagę obszar, jaki miasto obecnie zajmuje, ale uwzględnić należy jego rozwój w przyszłości, na podstawie danych z lat ostatnich.

Ludność miasta powiększa się znacznie; przekroczyła ona już obecnie $\frac{2}{3}$ miliona, i należy się spodziewać, że niebawem osiągnie całego miliona. Puste place w środku miasta zabudowują się coraz bardziej, a ruch budowlany rozszerza się na krańcach miasta a nawet na pobliską okolicę.

Domy mieszkalne tworzą w południowej stronie miasta całe dzielnice; fabryki i biura grupują się na południo-zachodzie, około dworca dr. żel. Warsz.-Wied., a także w dolnej części miasta. Praga tworzy dalszy teren dla przemysłu, korzystającego z dworców dróg żelaznych prawego brzegu. Na zachód pomiędzy ul. Przedokopową a drogą Obwodową daje się również zauważyć bardzo ożywiony ruch budowlany.

Zasilanie z jednej lub z kilku stacji centralnych. Obszar mający być zasilany elektrycznością, rozciąga się zatem od południowej granicy miasta, aż do kolei Obwodowej na północ i na w tym kierunku promień 6 km, w kierunku od wschodu na zachód dosięga 7—8 km.

Zasilanie takiego obszaru z jednej stacji centralnej, wytwarzającej prąd stały jest stanowczo wykluczone. Ponieważ wielka liczba bardzo poważnych odbiorców energii elektrycznej jest rozsiana po całym mieście aż do jego krań-

ców, przeto byłoby błędem tworzyć, tylko z uwagi na śródmieście, jedną stację centralną, wytwarzającą prąd stały. Zasilanie całego obszaru zapomocą kilku odpowiednio rozmieszczonych stacji centralnych, wytwarzających prąd stały, musi być również wyłączone. Sporadyczne rozłożenie zapotrzebowań, jakie w najbliższej przyszłości się okażą, jako też okoliczność, że energia elektryczna może być potrzebną w różnych dowolnych punktach miasta, sprawia, iż zasilanie zapomocą pojedynczych stacji centralnych o prądzie stałym byłoby droższe, a przytem nabywanie odpowiednich posesyj mogłoby natrafić na wielkie trudności. Zaopatrzenie pojedynczych tych stacji w śródmieściu w wodę do kondensacyi jest wprost wyłączone. Dowóz węgla w różnych dzielnicach miasta byłby połączony z wieloma niedogodnościami. Dlatego sposób ten zasilania usuwa się po za obręb bliższego rozpatrywania, a natomiast musi być wzięte pod szczególną rozwagę zasilanie z jednej stacji centralnej bądź to prądem stałym, z zastosowaniem stacji oddziaływych, bądź to prądem zmiennym.

Zasilanie przez stacje oddziaływych z akumulatorami. Przy zasilaniu zapomocą stacji oddziaływych z akumulatorami, któreby były odpowiednio rozmieszczone po mieście, nie nadaje się również zastosowanie bezpośrednie prądów stałych, z powodu wielkich odległości, jakie musiałyby być w takim razie przezyciężone ze stacji centralnej.

Z różnych sposobów zasilania prądem o niskiem napięciu może być tylko ten uwzględniony, przy którym stacja centralna wytwarza prąd zmienny o wysokiem napięciu, a stacje oddziaływych przemieniają go w prąd stały o niskiem napięciu i następnie wprost lub przez akumulatory, jako zbiorniki, doprowadzają do sieci miejskiej.

Zalety zasilania prądem o niskiem napięciu z akumulatorami. System prądów stałych z akumulatorami, które działają podobnie jak zbiorniki wodociągowe, przedstawia większe bezpieczeństwo dla eksploatacyi przy pewnych innych swych dodatnich stronach; zastosowane napięcie jest niższe, akumulator służy jako zbiornik i czyni zasilanie, przynajmniej na pewien czas, do pewnego stopnia niezależnem od bezpośredniego działania maszyn, a więcej równomiernie obciążenie maszyn na stacji centralnej, daje możność lepszego ich wyzyskania; z tego to powodu koszt urządzenia może być mniejszy a eksploatacyja korzystniejszą.

Porównanie prądu zmiennego z prądem stałym o niskiem napięciu. Dla światła żarowego obojętnem jest, czy używamy prądu zmiennego czy stałego. Dla motorów oba te prądy mogą również być uważane jako jednowartościowe. Wprawdzie motory do prądu stałego mają dla pewnych celów, np. dla wind niejaką przewagę nad motorami do prądu zmiennego, a to z powodu swej dużej sily pociągowej przy ruszaniu z miejsca, to jednak motory do prądu zmiennego mają pod innymi względami wyższość nad motorami do prądu stałego. Jako taką należy przedewszystkiem uważać zbyteczność komutatora czyli zwrotnika prądu, szczotek i wszelkich części, które trzeba nastawiać i regulować, oprócz przyrządu do włączania czyli do puszczenia w ruch. Ta zaleta, ujawniająca się w większości wypadków, wyrównywa z dużą korzyścią pewne małe usterki widoczne w niektórych specjalnych wypadkach.

W zastosowaniu do lamp łukowych prąd stały jest poniekąd odpowiedniejszy aniżeli prąd zmienny, t. j. ta sama energia w lampie łukowej daje większą sily światła przy prądzie stałym aniżeli przy prądzie zmiennym; jednakże część tej przewagi lamp łukowych o prądzie stałym zatracą się przez opór w łączniku wyrównywającym.

Z drugiej strony lampy łukowe przy prądzie zmiennym, z zastosowaniem małych transformatorów, mogą być łatwo włączane i wyłączane a równomierne rozkładanie się światła do góry i na dół, charakteryzujące te lampy, nie należy uważać bynajmniej jako złą stronę przy oświetlaniu lokali użyteczności publicznej, sklepów i t. p.

Te obydwa rodzaje prądów mogą więc być z jednakową korzyścią użyte do różnych celów ogólnych, tak do oświetlania jako też do poruszania motorów.

Tramwaje elektryczne. Ze względu na zastosowanie prądu do poruszania tramwajów, można również uważać za rzecz obojętną, czy w mającej powstać stacji centralnej będzie wytwarzany prąd zmienny czy też prąd stały. Do poruszania tramwajów potrzebny jest prąd stały o napięciu 550 do 600 volt; wspólne dostarczanie prądu o takim napięciu dla światła i tramwajów należy wyłączyć. Gdyby się więc zdecydowano na zastosowanie prądu stałego dla rozprowadzenia go z pojedynczych, oddziałowych stacji, wówczas nie możnaby myśleć o równoczesnem zastosowaniu energii elektrycznej do celów oświetlania i poruszania tramwajów. W takim razie należałoby zawsze na oddziałowych stacjach lub na stacji centralnej ustawiać oddzielne maszyny do wytwarzania prądu stałego o napięciu 550 do 600 volt do zasilania tramwajów. Może to być jednakowo przeprowadzone, bez względu na to, czy inny okręg jest zasilany z oddziałowych stacji prądem stałym, czy też wprost ze stacji centralnej prądem zmiennym, za pomocą transformatorów. Z tego wynika, iż wybór rodzaju prądu, jaki ma być po mieście rozprowadzony, nie przesądza z góry kwestyi eksploatacji tramwajów. Przeciwnie, rozwój sieci tramwajowych jest w obydwóch systemach jednakowo możliwy i niczem nie tamowany, ponieważ bądź to przy urządzeniu stacji oddziałowych z prądem stałym, bądź to przy wyborze bezpośredniego zasilania prądem zmiennym — stacja centralna w każdym razie byłaby urządzona dla prądu zmiennego.

Rozprowadzenie prądu stałego ze stacji oddziałowych. Jednakże wiele ważnych miejscowych warunków przemawia przeciw zastosowaniu prądu stałego, rozprowadzanego z poszczególnych stacji oddziałowych, a mianowicie:

1) Te punkty, które w najbliższej przyszłości miałyby być zaopatrzone w elektryczność, leżą dosyć daleko od siebie, nawet gdyby przy ich wyborze ograniczyć się do minimum. Przy zastosowaniu prądu stałego wynikłaby niebawem potrzeba zbudowania wielu stacji oddziałowych, a więc zakupienia odpowiednich posesyj, obsadzania niezbędną służbą i t. d., co razem wzięte, spowodowałoby wielkie koszty przy stosunkowo małem zapotrzebowaniu elektryczności.

2) Okazuje się w danych warunkach rzeczą nieodpowiednią, wybrać system dla Warszawy, przy którym nie możnaby było odrazu zaspokoić powstających potrzeb, a należałoby w każdym wypadku uciekać się do budowy stacji oddziałowych. Stacje te nie mogłyby być obliczone tylko na zaspokojenie potrzeby danej chwili, ale musiałyby być, ma się rozumieć, budowane z uwzględnieniem możliwości rozwoju w najbliższym przeciągu czasu, tak pod względem obszaru miejsc, jako też ich sprawności.

3) Przy budowaniu stacji oddziałowych okazałaby się potrzeba zakładania wielkiej ilości przewodów elektrycznych, 20, 30 i więcej z każdej stacji. Natychmiastowe układanie tych przewodów, uwzględniające potrzeby dalekiej przyszłości, jest ze względów finansowych niemożliwe; układanie ich w miarę powstającej potrzeby powodowałoby ciągle rozłamywanie powierzchni ulic, a więc koszty i tamowanie ruchu ulicznego.

4) Przy zastosowaniu prądów stałych powstają wielokrotnie trudności

w dostarczaniu energii dla większych motorów, tak, iż wypada przeprowadzać ze stacyi centralnej nowe oddzielne przewody o dużym przekroju. Nawet i w takich razach bardzo duże motory osób prywatnych, zasilane energią ze stacyi centralnej, wywierają szkodliwy wpływ na sąsiadujące oświetlenie, co przy zwykłych napięciach 220—240 wolt trudnem jest do usunięcia.

Zalety prądów zmiennych w danych warunkach. W przeciwstawieniu do powyższego, system prądów zmiennych posiada następujące przeważające zalety:

1) Możliwość zaspakajania sporadycznych potrzeb w dowolnej odległości od stacyi centralnej zapomocą najprostszymi środków, nawet z krótkim terminem zamówienia, po większej części zakładając tylko cienki przewód pierwszorzędnej sieci, lub też urządzając umiarkowanych rozmiarów przewód główny zasilający.

2) Sieć przewodów czyli kabli, raz ułożona, wystarcza na zaspokojenie potrzeb dalekiej przyszłości, pozwala uniknąć powtarzającego się zrywania bruków. Potrzeba będzie tylko kilka głównych przewodów zasilających, sięgających do oddalonych dzielnic. Przewody te można będzie założyć jednocześnie z główną siecią, albo też w razie wyjątkowych okoliczności, jak powstawania nowych ulic i niemożności tamowania w pewnych punktach ruchu ulicznego, założyć te przewody o małym przekroju wcześniej, uważając je tymczasowo za rezerwę dla innych potrzeb.

3) Ponieważ pierwotną sieć obliczono na wysokie napięcie z małemi bardzo stratami, to każda oddzielna linia sieci przedstawia tak wielką sprawność, że przyłączenie do urządzenia elektrycznego nawet największych motorów, będzie możliwem, bez dodawania osobnych kabli zasilających.

Wybór prądu zmiennego. Uwzględniając wszystkie powyższe dane, jako też ogólne i szczególne miejscowe warunki, przyszedłem do przekonania, że dla Warszawy najodpowiedniejszym jest zastosowanie systemu prądów zmiennych. Zalecam więc dla warszawskich urządzeń elektrycznych system, przy którym na stacyi centralnej wytwarzać się będzie prąd zmienny o wysokiem napięciu i rozproszony po mieście zapomocą głównych kabli i sieci zasilającej, jako też sieci rozdzielowej, obliczony na wysokie napięcie. Następnie prąd ten będzie zapomocą transformatorów przemieniony w prąd zmienny o niższem napięciu i w tej formie dostarczony konsumentom.

Do kwestyi, jaki rodzaj prądu zmiennego ma być zastosowany, to jest czy ma być prąd jednofazowy, czy wielofazowy, raz jeszcze powrócę.

W tem miejscu należy zwrócić uwagę, że prądu zmiennego nie da się nagromadzić na zapas zapomocą akumulatorów. Wielokrotne obliczenia wykazały jednakże, iż akumulatory z punktu widzenia finansowego, wobec miejscowych warunków zasilania, pochłaniają oszczędności osiągnięte na założeniu mniejszej stacyi centralnej i na korzystniejszych warunkach eksploatacyi tejże stacyi, jako też na niektórych innych zaletach systemu prądów stałych. System akumulatorów wymaga urządzenia kosztownych stacyj oddziałowych i nabywania pod nie płaców, eksploatacyi ich, utrzymywania w należytych stanie samych akumulatorów, jako też ponoszenia kosztów na sieć przewodów, przyczem nieuniknioną jest pewna strata energii przez samo nagromadzenie elektryczności w akumulatorach. Nie uwzględniliśmy też wcale warunków technicznych i miejscowych, które, jak to wyżej powiedziano, przemawiają przeciwko zastosowaniu dla Warszawy systemu akumulatorów.

Również niema żadnej korzyści ze względów finansowych, wkładać kapitał w urządzenia przemiany prądów i akumulatorów zamiast w zasadnicze maszyny wytwórcze. Korzystniej więc jest robić nakłady na kupno maszyn parowych

i maszyn wytwórczych, aniżeli na akumulatory i przemianę prądów. O stopniu zużyciu się maszyn mamy dostatecznie jasne pojęcie, w jakim zaś stopniu ulegną uszkodzeniu i zniszczeniu akumulatory, w tymże samym okresie czasu, na to obecnie nie posiadamy jeszcze dokładnych danych, zwłaszcza w razie, gdyby eksploatacja nie odbywała się z należytą przezornością. Również maszyny parowe oraz maszyny do prądu zmiennego z należąca do nich baterią kotłów, tworzą zawsze użyteczną całość, która może być zastosowaną do wytwarzania i udzielania prądu dla różnych celów i potrzeb, jakie z biegiem czasu okazać się mogą — gdy tymczasem akumulatory służą wyłącznie do przyjmowania i oddawania energii elektrycznej i z tego punktu widzenia przedstawiają martwy nakład.

To, co wyżej powiedziano, nie wyklucza możliwości, aby zastosowanie akumulatorów w połączeniu z przemianą prądu zmiennego na stały i przy zasilaniu prądem zmiennym, nie było właściwem dla pewnych celów, dla których oddawanie prądu zapomocą akumulatorów ma pewne specjalne znaczenie, jak np. oświetlanie teatrów, wielkich lokali zabaw publicznych, ginachów rządowych lub też eksploatacja tramwajów.

Zastosowanie akumulatorów miałyby przytem jeszcze i inne korzyści, zwłaszcza dla urządzeń z prądem zmiennym, gdyż umożliwiałoby więcej równomierne i lepsze obciążenie głównych maszyn regularnie pracujących, wyzyskując je po przemianie do ładowania akumulatorów podczas nocy, gdy konsumpcya prądu wogóle się zmniejsza lub ustaje.

Pewność dostarczenia prądu. Z uwagi na pewność stałego i ciągłego dostarczania prądu, niema powodu wahać się w wyborze prądu, któryby nie dopuszczał nagromadzenia tego prądu. Przy odpowiedniem urządzeniu i podziale maszyn na samodzielne jednostki, zabezpiecza się ciągłość prądu od przerw. Obawa pod tym względem byłaby usprawiedliwioną, gdyby bezpieczeństwo eksploatacji zależało od jednej maszyny, silnie obciążonej i bez przerwy długo pracującej. Upada ona jednak wobec zastosowania szeregu pojedynczych, samodzielnych maszyn mniejszych, dających się dowolnie zastępować jedna drugą i mających zapewniony dostateczny czas odpoczynku na dopełnienie naprawy, oczyszczeń i t. p. Tym sposobem stanowią one, jako całość, zupełne bezpieczeństwo w wytwarzaniu ciągłego prądu.

W systemie rozdziału zasilania bezpieczeństwo, ze względu na przerwy, polega na tem, że każdy punkt może być zasilany z kilku stron i przez kilka przewodów, zupełnie od siebie niezależnych. W razie jeżeli którykolwiek składnik systemu rozdziałowego lub zasilającego ulegnie zepsuciu, obsługę tegoż punktu podtrzymują inne gałęzie sieci.

W wielkiem rozwijającym się i przemysłowem mieście, powyższa kombinacya ma duże znaczenie, gdyż umożliwia wyzyskanie, we właściwym czasie, generatorów zastosowanych do maszyn wytwarzających prąd zmienny, które zaspakajają maksymalne zapotrzebowania w godzinach wieczornych grudnia, w innych zaś porach roku i dnia dadzą się stosować do innych potrzeb miejskich podczas dni letnich. Podobnież możnaby zasilać drobne zakłady przemysłowe, których największe zapotrzebowanie wypada w tych kilku godzinach największej pracy stacyi centralnej, albo też, których praca może być częściowo lub zupełnie na ten krótki czas przerwana.

W tych warunkach energia robocza może być oddawaną po cenie bardzo niskiej; pojedyncze zakłady przemysłowe są niezależne w wyborze miejsca w bliskości kolei lub w bliskości wody, a wszelkie niedogodności, połączone z dowozem węgla, dymem i biegiem maszyn, odrazu się usuwają. Przytem mo-

znaby dostarczać energię dla motorów, małemu i średniemu przemysłowi, prawie po tej samej cenie co i dużym fabrykom, które, mogąc zaopatrzyć się samodzielnie w duże maszyny parowe, znajdują się w korzystniejszym położeniu pod względem węgla i wody kondensacyjnej. Pomieszczenia i lokale, zajmowane przez drobny przemysł, dadzą się znacznie lepiej wyzyskać z powodu, iż motor parowy lub gazowy staje się niepotrzebnym. Z tego tworzy się bardzo ważna kombinacja, korzystna dla przemysłowców, szczególnie dla drobnych i średnich, i korzystna dla miasta, które jest w stanie powiększyć swe dochody z powodu lepiej wyzyskanych warsztatów i zakładów przemysłowych i pokryć nimi część swych własnych kosztów ogólnych. Zwyżka ta może być również wykazana jako powiększony czysty dochód całego urządzenia elektrycznego, lub też cena sprzedażna dla konsumentów energii elektrycznej może być znacznie zmniejszona. Zawsze wypadnie korzyść dla ludności, bądź to jako dla jednostki zbiorowej, bądź to dla pojedynczych jej osobników.

Ale również i dla dużych fabryk korzystnym jest otrzymywanie energii elektrycznej do poruszania motorów z głównej stacyi centralnej, choćby nawet bezpośrednia kalkulacya wypadła drożej. Fabrykant staje się niezależnym od nagrzewania kotłów i puszczania w ruch maszyny parowej, zmniejsza swój personel, jest zabezpieczonym od przerw w fabrykacyi, ma możność w każdej chwili spotęgowania pracy do maximum, której tylko małą część potrzebował na razie i odwrotnie; również jest w stanie przedłużyć godziny robocze bez potrzeby utrzymywania w działaniu maszyn i kotłów.

Te pośrednie korzyści umożliwiają mu częstokroć zapłacenie wyższej ceny za energię elektryczną, przewyższającej koszty własne motorów parowych. Powiększony stąd dochód miejski przypada w udziale całej ludności, jak już poprzednio objaśniono.

Po ścisłem rozważeniu wszystkich tych punktów wytycznych, zdawało mi się rzeczą zbyteczną wypracowywać szczegółowo pojedyncze projekty sposobów zaopatrywania miasta prądem stałym przez stacye oddziałowe z akumulatorami, chociaż takie opracowanie byłoby bardzo odpowiednie w tym razie, gdy są pewne wątpliwości, utrudniające stanowczy wybór systemu. Z tego powodu ograniczyłem się na opracowaniu projektu na wyżej wyluszczonych podstawach, projektu dostarczania miastu prądu zmiennego o wysokim napięciu.

Ogólny system. Według tego urządzenie całkowite elektryczne składałoby się z jednej stacyi centralnej, na której byłby wytwarzany prąd zmienny o wysokim napięciu, z pewnej liczby przewodów głównych zasilających, które ten prąd o wysokim napięciu doprowadzałyby do odpowiednio rozłożonych głównych punktów zasilających, każdy dla otaczającego go okręgu, następnie z sieci przewodników pierwszorzędnych, które doprowadzałyby prąd o wysokim napięciu z punktów głównych alimentacyjnych do transformatorów i—z transformatorów, odpowiednio rozłożonych w zasilanym okręgu, które przemieniałyby prąd zmienny o wysokim napięciu w prąd zmienny o niskim napięciu i dostarczałyby go konsumentom bezpośrednio lub zapomocą drugorzędnej sieci przewodów, zastosowanych do niskiego napięcia.

Napięcie (V). Jako napięcie prądu zmiennego, wytwarzanego na stacyi centralnej, przyjęto 4000 lub 5000 wolt. Jeszcze przed kilku laty na stacyach centralnych miejskich używano prądu zmiennego o 2000 do 2200 wolt, jako zwykle pierwszorzędne napięcie. W Frankfurcie nad Menem zastosowałem 3000 wolt. Uczyniłem to z jednej strony ze względu na łatwość regulowania, jaka się okazuje, jeżeli spadek napięcia w sieci zasilającej i rozdzielającej jest mały; wychodząc z tego punktu widzenia, przyjęto w Frankfurcie nad Menem spadek napięcia prądu w przewodnikach głównych zasilających 4%, w sieci pierwszorzęd-

dnej 1%, razem 5% straty napięcia od stacji centralnej aż do transformatorów. Z drugiej strony wyższe napięcie zabezpiecza daleko większą zdolność wyrównywania się prądów w sieci, tak dalece, iż raptowne miejscowe zapotrzebowanie nie wywiera prawie żadnego wpływu na napięcie prądu. Zastosowanie 3000 wolt okazało się zupełnie usprawiedliwionem tak w Frankfurcie n./M. jako i w Buda-Peszcie.

Na podstawie doświadczenia nabytego w Frankfurcie, przyszedłem do przekonania, iż niema żadnych poważnych przeszkód, aby zastosować napięcie 4000 do 5000 wolt prądu zmiennego dla całej sieci przewodów miejskich i dlatego przy rozszerzeniu urządzeń elektrycznych w Elberfeldzie zaproponowałem zastosowanie 4000 wolt. Tym sposobem sprowadza się maksymalny spadek napięcia w przewodnikach głównych do 2%, w sieci pierwszorzędnej do $\frac{1}{2}\%$, a zatem całkowity spadek napięcia od stacji centralnej do transformatorów wynosić będzie wszystkiego $2\frac{1}{2}\%$, t. j. dwa razy mniej, niż przyjęto w urządzeniach w Frankfurcie.

Zalety prądu o wysokiem napięciu. Ten spadek napięcia jest tak mały, że wszelkie regulowanie pojedynczych głównych przewodników zasilających staje się zbytecznem. Jasną jest rzeczą, iż w najniekorzystniejszym wypadku, kiedy pewna gałąź sieci jest prawie zupełnie nieobciążona, druga zaś wykonywa maksymalną pracę, a napięcie uregulowanem będzie na średnie, to różnice w odpowiednich transformatorach od normalnego napięcia, wynosiłyby zaledwie 1%. Jest to różnica, która leży w granicach dozwolonych i nie może powodować żadnej obawy, tem bardziej, iż w rzeczywistości tak niedogodne warunki obciążenia pojedynczych sieci nigdy nie mają miejsca.

Następną zaletą prądu o wysokiem napięciu jest nadzwyczajna łatwość w wyrównywaniu się prądów podczas nagłego zapotrzebowania w pojedynczych punktach, które to wyrównywanie odbywa się bez dostrzegalnego zmniejszenia napięcia. Widocznem jest, że jeżeli pewien przewód rozdzielający jest w stanie przeprowadzić maksymalny prąd tylko ze stratą $\frac{1}{2}\%$, to chwilowe zwiększenie prądu o 50 do 100% wywoła wahanie napięcia tylko $\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{2}\%$. Ponieważ sieć pierwszorzędna jest w sobie zamknięta, t. j. połączona, to owo wyrównywanie nie ma miejsca przez jedną tylko gałąź przewodu, lecz równocześnie przez kilka, tak, iż działanie to jest rozdzielone, a zły wpływ, wynikający z tego powodu na wysokość napięcia, będzie znacznie zmniejszony.

Tę okoliczność uważam jako najważniejszą przyczynę, z powodu której w Frankfurcie n./M. nawet duże motory, przyłączone do sieci, są w stanie równolegle pracować obok światła elektrycznego, nie wywierając na nie szkodliwego wpływu; zastosowanie 4000 wolt z $\frac{1}{2}\%$ straty napięcia w sieci pierwszorzędnej uczyni, iż stosunek ten będzie jeszcze bardziej korzystny.

W Elberfeldzie zdecydowano się na 4000 wolt; pierwszorzędne firmy podjęły się z zupełną gwarancją wykonać tak maszyny dla prądu zmiennego, transformatory jako i całą sieć przewodników ze wszystkimi składowymi częściami, obliczonymi na powyższe napięcie. Firmy te zdeklarowały się równocześnie na ewentualny wybór 5000 wolt, dając zupełną gwarancję.

Z tego powodu mamy na widoku dla Warszawy zastosowanie 4000 lub 5000 wolt.

Rozpatrzmy najpierw zastosowanie 4000 wolt dla propozycji urządzenia stacji centralnej przy ulicy Dobrej; stacja przy ul. Dobrej (plan № 3) znajduje się w położeniu centralnem całego zasilanego obszaru, a tylko 1100 do 1300 metrów odległą jest od punktu środkowego największego zapotrzebowania, t. j. od głównych punktów zasilających przy Placu Teatralnym, na ulicy Wierzbowej na ulicy Mazowieckiej. Przy tem napięciu 4000 wolt i przy 2%, t. j. 80 wolt straty,

osiągamy największe dozwolone wyzyskanie przekroju miedzi przewodu głównego zasilającego, przy jego długości 1600 m. Ta gęstość prądu służy do obliczenia przekrojów przewodników. Z tego powodu przy projektowaniu stacyi przy ulicy Dobrej niema celu zastosowywania jeszcze wyższego napięcia, czyli jeszcze mniejszej procentowej straty.

Również przy projektowaniu stacyi centralnych, leżących na krańcach obszaru zasilanego, jako pojedyncze alternatywy, podlegające dokładnemu finansowemu porównaniu, przyjęto napięcie 4000 volt; gdyby jedna z powyższych alternatyw uznana została za najlepszą, to wtedy można zastosować wyższe napięcie, aż do 5000 volt, przyjmując już największą stratę napięcia 2% w przewodach głównych, a $\frac{1}{2}\%$ w przewodach pierwszorzędných.

Określenie sprawności urządzenia w pełnym jego rozwoju. Bardzo jest trudno oznaczyć wielkość stacyi centralnej miejskiej, jeżeli uwzględnić chcemy rozwój zapotrzebowania nawet w dalekiej przyszłości. Zapotrzebowanie, jakie w danej chwili jest spodziewane, nie jest mierzalną na przyszłość wskazówką.

Przypuszczenia, na zasadzie których stacye centralne w dużych miastach były projektowane i wykonane, zostały w następstwie znacznie przekroczone i prawdopodobnie rozwój dalszy nie będzie mniejszy od rozwoju lat poprzednich. Pojawiają się nowe wynalazki, wywołują zapotrzebowania i powodują konieczność rozszerzania urządzenia. Wraz z możliwością zastosowania elektrycznej energii do oświetlania i poruszania motorów pojawia się i zapotrzebowanie na tę energię nawet tam, gdzie w danej chwili nie odczuwano w tym kierunku żadnej potrzeby. Wraz z rozwojem elektrotechniki, rozszerzaniem stacyi centralnej, rozwojem sieci i zwiększonym zapotrzebowaniem, zmniejszają się koszty wytwórcze, a niższa cena prądu czyni go dostępnym i pożytecznym dla coraz szerszego koła odbiorców. Do jakiego stopnia udoskonalenia elektrotechniki, powiększanie i ulepszanie urządzeń, a przede wszystkim naturalna konkurencya, jest w stanie zmniejszyć ceny, najlepszym dowodem służy Anglia, gdzie prąd elektryczny do oświetlania oddaje się po cenie o 30 do 50% taniej niż na lądzie stałym.

Jakich więc rozmiarów dosięgnie zapotrzebowanie energii elektrycznej w pierwszych dziesiątkach lat, trudno dziś przesądzać i określić. Trzeba się tem zadowolnić, aby na podstawie analogicznych stosunków i doświadczenia ocenić i ustalić sprawność stacyi centralnej w jej zupełnym rozwoju. Równocześnie zaś obmyśleć wszystko tak, ażeby z chwilą, gdy zapotrzebowanie przekroczy tę najwyższą sprawność, można je było zaspokoić zapomocą nowej stacyi centralnej, która założona w odpowiednim miejscu, mogłaby zapomocą z góry przygotowanych i wykonanych punktów, połączyć się do wspólnego działania z siecią kabli i systemem przewodników rozdzielających. Byłoby nawet, zdaniem mojem, zbyt cennym i nieodpowiednim, aby już w chwili obecnej robić przygotowanie dla możliwości zaspokojenia w jednej stacyi centralnej tego zapotrzebowania, przewyższającego ewent. największą sprawność; byłoby to nawet zbyt cennym i wtedy, gdyby już obecnie można było określić największą sprawność całego urządzenia lub gdyby ona już osiągnęła, jak w danym wypadku, pewną wielkość zależną od rozmiarów miasta i od miarodajnych praktycznych względów.

Co do wyzyskania energii elektrycznej do oświetlania, elektrotechnika nie wypowiedziała jeszcze swego ostatniego słowa, to też bardzo jest możliwem, że na tem polu poczynione będą w niedalekiej przyszłości ulepszenia, dozwalające znacznie korzystniej wyzyskać energię elektryczną do oświetlania, dla którego miejskie stacye centralne znajdując przeważnie swe zastosowanie. Nowe ulepszenia i wynalazki w kierunku lamp żarowych wskazują poniekąd, iż zbliżamy się do chwili, kiedy lampy te o sile 16 świec wymagać będą zaledwie ulamka tej energii, jaka obecnie jest dla nich niezbędną. Jeżeli światło elektryczne stanieje,

to powiększy się w następstwie jego zastosowanie, a równocześnie istniejąca lub powstająca stacya centralna, z pewną określoną sprawnością, dozna, wraz z całym systemem rozprowadzającym, zwiększenia swej sprawności co do oświetlania w stosunku odwrotnym do zużytkowania energii. Materyalne korzyści zjednoczenia wielkiej sprawności w jednej stacyi centralnej, wynikające stąd wyrównanie konsumpcyi, rozłożenie kosztów zarządu i głównych kosztów eksploatacyi na większą produkcyę, ma również swoją granicę, gdy w tym kierunku osiągniemy pewne maximum; wtedy powstaje konieczność utworzenia drugiej kompletnej grupy służby eksploatacyjnej i koszty rosną dalej prawie proporcjonalnie do zwiększonej sprawności. Z tych powodów będzie korzystniejszym odśrodkowe zasilanie i zbudowanie nowej stacyi centralnej do pokrycia zwiększających się zapotrzebowań. Przez to i bezpieczeństwo zasilania się zwiększa, a odpowiednio wybrane miejsce umożliwi doprowadzanie energii z innego kierunku po krótszej linii, co powoduje oszczędności na układaniu przewodów doprowadzających.

Centralna stacya we Frankfurcie n./M. w ostatecznym rozwoju miała posiadać według projektu z roku 1889 maszyny z sumaryczną sprawnością 5000 kilowattów, zaś w wykonawczym projekcie z roku 1893 sprawność ta wynosiła 6000 kilowat.; ta ostatnia odpowiada największej sprawności eksploatacyjnej 5000 kilowat., czyli 90 000 równocześnie palącym się lampom żarowym. Przytem zrobiono również założenie, że w razie powiększających się potrzeb, zostanie wybudowana druga stacya centralna we wschodniej części miasta, albo w innym odpowiednim punkcie.

W pierwszym zakresie projektu wykonano urządzenie z maszynami o 2250 kilowat., czyli do maksymalnej sprawności 1500 kilowat., a obecnie powiększono ją do 3000 kilowat., czyli do połowy pierwotnie zamierzonej sprawności. Mająca powstać stacya centralna w Elberfeld, do oświetlenia, do celów motorycznych i do poruszania tramwajów, w szerokim zakresie, otrzyma według projektu instalacyę maszyn z sumaryczną sprawnością 8000 kilowat. W pierwszym zakresie otrzyma ona 4000 kilowat., czyli 3000 kilowat. jako największą sprawność eksploatacyjną.

Dla Warszawy należałoby, zdaniem mojem, ocenić *zapotrzebowanie* energii elektrycznej do oświetlania w najbliższych latach, na 20 — 25 000 równocześnie palących się lamp żarowych, w niedalekiej przyszłości ilość ta wzrosnie prawdopodobnie od 35 000—40 000 lamp.

Oświetlenie ulic i placów, według projektu № 15¹, potrzebowałoby w niedalekiej przyszłości, kiedy główne ulice otrzymają oświetlenie elektryczne, 250 — 300 kilowat.; na zwiększenie takowego 400 — 500 kilowat. można liczyć w krótkim czasie.

Zapotrzebowanie energii elektrycznej do *poruszania* motorów, uważając stosunki miejscowe, analogicznie do innych miast, nie będzie przesadzone, jeżeli przyjmniemy na początek 400 kilowat., a w niedalekiej przyszłości 600 kilowattów.

Eksploatacyja *tramwajów*, poruszanych, bądź to bezpośrednio prądem stałym z doprowadzeniem napowietrznem lub podziemnem, bądź to pośredniem przez akumulatory albo według systemu kombinowanego (bezpośrednie zasilenie i akumulatory) wymagać będzie wkrótce sprawności 1000 kilowat. na stacyi centralnej.

Sprawność eksploatacyjna stacyi centralnej musiałaby niebawem równać się 2000 kilowat. bez eksploatacyi tramwajów, zaś z tramwajami 3000 kilowat. i sprawność ta musiałaby prawdopodobnie wkrótce wzrosć na 3000 kilowat. bez eksploatacyi tramwajów, zaś 4000 kilowat. z uwzględnieniem ruchu tramwajów.

Jeżeli uwzględnimy zapotrzebowania najbliższej chwili, jeżeli uwzględnimy wielkość miasta, jego rozwój i przynysł, a oprócz tego skorzystamy z doświad-

czenia w tym kierunku innych miast, to otrzymamy jako sprawność stacyi centralnej m. Warszawy w jej ostatecznym rozwoju, dla maszyn ogółem 12 000 kilowat., czyli maksymalną sprawność eksploatacyi = 10 000 do 11 000 kilowat. Dalej wynika z powyższego, że dla pierwszego okresu rozwoju zarówno budynku jako też instalacje wystarczyć powinny dla 4 000 kilowat., a przy sprawności maszyn 3 000 kilowat.

Wielkość pojedynczych maszyn. Wielkość pojedynczych maszyn, składających się na całą sprawność stacyi centralnej, jest kwestyą najodpowiedniejszego ich zastosowania, a zarazem jest kwestyą kosztów. Im liczniejsze i mniejsze są te jednostki maszyn, tem łatwiej można zastosować się z produkcyą do każdorazowej konsumpcyi; ale oszczędności, które powstają z powodu lepszego obciążenia pojedynczych maszyn, są zneutralizowane z powodu zmniejszonego stopnia korzystnego działania małych maszyn w stosunku do dużych, z powodu zwiększonych kosztów, jakie powstają w samych maszynach i w budynkach, a w szczególności z powodu zwiększonej służby i kosztów ubocznych (smary, podgrzewanie, bieg nieobciążony). Nieodpowiedniem więc jest przekraczanie pewnej miary w podziale maszyn na małe jednostki, która musi mieć na względzie przewidywane zapotrzebowanie prądu w czasie najmniejszej konsumpcyi z jednej strony, z drugiej zaś strony niezbędną rezerwę. Przy dużym rozwoju eksploatacyi na stacyach centralnych, którego się należy spodziewać i w Warszawie, powinny pojedyncze jednostki małych maszyn być wystarczającymi do potrzeb jednego dnia, z dodatkiem 20 do 30% zwyczajki na rezerwę, na wypadek szczególnych zapotrzebowań, jak np. nagłego zachmurzenia się i t. p., a także z uwagi na to, iż najkorzystniejszy stopień działania maszyny parowej, następuje przy mniej więcej $\frac{2}{3}$ całkowitego jej obciążenia. Im większe zaś są owe pojedyncze jednostki maszyn, tem mniejsze i łagodniejsze będzie oddziaływanie na napięcie prądu a więc i na światło, dużych motorów należących do konsumentów, nagle włączanych.

Po dokładnem rozważeniu wszystkich tych okoliczności, przyszedłem do przekonania, że najodpowiedniej będzie, rozdzielić całą sprawność warszawskiej stacyi centralnej na 12 pojedynczych maszyn, każda po 1 000 kilowat., lub też na 4 maszyny po 1 000 kilowat. i 4 po 2 000 kilowat., a wtedy cała sprawność podzielonąby była na 8 części. W tym drugim wypadku należałoby rozpocząć od ustawienia 4-ch mniejszych maszyn po 1 000 kilowat. Rachować musimy bezwarunkowo na największe zapotrzebowanie 80 do 90% całej sprawności, t. j. 10 000 do 11 000 kilowat., a jednostka o 1 000 lub 2 000 kilowat., t. j. $\frac{1}{12}$ do $\frac{1}{6}$ całości stanowić będzie rezerwę. Ograniczenie podziału maszyn na 7, najwyżej 11 jednostek jest również odpowiednie dla prędkiego ich włączania do działania w razie nagłego ściemnienia się np. podczas dni zimowych. Ponieważ w Warszawie wkrótce powstanie wiele miejskich instalacyj, potrzebujących energii podczas dnia, a cena jej zachęci bezwarunkowo i licznych prywatnych odbiorców, to można rachować, iż maszyny podczas dnia dostarczać będą 400 do 500 kilowat., tak, iż maszyny o 1 000 kilowat. pracować będą podczas dnia w najkorzystniejszych warunkach.

Tym sposobem stacya centralna składałaby się w ostatnim okresie rozwoju z budynku, mieszczącego 12 maszyn, każda o sile 1 200 do 1 500 koni par. rzeczywistych, albo 4 maszyny o sile 1 200 do 1 500 koni par. i 4 maszyny o sile 2 400 do 3 000 koni par., z odpowiednimi kotłami, kominem, składem węgla, mogącym pomieścić zapas na 2 do 3-ch miesięcy. Do zbudowania takiej stacyi centralnej potrzebny byłby plac minimum 14 000 do 15 000 m^2 , maximum 20 000 do 30 000 m^2 .

II.

Wybór miejscowości na stację centralną.

Dla ekonomicznej eksploatacji stacji centralnej przede wszystkim koniecznymi są: łatwość dostarczania wody kondensacyjnej i możliwa taniość dowozu węgla. Bezpośredni dowóz węgla koleją jest zawsze najtańszy i dlatego pożądanym jest postawienie stacji centralnej w bliskości jakiegokolwiek stacji towarowej, ze względu zaś na wodę kondensacyjną, bliskość Wisły byłaby najbardziej pożądaną, jednakże w Warszawie prawie że niema odpowiednich placów, leżących równocześnie i przy rzece i przy kolei. Należy więc zbadać, czy nie możnaby tym warunkom zadość uczynić przez wybór innych placów, odpowiednich dla zaopatrzenia się w wodę kondensacyjną.

Poszukiwania w tym kierunku wykazały, iż plac leżący w bliskości połączenia się głównych kolektorów kanalizacyjnych, odpowiada powyższym warunkom. Stacja centralna, postawiona na Koszykach, przy filtrach, mogłaby korzystać z taniej wody kondensacyjnej w przeciągu większej części roku, zwłaszcza podczas miesięcy zimowych, t. j. pory największego zapotrzebowania elektryczności. Drugim punktem przewodnim w wyborze miejsca jest możliwość połączenia stacji centralnej elektrycznej z inną eksploatacją miejską. Tym sposobem można osiągnąć pewne wyrównywanie jednej eksploatacji przez drugą i korzystać podwójnie z niektórych części składowych, jak również spotrzebować tę samą administrację i część służby, osiągając tym sposobem oszczędności.

Mamy tutaj na myśli stację pomp przy ul. Czerniakowskiej, stację filtrów na Koszykach, projektowaną stację pomp dla kanalizacji dolnej części miasta przy ul. Dobrej, ewentualną stację pomp dla pól irygacyjnych w północnej części miasta, przyłączenie się do eksploatacji sztucznego oziębiania przy projektowanej rzeźni miejskiej, lub do urządzeń spalających śmiecie z całego miasta, powstały ciepłok mógłby być korzystnie użyty do naszego celu. Wprawdzie projekty te sięgają w bardzo daleką przyszłość, nie można ich jednak pomijać wobec tego, iż w innych miastach osiągnięto tym sposobem dodatnie rezultaty.

Tak więc dla stacji centralnej w Warszawie trzeba się zastanowić nad wyborem następujących placów, oznaczonych na tab. I.

1) Plac na lewym brzegu Wisły, w górę od Cytadeli, między mostem kolejowym a ulicami: Wójtowską i Zakątną (alternatywa Rybaki).

2) Plac na lewym brzegu Wisły, przytykający do stacji pomp na ul. Czerniakowskiej.

3) Plac na brzegu Wisły w bliskości starego wodociągu przy ul. Dobrej.

4) Plac na Pradze przy brzegu Wisły, poniżej albo powyżej mostu Aleksandryjskiego.

5) Część placu stacji filtrów na Koszykach.

6) Kilka placów na północy miasta, w bliskości kolei Obwodowej (alternatywa Powązki).

Pierwszy plac odpowiadałby najlepiej wszystkim warunkom, lecz obojętnie go na miejscu wykazało, iż brzeg z powodu wysokości terenu jest zwężony, połączenie się z koleją, z uwagi na Cytadelę i jej zewnętrzne zabudowania, jest bardzo utrudnione; i choćby plac ten, z innych względów był odpowiedni, nie może z wyżej przytoczonego powodu być bliżej brany pod uwagę.

Drugi plac przy ul. Czerniakowskiej, z uwagi na wodę kondensacyjną, leży bardzo korzystnie. Linie rur ssących i smoki wodociągowe obliczone na największe zapotrzebowanie letnie, dałyby się bardzo dobrze zużytkować w zimie dla zaspokojenia największego zapotrzebowania urządzeń elektrycznych. Eksploatacja stacyi elektrycznej byłaby połączona z eksploatacją wodociągów, dopełniając się wzajemnie; tym więc sposobem zredukowałyby się koszty obydwóch eksploatacyj. Połączenie administracyi w jedną dałoby również oszczędności. Ciepłik wody kondensacyjnej dałby się zużytkować w zimie dla wody wodociągowej i dla smoków, jak również bardzo byłby użyteczny dla osadników i filtrów. Plac ten, ze względu na panujący u nas kierunek wiatru przeważnie zachodni i północno-zachodni, jest bardzo odpowiedni. Jednakże znaczna odległość tego placu od środka miasta, niemożność bezpośredniego połączenia się z linią drogi żelaznej, a wreszcie i ta okoliczność, że podczas wylewu Wisły zalane byłyby na znacznej przestrzeni główne przewody w okolicy stacyi centralnej, przemawiają przeciw wyborowi tego punktu.

Trzeci plac przy ulicy Dobrej, w bliskości lub na placach starego wodociągu, ma bardzo wiele dobrych stron. Leży on w bezpośredniej bliskości zasilanego terenu i jak z planu widać prawie w samym środku. Dla kondensacyi można się posiłkować bezpośrednio wodą z Wisły; ze względu na kierunki wiatru plac ten jest również odpowiedni. Pobudowanie tej stacyi centralnej w bezpośredniej bliskości starego wodociągu, t. j. przy południowej stronie przedłużonej ulicy Karowej, czyni możliwym i korzystnym skombinowanie stałego działania pomp dla kanalizacyi dolnego miasta ze stałym działaniem urządzeń stacyi elektrycznej. Administracye również dałyby się połączyć. To bezpośrednie połączenie obydwóch urządzeń powiększyłoby pewność i sprawność eksploatacyi pomp kanałowych, a zastosowanie motorów elektrycznych dałoby nie tylko oszczędności, ale umożliwiłoby również prędkie puszczenie w ruch pomp zapasowych podczas naglej ulewy.

Mniej korzystnym jest ten plac pod względem dowozu węgla, gdyż niemożliwym tu jest bezpośrednie połączenie się z linią kolei żelaznej; z tego powodu powstałoby znowu powiększenie kosztów eksploatacyi. Również i tutaj znalazłaby się część przewodów głównych, wprawdzie na małej przestrzeni, pod poziomem wysokich wód. Zakładanie fundamentów połączoneby było z pewnymi trudnościami. Możliwymi również byłyby pewne przeszkody związane z czerpaniem wody kondensacyjnej z powodu piasku lub lodu, jak to bywa przy smoku przy ulicy Czerniakowskiej. Z tego właśnie powodu kombinacya pomp kanałowych dolnego miasta z urządzeniem elektrycznym ma tę bardzo dodatnią stronę, iż pozwala w razie potrzeby zastosować wodę kanałową nie tylko dolnego lecz i dużą część wody górnego miasta dla celów kondensacyi na stacyi elektrycznej i zabezpiecza ją od wyżej wspomnianych niedogodności.

Obie alternatywy urządzenia stacyi centralnej na Pradze zajmują następujące miejsce co do wygody położenia środkowego względem zasilanego obszaru. Posiadają one również łatwość w zaopatrzeniu się w wodę kondensacyjną a przytem możliwość połączenia się z linią kolei żelaznej.

Niemniej są odpowiednio położone względem kierunku wiatrów, a szczególnie sprzyjającą jest bliskość obydwóch dworców dr. żel. praskich. Łatwiej i taniej nabyć można obszerne place na Pradze aniżeli na lewym brzegu rzeki, wogóle odsunięcie tak wielkiego zakładu od miasta ma pewne zalety, choćby z uwagi na wielki dowóz węgla i wywiązujący się dym. Zaś jako słabą stronę tej propozycyi uważać należy bardzo małe prawdopodobieństwo, aby eksploatacja tej stacyi dała się skombinować z jakąkolwiek inną, wszelkie główne kable

musiałyby przechodzić przez most Aleksandryjski, a przytem byłyby trudności, połączone z bezpośredniem czerpaniem wody kondensacyjnej z Wisły, podobnie jak na ulicy Dobrej.

Piąty plac na Koszykach, t. j. połączenie zakładów elektrycznych z eksploatacją wodociągu na stacji filtrów, ma wiele bardzo ważnych zalet. Odpowiedni teren znajduje się już w posiadaniu miasta; znikają więc koszty nabycia placu, obiedwie eksploatacje dadzą się bardzo dobrze połączyć. Nie jedno wzajemne korzystanie i uzupełnianie się byłoby możebnem tak co do służby, jako też ze względu na letnią eksploatację jednej z eksploatacją drugiej stacji podczas zimy. Sprawność wodociągów podczas dnia korzystnie dopełnioną zostanie ze sprawnością zakładów elektrycznych podczas godzin wieczornych. Tym sposobem można zaoszczędzić różne wydatki, które się zdwajają przy rozdzielonej eksploatacji. Położenie tej stacji jest wprawdzie trochę oddalone od obecnego środka głównego okręgu, położonego w około Teatralnego Placu, leży jednak korzystnie względem nowopowstających dzielnic miasta, rozwijających się w kierunku południowym, jako też względem południowo-zachodniej dzielnicy fabrycznej.

Przy zastosowaniu kondensatorów powierzchniowych, będzie można podczas intensywnej pracy maszyn elektrycznych w zimie, zużytkować znaczne ilości ciepła pary skraplanej dla wody wodociągowej w sieci rur. Tym sposobem osobne pompowanie wody dla kondensatorów maszyn elektrycznych, staje się w zimie zupełnie niepotrzebnem, a woda wodociągowa podgrzana w zimie o kilka stopni, nie marzłaby tak łatwo w rurach instalacji domowych, co obecnie ma miejsce przy bardzo niskiej jej temperaturze. Również podniosłaby się temperatura wewnętrzna w filtrach i osadnikach, zabezpieczając je od zamarzania podczas bardzo silnych i długotrwałych mrozów.

Z drugiej strony plac ten ma tę niedogodność, iż połączenie go z linią drogi żelaznej jest trudne, a ewentualnie bardzo kosztowne; toby spowodowało znaczne koszty dowozu węgla. W lecie należałoby dostarczać specjalnie wodę kondensacyjną, choć w niewielkiej ilości, dla maszyn elektrycznych. Dowóz węgla powiększony, dym, popiół i kurz, chociaż nie stanowią motywów rozstrzygających kwestyę, muszą jednakże być brane pod uwagę, ze względu na blizkie sąsiedztwo filtrów. Przedewszystkiem jednak zakładów elektrycznych, w stadium zupełnego ich rozwoju, o jakim wspomniano wyżej, t. j. z najodpowiedniejszą sprawnością maszyn 12000 kilowat., prawie że nie możnaby pomieścić na Koszykach, nie uciekając się do bardzo ścieśnionego lub nieodpowiedniego rozłożenia. Urządzenie ze sprawnością maszyn 8000 kilowat. dałoby się tu wykonać; urządzenie zaś z większą sprawnością, bez nadmiernego zacieśnienia lub bez zastosowania turbin parowych z wielkimi kotłami dla przeważnej części całej instalacji, nie może być zalecone. Połączenie zaś w jednym punkcie na Koszykach dwóch tak ważnych urządzeń: dostarczających miastu wody i energii elektrycznej, stanowić może zarzut, rozstrzygający poniekąd tę kwestyę, gdyż w razie nadzwyczajnego wypadku, jakiby się mógł zdarzyć na placu, popsulby lub przerwałby prawidłowy bieg obydwóch tych instalacji.

Nakoniec zbadać trzeba alternatywy 4-ch placów, położonych na północ miasta, przy kolei Obwodowej i Powązkach. Mają one zaletę bezpośredniego i krótkiego połączenia z linią kolei, a więc taniość dowozu węgla. Również mają one zaletę łatwego zastosowania ścieków połączonych głównych kanałów miejskich dla kondensacji; na 3-ch z tych placów można będzie wprowadzić wagony drogi żelaznej wprost do składu węgla, a woda kondensacyjna mogłaby być swym naturalnym spadkiem przeprowadzona przez kondensatory. Place w tym miejscu możnaby nabyć tanio, a obszerny teren pozwalałby na korzystne i odpowiednie ugrupowanie całości. Względem kierunku wiatru położenie

nie jest tak korzystnym, jak placów poprzednio wymienionych. Również oddalenie od środka głównego obszaru zasilanego, a szczególnie od południowej części miasta, która się bardzo rozwija, jest stroną ujemną tych alternatyw, tembardziej, że rozwój miasta w kierunku północnym należy uważać za skończony. Co do możliwości skombinowania eksploatacji tej stacji elektrycznej z jakąkolwiek inną, nie da się na razie nic stanowczego obecnie powiedzieć. Stację pomp dla pól irygacyjnych, jako też zakłady służące do spalania śmieci z miasta, należy jeszcze uważać jako projekt zbyt dalekiej przyszłości. Nie można również dziś sądzić o możliwości połączenia z projektowaną w tej okolicy rzeźnią miejską, przy której możliwym by było wyzyskanie ciepła, podczas zimy, do spalania, a zbytku energii w lecie, do ochładzania. Nakoniec niema pewności, czy w rzeczywistości można będzie rozporządzać którym z tych placów na rzecz miasta.

Blіszszy wybór między alternatywami. Z powyższych krótkich objaśnień wynika, że każda z tych alternatyw posiada pewne dodatnie i ujemne strony i stanowczego wyboru uczynić nie można na podstawie ogólnego rozumowania. Należy spróbować wyrazić w ścisłym wartościowym obliczeniu wszelkie oszczędności i koszty związane z temi dodatnimi i ujemnymi stronami, obliczając i oceniając je możliwie dokładnie, jak np. oddalenie stacji od zasilanego obszaru, transport węgla, zaopatrzenie się w wodę kondensacyjną i t. p.

Ogólne opracowanie alternatyw i odpowiedź na niektóre pytania wstępne. Dla tego się okazało niezbędnym opracowanie tych alternatyw więcej szczegółowo. Materiał stąd powstały służyć nam będzie nadto do odpowiedzi na następujące 3 pytania:

1) Czy odpowiednie pomieszczenie stacji centralnej elektrycznej na Koszykach, na placu jaki tam mamy do dyspozycji, jest możliwe wogóle?

2) Czy usprawiedliwionem jest założenie, że woda wodociągowa na Koszykach może być bez szkody zastosowaną do kondensacji maszyn elektrycznych, zapomocą kondensatorów powierzchniowych (a więc bez żadnego zetknięcia z parą), czy ilość tej wody wystarczająca w zimie dla miasta w chwili najmniejszego jej zapotrzebowania, będzie dostateczną dla równoczesnego największego działania maszyn elektrycznych i czy powstałe ztąd ogrzanie wody nie będzie zbyt wielkie?

3) Czy ścieki miejskie połączonych głównych kolektorów A, B i C przy Powązkach będą wystarczające, tak w lecie jak i w zimie, dla wywołania prawidłowej kondensacji maszyn elektrycznych, lub czy będą musiały być uzupełniane z pewnym nakładem postronną wodą i czy to zastosowanie będzie skądinąd korzystnym lub przynajmniej nie pociągnie za sobą strat?

Te alternatywy co do Koszyków przedstawione są w planach 2^a, 2^b, 2^c i 2^d, co do Powązek w 2^e; reszta danych znajduje się w obliczeniach planu 15^{II}/III.

Stacja centralna na Koszykach. Na planach 2^a, 2^b, 2^c i 2^d przedstawiony jest budynek maszyn elektrycznych na południowej stronie budynku maszyn wodociągowych, w kierunku od wschodu do zachodu. Budynek ten zamykałby plac przy wieży ciśnieniowej od strony filtrów, tworząc wielki poprzeczny budynek, którego prawe i lewe skrzydło stanowiłyby obydwaj budynki maszyn wodociągowych. Jak z planu widać, urządzenie to przedstawiałoby bardzo harmonijną całość architektoniczną.

Na planie 2^a, 2^b i 2^c przedstawiony jest budynek maszyn elektrycznych dla pomieszczenia 8-iu leżących maszyn parowych, każda o sprawności 1000 kilowat., czyli dla $\frac{2}{3}$ tej sprawności maszyn, która w pierwszym oddziale tego referatu została wskazana dla pełnego rozwoju całego urządzenia, t. j. dla 70% największej sprawności eksploatacyjnej. Ta okoliczność nie może jednak stanowczo przemawiać przeciwko urządzeniu na Koszykach, ponieważ całkowita

sprawność pełnego urządzenia w przyszłości nie da się wogóle ściśle oznaczyć i musi mniej więcej pozostać w dziedzinie osobistych poglądów; tak, że całkowita sprawność 8000 kilowat. może się w przyszłości okazać tak dobrze usprawiedliwioną jak i wyższa norma 12 000 kilowat. Jednakże z planu 2^a widać, że całe urządzenie o sprawności sumarycznej 12 000 kilowat., składające się z 4-ch maszyn parowych każda po 1000 kilowat. i z 8-iu turbin parowych każda po 1000 kilowat., dałoby się pomieścić nie przekraczając tego swobodnego miejsca, jakie ograniczone jest ze wschodu i zachodu budynkami maszyn wodociągowych, a z północy i południa innymi urządzeniami wodociągowymi i drogami podjazdowymi.

Na planie 2^a tylko budynek maszyn elektrycznych dotyka do budynku maszyn wodociągowych; cała zaś kotłownia pomieszczona jest z drugiej strony alei na szerokim pasie, między dwiema grupami filtrów. Kotłownia, oddalona o 20 m od budynku maszyn, łączy się zapomocą dwóch rzuconych mostów. Na tych mostach pomieszczoneby zostały rury parowe. Z tyłu do kotłowni przylega budynek na pomieszczenie węgla. Bardzo odpowiednio możnaby również rozłożyć obydwie kominy i kanały dymowe.

Dla jednej części, t. j. dla 3-ch maszyn po 1000 kilowat., służyć mają kotły o dużej zawartości wody (kornwalijskie), zaś dla reszty maszyn, dla zaspokojenia dodatkowego zapotrzebowania podczas wieczorów zimowych, kotły wodno-rurkowe. Na planie 2^b przedstawionem jest urządzenie, przy którym dwie grupy kotłów o dużej zawartości wody, pomieszczone są w budynkach, stanowiących bezpośrednie przedłużenie istniejących kotłowni wodociągowych, a więc z prawej i lewej strony budynku maszyn, tak, że powstaje konieczność zbudowania 2-ch małych kominów. W tym razie komunikacja rur parowych byłaby skrócona, równoczesna używalność tych kotłów dla obydwóch instalacji możliwą, a kotłownia pomiędzy dwiema grupami filtrów wypadłaby o wiele mniejszą. Zresztą urządzenie to, nie różniłoby się od urządzenia 2^a.

Na planie 2^c cała kotłownia stacji elektrycznej przylega bezpośrednio do istniejących kotłowni wodociągowych, a to przez odpowiednie przebudowanie istniejącego zachodniego pomieszczenia na węgle i zamienienie go na nową kotłownię, zaś nowe pomieszczenie na węgiel wybudowaneby zostało za nową kotłownią. Toż samo wykonanemby zostało i na zachodnim skrzydle.

Jako zaletę tej ostatniej modyfikacji uważać należy, iż plac między filtrami nie zajęty jest przez kotłownię oddzieloną od budynku maszyn, zmniejsza się długość komunikacji parowej, a służba palaczy koncentruje się tylko w dwóch miejscach zamiast trzech. Na planie 2^d, jak wyżej powiedziano, wykazaną jest możliwość pomieszczenia budynku maszyn dla całkowitej sprawności 12 000 kilowat. Rozłożenie kotłów jest podobne jak na planie 2^b, t. j. dla dwóch jednostek maszyn umieszczone są kotły o dużej zawartości wody w przedłużeniu kotłowni stacji wodociągowej, jednakowo na obydwóch skrzydłach; dla pozostałej zaś liczby maszyn musiałaby powstać bardzo duża kotłownia na południowej stronie, pomiędzy dwiema grupami filtrów.

Z projektów tych widać, że możebnem jest pomieszczenie potrzebnych maszyn dla stacji centralnej elektrycznej, do sprawności 8000 – 10 000 kilowat., na stacji filtrów Koszyki, w zupełnie odpowiedniem przyłączeniu się do istniejących i projektowanych tam budynków, wprawdzie w formie trochę ścieśnionej, ale nie będącej w żadnej kolizji z urządzeniami wodociągowymi. Nawet i pomieszczenie 12 000 kilowat. w razie koniecznej potrzeby bynajmniej nie jest wyłączone.

Stacya centralna na Powązkach. Na planie 2^e przedstawione jest urządzenie stacyi centralnej w północnej stronie miasta, na Powązkach, a to w 4-ch różnych alternatywach (w skali 1:2500), a mianowicie:

№ 1 — na północ od kolei Obwodowej w bezpośredniej bliskości połączenia się kanałów głównych A i C;

№ 2 — przy szosie Mikołajewskiej, na północ od kolei Obwodowej;

№ 2^a — przy ulicy Pokornej, na południe od kolei Obwodowej — i

№ 3 — w północnym rogu trójkąta, zamkniętego ulicami: Młocińską, Burakowską i koleją Obwodową.

Połączenie się z linią drogi żelaznej we wszystkich tych alternatywach jest możliwe, jednakże w jednych mniej, w innych bardziej dogodnym opracowanie szczegółów zależy musi od miejscowych warunków i wymagań zarządu drogi żelaznej. W alternatywach 1, 2 i 2^a można będzie składy węgla i kotłownie urządzić niżej poziomowi drogi żelaznej, tak, iż podjeżdżające bezpośrednio wagony mogłyby zsypywać węgiel wprost do składu; w alternatywie 3-ej trzeba byłoby węgiel przeladowywać na osobne wagoniki kolejki podjazdowej tuż przy składzie węgla. Dla doprowadzenia wody kondensacyjnej urządzonoby rozgałęzienie kolektora tuż za połączeniem się głównych kanałów miejskich z kolektorem bielańskim; na tem rozgałęzieniu urządzony byłby przedewszystkiem osadnik z odpowiednią kratą. Poziom wody kanałowej w tym punkcie, w normalnych warunkach, leżałby na + 18,5 m po nad 0 Wisły i woda ta mogłaby przyplwać własnym spadkiem do niżej ustawionego kondensatora powierzchniowego zapomocą kanału o średnicy 1,2 m. Woda zaś odpływałaby kanałem 300 m długości ze spadkiem 1:1000 i przyłączyłaby się z powrotem do kolektora bielańskiego poniżej, a mianowicie na poziomie 17,5 m. Tym sposobem sztucznie powstałaby różnica poziomowi 1 m.

Toż samo urządzenie jest zastosowane w alternatywie 2-ej, tylko z nieco dłuższym kanałem doprowadzającym i odprowadzającym; woda będzie doprowadzona do kondensatorów na poziomie + 18,0, a odprowadzona od poziomu + 17,0 do punktu poniżej leżącego na kolektorze bielańskim. Tu również zachowany będzie spadek 1:1000 i średnica kanału 1,2.

Alternatywa № 2^a ma pod względem wody kondensacyjnej to samo urządzenie, tylko kanał doprowadzający i odprowadzający jest nieco dłuższy i musi przechodzić pod kanałem C.

Przy tych alternatywach woda kondensacyjna przepływałaby naturalnym spadkiem przez kondensatory. Urządzenie to powoduje nie tylko oszczędności, ale i zapewnia większą prawidłowość eksploatacji, gdyż pompy do kondensatora stają się zbytecznymi, a kondensator będąc zawsze gotowy do działania, umożliwia puszczanie w ruch pojedynczych maszyn.

Przy alternatywie № 3 bierzemy wodę do kondensacji również z wyżej wspomnianego osadnika, przy połączeniu się kanałów głównych A i C, jednakże w tym razie okazuje się niezbędnem zastosowanie małych pomp centryfugalnych, poruszanych motorem elektrycznym ze stacyi centralnej i doprowadzających wodę do kondensatorów zapomocą przewodów, oznaczonych na planie kolorem zielonym; przewody dla odpływu ułożone równolegle w tym samym rozkopie, odprowadzają wodę napowrót do kolektora bielańskiego. Inne techniczne ogólne urządzenia tego doprowadzania i odprowadzania wody widoczne są z planu 2^e.

Woda kondensacyjna na Koszykach i Powązkach. Na pytanie wstępne 2 i 3, odnośnie do potrzebnej wody kondensacyjnej, szczególnie podczas forsowej zimowej eksploatacji urządzeń elektrycznych, znajduje się odpowiedź w aneksie 15, II.

Obliczenia te osnute są:

- a) na rozwoju stacyi w pierwszym jej okresie, przypuszczając sprawność na maks. 2000 kilowat., równocześnie zużywających się;
- b) na rozwoju w drugim okresie, przy sprawności maks. 3000 kilowat., równocześnie zużywających się;
- c) na rozwoju całkowitym stacyi, o sprawności maks. 10 000 kilowat., równocześnie zużywających się.

Z obliczeń otrzymujemy, że dla okresu pierwszego należy dostarczyć w ciągu roku 6 000 000 koni parowych indykowanych — godzin, dla drugiego okresu 8 400 000 konio-godzin, a na koniec dla instalacji skończonej 26 000 000 koni parowych indykowanych — godzin; przeciętnie więc wypada dziennie 16 400 albo 23 000 lub 71 000 indyk. konio-godzin.

Dla zestawienia potrzebnych ilości wody kondensacyjnej zarówno podczas eksploatacyi letniej jak też i zimowej, miarodajnym jest stosunek zachodzący pomiędzy sprawnością przeciętną miesięczną lub dzienną i sprawnością w miesiącach czerwcu i grudniu.

Stosunek ten zmienia się zależnie od większego lub mniejszego zapotrzebowania energii dla motorów lub dla oświetlenia.

W Frankfurcie n./M., uwzględniając stosunki miejscowe i znaczne ilości energii oddawane dla motorów, stosunek użytecznych kilowat-godzin w czerwcu i grudniu wyraża się jak 1 do 2, a więc stosunek czerwca : do przeciętnego miesiąca : do grudnia jak 1 do 1,5 do 2.

W miastach większych, w których przeważa użycie energii do celów oświetlenia nad energią dla motorów, stosunek użytecznie oddanej energii w miesiącu czerwcu do tejże w grudniu ma się jak 1 : 4, a stąd stosunek czerwca : do przeciętnego miesiąca : do grudnia jak 1 do 2,5 do 4; dla Warszawy zaś przyjmując stosunek konsumpcyi czerwcowej do grudniowej jak 1 : 3, a zatem czerwiec : do przeciętnego miesiąca : do grudnia jak 1 do 2 do 3.

Przyjęto ilość wody na Koszykach, będącą w rozporządzeniu:

Pora roku	Obecnie	Po wykończ. wodoc.
podczas lata	40 000 m ³	120 000 m ³
na wiosnę i w jesieni	30 000 „	90 000 „
podczas zimy	20 000 „	60 000 „
podczas zimy w ciągu godziny	630 „	2 500 „

Podniesienie temperatury wody przy maksymalnej sprawności stacyi centralnej elektrycznej wynosiłoby od 3,6 do 6 stopni, a ponieważ w porze zimowej woda rzeczna posiada 0 stopni, więc podgrzanie jej w tych granicach z punktu techniki wodociągowej może być uważane za pożądane. W czasie wiosny i jesieni podniesienie temperatury wynosiłoby od 1,8 do 2,8 stopni, podczas lata od 0,8 do 1,2 stopni, co oddziaływałoby niekorzystnie na wodę do picia, szczególnie latem.

Dlatego więc musiano by teraz już mieć na względzie konieczność zaopatrzenia się w odpowiednią ilość wody kondensacyjnej podczas 7-iu miesięcy w ciągu roku, a mianowicie: w końcu wiosny, podczas miesięcy letnich i w pierwszych miesiącach jesieni, na wypadek gdyby stacyę centralną elektryczną umieszczono na Koszykach.

Ilość tej wody potrzebnej wynosiłaby:

- a) w pierwszym okresie budowy 3000 m³ dziennie
- b) w drugim „ „ 4000 „ „
- c) przy końcu budowy 12000 „ „

Codzienny odpływ wód ściekowych w kanale głównym na Powązkach przyjęto jak następuje:

Pora roku	Obecnie i w niedalekiej przyszłości	Przy wykonieniu sieci kanałów
podczas lata	20 000 — 30 000 m ³	100 000 m ³
na wiosnę i w jesieni . . .	16 000 — 24 000 „	80 000 „
podczas zimy	12 000 — 18 000 „	60 000 „
podczas zimy, w ciągu godz.	500 — 750 „	2 500 „

Z obliczeń wynika, że ilość wód ściekowych odpływających dziś kanałem głównym przewyższa potrzebną ilość wody kondensacyjnej w okresie pierwszym budowy — latem 8 razy, na wiosnę i w jesieni 5 razy, zimową porą 3—4 razy; a dalej, że cyfry te czynią także zadość potrzebom pełnego rozwoju, gdyż potrzebna ilość wody kondensacyjnej na godzinę w miesiącu grudniu nie przewyższa ilości ścieków. Innemi słowy, odpływ wód kanałowych o każdym czasie, a nawet w fazie najbardziej natężonej pracy zakładów elektrycznych, okazuje się, dla celów kondensacyjnych, dostatecznym.

Co się dotyczy podniesienia temperatury wody ściekowej, to wynosiłaby ona latem 1½ do 2-ch stopni, zimową porą od 6 do 7 stopni; pozostaje zatem w granicach dopuszczalnych.

Dla alternatywy „Powązki“ posiadamy więc w odpływających kanałach wodach ściekowych, o każdej porze, zapas dostateczny dla kondensacji.

Na Koszykach podczas 5 do 6 miesięcy zimowych, a na Powązkach przez rok cały, wolni jesteśmy od przeszkód i kłopotów związanych z dostarczaniem wody kondensacyjnej w tak znacznych ilościach, czerpanych z rzeki tak kapryśnej jak Wisła.

Zapasy wód na Koszykach z jednej, a ścieki kanałowe z drugiej strony, zabezpieczyłyby prawidłowy bieg całego urządzenia nawet wtedy, gdyby na miejscu czerpania wody na czerniakowskiej stacyi pomp zaszła chwilowa i nieprzewidziana przeszkoda.

Te dwie alternatywy nie podlegałyby przeszkodom i niepewnościom ruchu, nie byłyby więc narażone na straty stąd wynikające. Prawidłowość i bezpieczeństwo działania przy alternatywie Koszyki, a bardziej jeszcze przy alternatywie Powązki, znakomicie przez to się zwiększa.

Finansowe porównanie alternatyw. Załatwiwszy się z pytaniami wstępnymi, pozostaje nam obecnie porównawcze pod względem ekonomicznym zestawienie tych alternatyw, które wchodzi do programu, a mianowicie: „Dobra“, „Praga“, „Koszyki“, „Powązki“ № 1, № 2, № 2^a i № 3. Porównania przedstawiono w tablicy aneksu 15-go. Za podstawę do obliczenia przyjęto w każdym poszczególnym wypadku nadwyżkę rocznych kosztów ogólnych, składających się z procentów, amortyzacyi i kosztów samej eksploatacyi.

Wzięto zarazem do porównania analogiczne fazy budowy, a zatem okres pierwszy, drugi i wykończoną całość.

Nadwyżka kosztów podzieloną została na dwie grupy, a mianowicie do pierwszej zapisano: wartość placu, połączenie kolejowe, dowóz węgla, przeladunek węgla, urządzenie dla kondensacyi i eksploatacyi tegoż urządzenia, zabezpieczenie miejsca czerpania wody, specjalne urządzenia dla zapewnienia wody kondensacyjnej (pozycya 1—8). Do drugiej: wydatki roczne (pozycya 9) wynikające z nadwyżki kosztów głównych przewodów zasilających.

Porównanie poszczególnych alternatyw pomiędzy sobą, oparte na pozycjach 1 — 8, a także na sumie wszystkich wydatków łącznie z pozycją 9, uwi-

docznione u dołu tablicy; przyjęto przytem alternatywę „Dobra“, jako najbliższą leżącą i najtańszą ze wszystkich, za podstawową.

Sądząc z nadwyżki kosztów pierwszej kategorii (pozycya 1—8), wyłączając zatem pozycyę 9, najtańszą ze wszystkich urządzeń, okazuje się *alternatywa Powązki Nr. 1*, a mianowicie: w pierwszym okresie budowy o 9700 rubli rocznie, a przy całkowitem wykończeniu o 33 000 rubli rocznie. Wynik taki przypisać należy tej okoliczności, że transport węgla dla stacyi centralnej *Dobra* zaważył kwotą 4000 rubli, ewentualnie 18 000 rubli rocznie, a dalej że koszt doprowadzenia wody kondensacyjnej przewyższa o 3200 a względnie 11500 rubli rocznie więcej od tychże urządzeń na Powązkach.

Co prawda koszt transportu węgla mógłby w przyszłości, przez urządzenie kolejki obsługującej fabryki na Powiślu, lub też przez zastosowanie tramwaju elektrycznego do tegoż celu, uleść pewnej redukcji.

Natomiast wynika z dalszego badania tablicy, że wszelka nadwyżka kosztów, wyrażona w pozycjach 1—9, zostaje przy alternatywie „Dobra“ wyrównaną przez oszczędność na przewodach głównych zasilających, dzięki korzystnemu centralnemu rozmieszczeniu stacyi elektrycznej.

Oszczędności osiągnięte rocznie przy tej alternatywie w pierwszym i drugim okresie rozwoju przedstawiają około 5000 do 6000 rubli— przy całkowitem zaś wykończeniu cyfra dochodzi do 11 000, biorąc do porównania z kolei najtańszą alternatywę, mianowicie „Pragę“.

Porównanie „Dobrej“ z alternatywą „Powązki“ przedstawia korzyści następujące: w okresie pierwszym i drugim „Dobra“ wykazuje oszczędności od 9000 do 11 000 rubli, w okresie pełnego rozwoju około 60 000 rubli rocznie względnie do alternatywy Powązki № 1.

„Koszyki“ zaś droższe są od „Dobrej“ w okresie pierwszym i drugim, od 15 do 16 000 rubli, w okresie pełnego rozwoju o 55 000 rubli rocznie.

Nadmienić przytem wypada, że dla jednostajności porównania zasadniczego przyjęto dla wszystkich alternatyw jednakowe napięcie, wytworzone na stacyi centralnej i przeprowadzone głównymi przewodami, mianowicie 4000 wolt. Co prawda, napięcie takie dla alternatywy „Dobra“, z przyczyn poprzednio wyszczególnionych, jest najodpowiedniejszym; dla alternatywy „Praga“, „Powązki“ i „Koszyki“ byłoby odpowiedniem powiększenie napięcia do 5000 wolt. Osiągnięto by przez podwyższenie napięcia całkowite wyrównanie nadwyżki kosztów na kable przy alternatywie „Praga“, przy pozostałych zaś alternatywach wyrównanie byłoby bardzo znaczne.

Nie należy zapominać, że nadwyżka kosztów rocznych o 11 000 a względnie 9000 rubli w okresie rozwoju pierwszym i drugim, dla alternatywy Powązki № 1, stanowi zaledwo 3 a ewentualnie 2% od całkowitych rozchodów rocznych instalacyi elektrycznej.

Przy tych zestawieniach finansowych nie uwzględniono okoliczności, których na razie w wartości pieniężnej wyrazić nie było możebnem, między innymi również oszczędność wynikająca z połączenia stacyi centralnej elektrycznej z jakąbądź inną instalacją miejską. Oszczędność ta byłaby na „Koszykach“ największą, zaraz po tej alternatywie następowałaby „Dobra“.

Miasto Warszawa znajduje się zatem w tych korzystnych warunkach, że dla zbudowania centralnej stacyi elektrycznej posiada dość znaczny wybór alternatyw, ułatwiających pomyślnie tej sprawy rozwiązanie.

Opierając się wyłącznie na *kosztach*, porządek alternatyw byłby następujący: „Dobra“ i „Praga“ jako równoważące, zaraz po nich „Powązki № 1“, dalej „Powązki № 2“, „Powązki № 2^a“ i „Koszyki“.

Uwzględniając jednak wszystkie okoliczności, porządek będzie następujący: „Dobra“ i „Powązki № 1“ równoważnościowe, dalej „Praga“, „Powązki № 2 i 2^a“, następnie dopiero „Koszyki“.

Alternatywa „Powązki № 3“ we wszystkich wypadkach zajęłaby miejsce po za projektami „Powązki № 2 i 2^a“, a możnaby ją uważać za równoważnościową z № 2^a.

Wybór projektu opartego na alternatywie „Dobra“. Na zasadzie wszechstronnego rozpatrzenia sprawy przyszedłem do wniosku, że alternatywa „Dobra“, jako najbliższej położona, jako najłatwiej dająca się urzeczywistnić, posiadająca szereg niezaprzeczonych zalet, zasługuje najbardziej na uwzględnienie i na niej też projekt swój oparłem. Jednakże wypracowanie projektu stacyi centralnej z drobnymi zmianami może być bezpośrednio zastosowane i do innych alternatyw. Wydawało mi się usprawiedliwionem wyznaczyć tej alternatywie pierwszeństwo, albowiem przedstawia ona pod względem finansowym rozwiązanie *najtańsze*, a następnie, napięcie nie przekracza 4000 volt. Nadwyżka kosztów wynikająca z przewozu węgla, ulegnie w przyszłości zmniejszeniu przez przeprowadzenie kolejki, a na koniec stacya centralna w tem miejscu da się nadzwyczaj korzystnie skombinować ze stacyą do przepompowywania ścieków dla sieci Powiśla, sprzyja więc pomyślnemu rozwiązaniu jednej z palących kwestyj zarówno zdrowotnego jak też i ekonomicznego znaczenia.

Opracowany na tej zasadzie projekt ogólny, przedstawiony został na tablicach aneks 3 do 14 włącznie. Tablice 3 i 3^a zawierają ogólny plan instalacji. Tablice 4, 5, 4^a, 4^b, 5^a i 5^b wyobrażają sieć główną przewodów, oraz sieć pierwszorzędą, drugorzędą i pomocniczą, z oznaczeniem głównych punktów zasilających i wyrównywających, węzłów sieci pierwszorzędnej i drugorzędnej, oraz transformatorów. Uwydatniono na tych tablicach rozwój budowy zarówno w pierwszym jak też w końcowym okresie. Stacyę centralną przedstawiono na tablicach 6, 6^a, 7 i 8. Kamerę podziemną z transformatorami oraz punkt wyrównywający wyobrażają tablice 9 i 10, dalsze zaś wykreślenia na tablicach 11 do 14 służą jako materiał objaśniający do projektu.

III.

Opis stacyi centralnej.

a) Plac i budynki.

Plac. Stacya centralna, podług tablicy 6, rozmieszczona została nad brzegiem Wisły, na placu starego wodociągu przy ulicy Dobrej położonym. Front gmachu ciągnie się wzdłuż głównej ulicy Bulwarowej, wysoko położonej nad brzegiem Wisły, skrzydło północne budynku dotyka przedłużenia projektowanej ulicy Karowej. Plac frontowy od ulicy Dobrej, jako bardziej wartościowy, o szerokości 30 do 35 m, pozostają bądź to jako do budowy przeznaczone, bądź też do innych celów zarezerwowane.

Budynki. Budynek maszyn przeznaczony jest do przyjęcia 4 maszyn parowych o sile 1000 kilowat. i 4 maszyn o sile 2000 kilowat., bądź też 6 maszyn o sile 1000 kilowat. i 6 turbin parowych o sile 1000 kilowat. każda, a więc w jednym jak i w drugim wypadku sprawność maszyn w sumie równać się będzie 12000 kilowat. Długość budynku 100 m, szerokość 24 m.

Kotłownia mieści się za budynkiem maszyn. Przeznaczoną jest na ustawienie 20 kotłów o dużej zawartości wody w 10 grupach, po 2 kotły każda. Powierzchnia ogrzewalna każdego z tych kotłów wynosi 95 do 100 m². Oprócz tych ma być ustawionych jeszcze 20 kotłów wodno-rurkowych, również w 10 grupach po 2 kotły, każdy o powierzchni ogrzewalnej 250 do 260 m².

Kotłownia będzie 94 m długa, 35 m szeroka.

Pomieszczenie dla pomp. Pośrodku kotłowni i łącznie z budynkiem maszyn, znajduje się pomieszczenie dla pomp o wymiarach 17 m długości i 14 m szerokości. W tej przestrzeni ustawionoby pompy ssące, pompy dla wody kondensacyjnej, maszyny do zamiany prądu oraz maszyny pomocnicze.

U ścian szczytowych kotłowni znajdują się 2 przybudówki. Mieszczą się w nich podgrzewacze; tuż przy nich 2 kominy, każdy o średnicy 4 m w świetle u wylotu, a wysokość kominów wynosi 75 m.

Tuż po za kotłownią znajduje się skład węgla, połączony kolejką przeprowadzoną przez otwory bramowe. Średnia długość składu 90, szerokość 40 m. Zawartość, licząc układ węgla od 4,5 do 5 m wysokości, wynosić może 12 000 ton (tona = 61 pudów).

U południowej ściany szczytowej budynku maszyn przewidziany jest warsztat reparacyjny i pomieszczenie dla robotników.

U północnego szczytu tegoż zabudowania mieści się stacya pomp dla wód ściekowych, spływających tutaj z dzielnicy dolnego miasta. Przestrzeń zachowana w tym celu wynosi 22 m długości i 21 szerokości. Z tym zakładem pomp łączy się bezpośrednio, od strony zachodniej, osadnik i kamera ssąca dla pomp, od strony wschodniej zaś studnia zlewowa z odnogą prowadzącą do upustu burzowego, prowadzącego bezpośrednio do Wisły.

Front budynku maszyn posiada występ po środku o długości 15 m i wgłębienia 8 m. Na parterze mieści się westibul, na pierwszym piętrze pomieszczenie dla tablic rozdzielowych, dla maszyn i kabli.

Część środkowa budynku maszyn otrzyma odpowiednie architektoniczne wykończenie.

Przed frontem budynku maszyn, od strony Wisły, znajdują się 4 podziemne budowle w rodzaju nisz, przeznaczone dla pomieszczenia pomp centryfugalnych, dostarczających wodę do kondensatorów powierzchniowych. Pompy te otrzymują wodę rzeczną z dwóch studzien, położonych nad brzegiem, czerpiąc ją z jednego miejsca. Dwa kanały, wychodzące z obydwóch rogów budynku maszyn, odprowadzają wodę z kondensatorów napowrót do rzeki.

Stosunek poziomów. Profile poprzeczne uwydatniają w anekcie 7 stosunki poziomów.

Wysoki stan wód na Wiśle, w miejscu projektowanej stacyi centralnej, może być przyjęty okrągłą cyfrą + 22 stopy, czyli + 6,75 m powyżej zera Wisły na Moście Aleksandryjskim. Poziom ulicy Bulwarowej, przed budynkiem maszyn przyjęto + 7,50 m.

Podłoga w budynku maszyn wzniesiona o + 0,5 m, to znaczy, że poziom jej znajduje się na + 8,06 stóp.

Ze względu na dogodnie i dostępne ustawienie kół armaturowych dla wielkich maszyn prądu zmiennego, posiadających średnicę 8 m, podłoga piwnic znajdować się powinna o 4,5 m poniżej podłogi na parterze, a zatem na poziomie + 3,5 m nad zerem Wisły.

Piwnice pod całym budynkiem maszynowym, kotłownią oraz pod występem, położone są na jednym poziomie. Fundament pełny pod gmachem wykonany zostanie z betonu o grubości 1 m do 1,60 m. Przedostawanie się wody

gruntowej do piwnic podczas wysokiego poziomu Wisły ma być uniemożliwione zarówno przez staranne wykonanie fundamentów betonowych, jako też przez nieprzenikliwe wyprowadzenie murów obwodowych po nad fundamentem; niezależnie od tego mury zewnętrzne mają być zaopatrzone w nieprzeziąkliwą powłokę asfaltową.

Suchość piwnic, pomimo położenia ich o 3 m pod poziomem wysokich wód, niezależnie od przytoczonych powyżej środków, zabezpieczy pompa centryfugalna o wielkiej bardzo sprawności, obsługująca urządzenia kondensacyjne, a dalej urządzenie pomp dla wód ściekowych, znajdujące się w najbliższym sąsiedztwie budynku maszyn.

Wszystkie przewody rurowe, umieszczone w piwnicach budynku maszyn i ułożone we wnękach fundamentu betonowego, otrzymają w poziomie podłogi odpowiednie pokrycie.

b) Urządzenia maszynowe.

Wybór systemu motorów. Co do wyboru motorów uczyniono dwie propozycje, uwidocznione w aneksach 6 i 6^a. W aneksie 6 przyjęło wszystkie motory jako maszyny parowe, w aneksie 6^a natomiast połowa (o sprawności 6000 kilowatów) składa się z maszyn parowych, druga połowa z turbin parowych.

W drugiej propozycji maszyny parowe przeznaczone są do stałego działania, i z tej przyczyny ustawione są pośrodku budynku; jako rezerwa zaś służą turbiny parowe, podczas niewielu godzin wieczorowych w porze zimowej, gdy zapotrzebowanie przewyższa sprawność maszyn parowych.

Zastosowanie turbin parowych dla dodatkowego działania podczas zimy.

Dla tej propozycji miarodajne są następujące przyczyny:

Koszt wytwarzania i dostarczania energii elektrycznej w miastach składa się głównie z procentów i umorzenia kapitału zakładowego, w mniejszej zaś części z kosztów eksploatacji. Z obliczeń rozmaitych urządzeń okazuje się możliwość przyjęcia w okrągłych cyfrach, że koszty ogólne energii elektrycznej składają się w $\frac{1}{3}$ części z procentów od kapitału zakładowego, w $\frac{1}{3}$ z umorzenia tegoż, w $\frac{1}{3}$ z kosztów eksploatacji.

Z tych ostatnich kosztów, połowa t. j. $\frac{1}{6}$ ogólnych kosztów wydaje się na administrację, to jest na koszty nie zmieniające się w stosunku do większej lub mniejszej ilości wytwarzanej i dostarczanej energii; druga tylko część, t. j. $\frac{1}{6}$ ogólnych kosztów wypada na węgiel, smary i t. d., t. j. zależną jest od ilości prądu wytworzonego i dostarczonego w ciągu roku.

Obliczenia wydatków rocznych urządzeń elektrycznych dla Warszawy dały te same wyniki.

Dla ciągłego działania wybór maszyn parowych i kotłów zasadzać się powinien na możliwie najmniejszym zużyciu węgla. W innych zaś motorach, służących do zaspokojenia zwiększonego zapotrzebowania energii w niewielu godzinach wieczorowych w zimie, a mianowicie: w listopadzie, grudniu i styczniu, koszt nakładu powinien być przedewszystkiem możliwie zredukowanym, chociażby się to odbić miało na kosztach eksploatacji przez powiększenie rozchodu węgla i rozchodów eksploatacyjnych.

Cel ten może być osiągniętym przy motorach przez zastosowanie turbin parowych. Turbina parowa przedewszystkiem jest tańszą od maszyny parowej równej sprawności, ze względu na znaczną ilość obrotów (1500 na minutę) poruszana przez turbinę maszyna dla prądu zmiennego może być stosunkowo małą i tanią. Turbina parowa o sprawności 1500 koni par., łącznie z maszyną wytwarzającą prąd zmienny, zajmuje przestrzeń 13,50 m długości, 2,50 m szerokości

i 2,50 m wysokości, gdy tymczasem 1500-konna maszyna parowa wymaga znacznie więcej miejsca, a mianowicie 15 m długości, 8 do 9 m szerokości i 7 do 8 m wysokości; tym więc sposobem turbina parowa, łącznie z swobodnym przejściem obok, wymaga zaledwie połowy tej przestrzeni, co maszyna parowa.

Sily działające na wał turbiny parowej wywołują równomierny moment obrotowy, wskutek czego odpada konieczność budowy ciężkich i kosztownych fundamentów. Zastosowanie turbin parowych w danych warunkach spowoduje znaczne oszczędności w budynkach maszyn.

Dla Warszawy porównawcze zestawienie kosztów nakładowych oraz wydatków eksploatacyjnych rocznych, dla maszyny parowej o sprawności 1000 kilowat. i dla turbiny parowej równej sprawności, łącznie z kosztem kotłów, budynkami dla maszyn i kotłów, tak się przedstawiają:

	Koszt nakładowy	Wydatki roczne
Maszyna tandem compound	315 500 rs.	38 045 rs.
Maszyna o potrójnej ekspansji	307 000 „	37 090 „
Turbina parowa	225 000 „	27 150 „

Podług gwarancyi otrzymanej w czasie konkurencyi, odbytej przy urządzeniu stacyi centralnej elektrycznej w Elberfeldzie, zużycie pary przy wymienionych trzech systemach może wpaść:

dla maszyny o potrójnej ekspansji	10,0	} kg pary na użyteczną kilowat-godzinę na tablicy rozdzielowej.
„ „ tandem compound	11,5	
„ turbiny parowej	13,0	

Do ilości pary zużytej doliczono nadto pewien zapas na straty; dalej uwzględniono zastosowanie pary miernie przegrzanej, a nakoniec przypuszczono, że obciążenie chwilowe wahać się będzie pomiędzy $\frac{2}{4}$ i $\frac{4}{4}$ obciążenia całkowitego (pełnego).

Z powyższego wynika następujący rozehód roczny (na materiał opałowy)¹⁾:
na 1000 kilow.-godz.

dla maszyn o potrójnej ekspansji	rs. 10,60
„ „ tandem compound podwójnych	„ 12,20
„ turbin parowych	„ 13,80

W aneksie 14 zostały przedstawione graficznie ilość pary gwarantowanej dla rozmaitych obciążeń i wyniki odnośnych obliczeń. Wykreślenia te pokazują jak się koszty ogólne poszczególnych 3-ch systemów maszyn mają względem siebie, przy stopniowo wzrastającym okresie wytwarzania energii elektrycznej.

Z powyższego zestawienia wynika, że koszt ogólny wytwarzania energii elektrycznej przy turbinach parowych, przyjmując ilość godzin światła w ciągu roku do 3125, jest mniejszy aniżeli przy maszynach o potrójnej ekspansji, zaś przy 6875 godzinach tańszy aniżeli przy stosowaniu maszyn podwójnych tandem compound.

Dla maszyn zapasowych, przeznaczonych do działania dodatkowego podczas eksploatacyi zimowej, czas trwania oświetlenia jest znacznie krótszym aniżeli w podanych powyżej cyfrach, i znajduje się w granicach od 500 do 1000 godzin. Dla takiego okresu maszyna parowa jest znacznie droższą, około 8000 do

¹⁾ Zarówno płace dzienne jak i koszt smarów w cyfrach podanych nie zostały pomieszczone, albowiem służba na stacyi centralnej mniej więcej pozostaje bez zmiany, a wydatki na smary nieznacznie zaważyłyby na szali; wydatki te przy użyciu turbin parowych są mniejsze aniżeli przy maszynach parowych.

10 000 rubli rocznie, zatem 25 do 30% droższą od turbiny parowej i pozostaje droższą nawet wtedy, gdy konsumpcja pary przez turbiny okazałaby się jeszcze większą. Z punktu więc finansowego, zastosowanie turbin parowych do potrzeb zapasu jest najwłaściwszem, bo powoduje poważne zmniejszenie kosztów całej instalacji oraz kosztów produkcji.

Dalsze zalety turbin parowych. Turbiny parowe zastosowane jako motory zapasowe, posiadają inne jeszcze poważne zalety: na wypadek naglącej potrzeby puszczenie turbin w ruch nie wymaga uprzedniego podgrzania, co przy maszynach parowych tak znacznych wielkości jest niezbędnem.

Puszczenie turbin parowych w ruch zasadza się na otwarciu wentyla. Czynność tę może skutecznie maszynista bez niczyjej pomocy, a po upływie kilku sekund turbiny dochodzą do pełnej liczby obrotów; smar używa się tylko do łożysk i niewielu płaszczyzn podlegających tarcia. Oliwienie wewnętrznych części turbin, przez które przechodzi para, zupełnie jest zbytecznem. Wskutku tego woda kondensacyjna posiada stopień czystości wody destylowanej i służy jako znakomita woda do zasilania kotłów parowych. Turbina parowa, dzięki swej konstrukcyi i tej okoliczności, że wewnętrzne jej części nie wymagają smarowania, szczególnie się nadaje do stosowania pary przegrzanej.

Zużycie turbin parowych podczas ruchu jest nieznaczne, a podczas spokoju turbiny mniej są narażone na uszkodzenie przez stale działające wpływy ujemne, aniżeli maszyny parowe z wielkimi powierzchniami uszczelniającemi i podlegającemi tarcia, z wieloma wentylami i dławnicami.

Przykłady zastosowania turbin parowych. Turbiny parowe w ciągu szeregu lat zostały należycie wypróbowane; od kilku lat zbudowano je w wielkościach do 700 koni parowych, a miasto Eberfeld zawarło z fabryką umowę o dostawienie dwóch turbin parowych o sprawności 1000 kilowat. dla stacji centralnej obecnie budowanej. Gwarancye przez miasto żądane zgodne są z tem, co na wstępie powiedziano. Turbiny parowe dla Elberfeldu, o ilości 1500 obrotów na minutę, można będzie połączyć z maszyną dla prądu zmiennego, wyłączając wszelkie ogniwa pośrednie, stanowiące przy tak znacznej szybkości pewne niebezpieczeństwo.

Co do możliwości równoległego połączenia z maszynami parowemi poruszającemi maszynę dla prądu zmiennego, nie zachodzi żadna wątpliwość. Turbiny parowe posiadają absolutnie równomierną prędkość obrotową, proponowane zaś maszyny parowe dla prądu zmiennego otrzymują również równomierną szybkość obrotową przez użycie wielkiego koła rozprędogo i dwóch korb ustawionych względem siebie pod kątem 90° lub 108°.

W praktyce istnieją już połączenia równoległe maszyn parowych dla prądu zmiennego z turbinami wodnemi; różnice co do momentu obrotowego i równomierności biegu są znacznie większe aniżeli pomiędzy projektowaną kombinacją turbin parowych z maszynami parowemi.

Turbiny parowe zalecone dla rezerwy. Na turbiny parowe można więc liczyć jako na motor pewny, dobrze działający, a do celów powyższych szczególnie przydatny. Dla rezerwy zatem w ciągu miesięcy zimowych instalacja tego rodzaju, przedstawiona na tablicy 6^a, bardzo się zaleca.

Natomiast tablica 6 przedstawia wewnętrzne urządzenie stacji centralnej, składające się wyłącznie z maszyn parowych, gdyż wydawało się odpowiedniem mieć tę kombinację na oku przy oznaczeniu powierzchni budynku maszyn i dyspozycyi co do przestrzeni na wypadek, gdyby zdecydowano się wyłącznie korzystać z maszyn parowych.

<i>Instalucya maszynowa</i> składa się zatem, albo z	kilow.
4-ch maszyn par. z dynamomaszynami dla prądu zmien. o sprawn. użyt. 1000	
4-ch " " " " " " " " " " " " 2000	
lub też z	
6-ciu maszyn par. z dynamomaszynami dla prądu zmien. o sprawn. użyt. 1000	
6-ciu turbin " " " " " " " " " " " " 1000	

Maszyny parowe.

Maszyny par. 1000 kilowat. przewidziane są o sprawności 1200—1500 k. p. rzec. „ „ 2000 „ „ „ „ „ „ 2400—3000 „

Proponowany dla nich system tandem, a mianowicie podwójny tandem compound z dwoma cylindrami wysokiego i dwoma niskiego ciśnienia, albo też tandem z potrójną ekspansją, z jednym cylindrem wysokiego, jednym średniego i dwoma niskiego ciśnienia.

Ze względów ekonomicznych zaleca się zasilanie lamp i motorów jako też dostarczanie energii dla tramwajów uskutecznić, co najmniej, podczas dnia i podczas okresu możliwie długiego, przy pomocy jednej i tej samej maszyny albo szeregu maszyn. Wymaga to dużej równomierności biegu i zdolności szybkiego regulowania maszyn. Proponowane systemy maszyn z ciężkimi kołami rozpedowymi posiadają zalety wymienione.

Maszyny o potrójnej ekspansyi, jak również turbiny, urządzone są na ciśnienie 12 atmosfer w kotłach i 11 atmosfer w maszynach, zaś tandem-compound maszyny na ciśnienie 10 atmosfer w kotłach i 9 atmosfer w maszynach, oprócz zastosowania pary średnio przegrzanej o temperaturze 250—270° C.

Do projektu i obliczeń przyjęte zostały maszyny o potrójnej ekspansyi, droższe przy kupnie lecz tańsze co do eksploatacyi.

Maszyny ustawiono poziomo, albowiem pionowe zmontowanie przy wysokości tak znacznej wymagałoby zarówno przy obsłudze jak też na wypadek naprawy kłopotliwych czynności, a nadto budynek maszyn musiałby otrzymać wysokość nadzwyczajną. Poziomy układ daje lepszy pogląd na całość i wygodną obsługę.

Maszyny parowe posiadają wały kolanowe i korby ustawione względem siebie pod kątem 90, albo 108°.

Maszyna, wytwarzająca prąd zmienny jest zupełnie oddzieloną od maszyny parowej. Dostępność więc, masowe ugrupowanie części maszyny elektrycznej, czyni ustrój taki najbardziej korzystnym i usprawiedliwia zastosowanie wałów kolanowych.

Ilość obrotów. Dla maszyny parowej ilość obrotów przyjęto 75 na minutę; jest to, mojem zdaniem, dla maszyn tak dużych, przeznaczonych do eksploatacyi długotrwałej, racjonalniejszym aniżeli wybór większej prędkości.

Urządzenie kondensacyjne. Maszyny parowe posiadają kondensatory powierzchniowe, zaś pompy cyrkulacyjne oddzielnie od maszyn umieszczone zostały.

Dla pomp cyrkulacyjnych wybrano zresztą typ pomp odśrodkowych, najmniej wrażliwych na zanieczyszczenie wody.

Kondensacya powierzchniowa z pompami cyrkulacyjnymi posiada jeszcze i tę zaletę, że puszczenie w ruch wielkich maszyn odbywa się w sposób bardzo prosty, gdyż próżnia powstaje natychmiastowo. Okoliczność ta posiada niemałe znaczenie przy szybko następującem połączeniu równoległym tak wielkich maszyn, jak projektowana, szczególnie przy raptownie zapadającym zimroku w porze zimowej.

Pompy cyrkulacyjne, poruszane elektrycznie, otrzymają przystawki walowe z kołami zębatymi.

Woda zaczerpnięta z Wisły z dwóch punktów przejdzie przez mur bulwarowy, do okratowanych osadników, a z tych do studzien czerpalnych o średnicy trzymetrowej. Z tych studzien woda zapomocą przewodów z żelaza lanego dostanie się do pomp odśrodkowych.

Napełnienie pomp odśrodkowych, jako też przewodów syfonowych, uskuteczni się zapomocą eźektorów parowych.

Ilość wody kondensacyjnej. Przy maksymalnym obciążeniu maszyn i wysokiej temperaturze wody wiślanej, każda maszyna 1000 kilowat. zużyje 400 do 450 m³ wody kondensacyjnej na godzinę; na maszynę zaś 2000 kilowat. liczyć wypadnie ilość podwójną, — wypada więc, że dla maszyn mniejszych (por. aneks 15, IV) należy urządzić:

4 pompy odśrodkowe, każda o wydajności 125 litrów na sek., dla maszyn wielkich:

4 pompy odśrodkowe, każda o wydajności 250 litrów na sek.

Każda z tych pomp przepędzi wodę przez ustawione w najbliższym sąsiedztwie maszyn 2 kondensatory powierzchniowe, a następnie woda spełniwszy swoje zadanie, powróci do Wisły.

Przewody zarówno ssące jako też i odprowadzające tworzą syfony, więc pompy mają tylko tarcie do przewyciężenia. Dla małych pomp odśrodkowych wystarczy motor elektryczny 20-konny, dla wielkich pomp przewiduje się motor 35-konny.

Jak widać z planu, przewody od każdej pompy prowadzą wprost do maszyn. Oprócz tego przewody łączą się wzajemnie zapomocą rury, o średnicy 70 do 50 cm, w ułożonej w przednim przejściu piwnicy. Zapomocą szybrów umieszczonych na tej rurze, można każdą maszynę zaopatrzyć w wodę kondensacyjną z jednej albo drugiej grupy pomp cyrkulacyjnych, na wypadek gdyby własna pompa musiała być bezczynną.

Zużytkowanie wody ściekowej do celów kondensacji. Wspomniana rura przedłużona jest w kierunku północnym i łączy się z dzwonem powietrznym tłoczącym pomp kanałowych. Na wypadek zamulenia jednego a nawet drugiego miejsca czerpania, można skorzystać z wód ściekowych, spływających z dolnego miasta, a względnie z dopływu zwiększonego części wód z górnego miasta, zastępując czasowo wodę rzeczną.

Przy całkowitem wykończeniu stacji centralnej, maksymalne zapotrzebowanie wody kondensacyjnej, (por. aneks 15 II), wyniesie:

przy wodzie wiślanej ciepłej, to znaczy podczas lata, 250 litrów na sekundę

„ „ „ zimnej, to „ „ zimy, 700 „ „ „

Tę ilość możnaby, jak to z opisu w aneksie 15 VI wynika, otrzymywać z pomp kanałowych dolnej sieci.

Kombinacja taka byłaby zresztą możliwą na stałe. Urządzenie pomp kanałowych stanowiłoby rezerwę dla urządzeń kondensacyjnych stacji centralnej—a przez to osiągnąćby można prawdopodobnie dalsze oszczędności zarówno przy budowie jak i podczas eksploatacji.

Maszyny dla prądu zmiennego. Maszyny dla prądu zmiennego w ustroju swoim ustawione są bezpośrednio na kołach rozpędowych maszyn parowych. Każdą maszynę zaopatrzone w dynamomaszynę pobudzającą, obsadzoną na przedłużeniu wału; każda zatem jednostka maszynowa jest zupełnie niezależną.

Maszyny dla prądu zmiennego, jak już wspomniano, służą do wytwarzania prądów wysokiego napięcia. Szpule indukowane o wysokim napięciu obsadzono naokoło koła rozprędnego.

Bieguny magnesów ze swoimi zwojami są przysrubowane do pierścienia koła rozprędnego w kierunkach promieni.

Prąd pobudzający niskiego napięcia doprowadza się zapomocą pierścieni do szpul pobudzających biegunów magnesowych. Maszyny są urządzone dla 3000 pełnych peryodów na minutę (50 na sekundę), otrzymują więc przy projektowanej liczbie 75 obrotów 80 biegunów.

Korytarz dla kabli. Od każdej maszyny prowadzą 4 kable do tablicy rozdzielowej, a mianowicie: dwa dla prądu pobudzającego do regulatora i dwa dla wysoko napiętego prądu zmiennego.

Przewody te, jak widać z przekroju budynków, w aneksie 7, pomieszczone zostaną na izolatorach we wschodnim korytarzu podłużnym piwnicznym budynku naszyn.

Kotłownia. Dla dostarczenia potrzebnej ilości pary, pomieszczone są w kotłowni 20 kotłów o dużej zawartości wody, oraz 20 kotłów wodnorurkowych; 2 kotły stanowią grupę i posiadają obmurowanie wspólne.

Maszyny parowe, jak już zresztą wspomniano, otrzymają ze względów ekonomicznych średnio przegrzaną parę. Przegrzanie do 300 stopni w kotle dozwala na doprowadzenie pary do maszyn o 260 do 270 stopniach.

Z aneksu 15 V wynika, że zużycie pary jednej maszyny na godzinę wyniesie maksymalnie 10 000 kg. Zużycie pary przez turbiny wyniesie normalnie 10 000, maksymalnie 12 500 kg. Stąd otrzymujemy maksymalne zużycie pary przez stację centralną 120 000 kg na godzinę.

Kotły o dużej zawartości wody. Każdy kocioł obliczony na maksymalne dostarczenie 2000 do 2500 kg pary w ciągu godziny.

Pięć kotłów wystarczy dla jednostki maszyn przy maksymalnej sprawności.

Kotły o dużej zawartości wody, korzystnie wyzyskujące materiał opałowy, są przeznaczone zarówno do działania stałego jako też do wydarzającego się częściej działania dodatkowego; są też one ustawione bezpośrednio za ścianą zachodnią budynku maszyn, o ile można najbliżej przy maszynach parowych.

Każdy kocioł posiada przegrzewacz i podwójne połączenie z główną rurą doprowadzającą parę, i jest w możności dostarczać bądź to parę przegrzaną, bądź też po wyłączeniu przegrzewacza, parę nasyconą.

Przegrzewacz, jak to widać z przekroju na aneksie 6, mieści się bezpośrednio za kotłem i może być wyjmowany.

Kotły wodnorurkowe są przeznaczone do spełnienia krótkotrwałej służby dodatkowej, podczas zimowych miesięcy, gdy sprawność 4-ch pierwszych jednostek maszynowych przekraczana zostaje. Zasada wyłuszczenia przy rozpatrywaniu turbin parowych posiada i tu swoje znaczenie, a mianowicie: przy działaniu krótkotrwałem mniej ważną odgrywa rolę zużycie materiału opałowego, aniżeli taniłość możliwa samej instalacji. Dlatego też wybrano kotły wodnorurkowe.

Zaopatrzone je, jak to również widać z przekroju, w przegrzewacze, stanowiące w danym wypadku nieodłączną część składową samych kotłów, gdyż służyć one mają w komplecie jako zapas dla spodziewanego działania dodatkowego.

Przewody parowe. Główny przewód parowy tworzy pierścień, otaczający przede wszystkim całą kotłownię. Niezależnie posiada 2 połączenia poprzeczne,

na prawo i lewo od pomp, tak, że w razie potrzeby przewód główny da się rozdzielić na 2 zupełnie od siebie niezależne przewody, również pierścieniowe.

Każdy kocioł otrzyma połączenie z przewodem głównym. Do maszyn zaś para doprowadza się zapomocą krótkich i bezpośrednich odnóg. Przy dyspozycji połączeń zwrócono uwagę na to, ażeby para od kotłów, szczególnie zaś od kotłów przeznaczonych do stałego działania, a zatem od kotłów o wielkiej zawartości wody — przechodziła możliwie najkrótszą drogę ku maszynom. Przez to uwzględniono stosowanie pary przegrzanej i otrzymuje się system przewodów z możliwie małą stratą ciepła.

Na prawo i lewo od każdej rury łączącej kotły z maszynami, ustawiono szybry. To samo urządzenie powtarza się w odpowiednich odstępach na przewodach wzdłuż kotłów o dużej zawartości wody. Tym sposobem można część dowolną przewodu, ze złączonymi kotłami odciąć, nie przerywając prawidłowej działalności w pozostałej części przewodu, i połączonych z nią kotłów i maszyn.

Kamera dla rur. Wschodnia połowa przewodu pierścieniowego znajduje się (por. przekrój stacji centralnej) w piwnicy budynku kotłowego, w kamerze bezpośrednio dotykającej muru budynku maszyn.

Wszystkie połączenia kotłowe mają miejsce w samej kotłowni, długość ich wypada minimalna, mur budynku maszyn przebity zostaje tylko w 8-iu punktach, dla 8-iu przewodów doprowadzających parę do maszyn. Unika się przeprowadzenia przewodu podłużnego w piwnicach budynku maszyn z nieuniknioną stratą ciepła.

Kamera mieszcząca przewody parowe oraz wentyle, znajdujące się w kotłowni, może być zamknięta, w skutek czego temperatura w kamerze może być wysoka. Straty zatem ciepła ograniczałyby się do minimum.

Wentyle (por. aneks 7) mogą być rozmieszczone albo w kamerze dla rur, albo też w przejściu po za kotłami.

Wentyle zamykające dopływ pary do maszyn posiadają jeszcze specjalne urządzenie z korbą ręczną, umożliwiającą obsługę z podwórza maszynowego.

Ustrój przewodu pierścieniowego dla alternatywy uwzględniającej turbiny parowe, w podobny sposób jest dokonany.

Przegrzewacz przedstawiono w przekroju (aneks 7); mieści się on w kamerze po za kotłami o dużej zawartości wody; gazy przechodzą bezpośrednio z pod kotłów do przegrzewacza, a na wypadek uszkodzenia przegrzewacza, przewidziany jest korytarz 3,5 m wysoki, przez który usunięcie nie przedstawia żadnych trudności.

Kanały dymowe i kominy. Kanały dymowe przeprowadzono po nad kotłami o wielkiej zawartości wody i po nad przegrzewaczami; przez to przejście po za kotłami w piwnicy staje się swobodnem dla przewodów parowych, przestrzeń ta zazwyczaj służy do pomieszczenia kanałów dymowych.

Przy kotłach wodnorurkowych kanały dymowe znajdują się w piwnicy, to jest poniżej podłogi gmachu kotłowego.

System przewodu pierścieniowego zastosowano również dla kanałów dymowych, łącząc część północną z południową w pomieszczeniu dla pomp. Połączenie to dotyka muru głównego budynku maszyn i projektuje się w kształcie akwaduktu o przekroju 2 do 2¹/₂ m w świetle. Kanał dymowy podzielony jest zapomocą szybów na pewną ilość sekcji, a każda część może być odcięta, wyłączoną i poddaną reparacji, przy równoczesnem działaniu pozostałej części przewodu pierścieniowego.

Dla odprowadzenia gazów przewidziane są 2 kominy o średnicy 4 m u wylocu, wyniesione do wysokości 70 m powyżej terenu.

Podgrzewacz. Na kanałach dymowych, prowadzących od kotłów o dużej zawartości wody znajduje się, przed wejściem do komina, podgrzewacz, służący do podgrzania wody zasilającej ciepłikiem uchodzącym. Na każdym z dwóch kanałów dymowych pomieszczono 2 podgrzewacze o ilości rurek 200 do 240, a o powierzchni ogrzewalnej 200 do 240 m². Mieszczą się one w przybudówce 17 m długiej i 8 m szerokiej, przy szczytach północnym i południowym kotłowni.

Na kanałach dymowych od kotłów wodnorurkowych podgrzewacze tymczasowo nie zostały zaprojektowane; jednakże przygotowano wszystko tak, że dodanie ich w każdej chwili będzie można uskuteczyć.

Pompy zasilające i pomieszczenie dla pomp. Do zasilania kotłów potrzebna jest maksymalna ilość wody 120 000 litrów na godzinę.

Dla dostarczenia tej ilości przeznaczono:

4 pompy o wydajności	9000 do 12000 litrów na godzinę
4 „ „ „ „	18000 do 24000 „ „ „

Miejsce do pomieszczenia tych pomp znajduje się pomiędzy maszynami i kotłami. Pompy czerpią wodę ze zbiornika, do którego dopływa woda kondensowana bądź bezpośrednio, bądź też po oczyszczeniu jej od tłuszczów, i pędzą ją następnie przez podgrzewacz do kotłów, do których woda zasilająca doprowadza się przy temperaturze około 100 stopni.

W pomieszczeniu dla pomp przewidziane jest miejsce swobodne na ustawienie maszyny transformującej prąd zmienny na stały, gdyby do pewnego celu okazała się na stacji centralnej potrzeba prądu stałego; również znajdzie się tu miejsce dla maszyn pomocniczych, pomp kondensacyjnych i t. p.

Skład węgla. Bezpośrednio po za budynkiem kotłowym znajduje się skład węgla. Uwzględniając z jednej strony przeszkody jakim dostawa węgla może podlegać, a z drugiej, doniosłość absolutnie pewnego działania stacji centralnej, zapas węgla powinien równać się 3 do 4-miesięcznemu zapotrzebowaniu podczas zimy.

Maksymalna ilość potrzebnego w owym czasie węgla, wynosi 3000 ton miesięcznie. Skład węgla zatem powinienby starczyć na 12000 ton. Ponieważ stacja centralna na Dobrej bezpośrednio połączenia z koleją żelazną mieć nie może, a w przyszłości liczyćby można tylko na kolejkę dojazdową, urządzenie składu węgla musi być zastosowane do obsługi furmankami.

U ściany szczytowej północnej przewiduje się kolejkę z wózkami wywrotnymi. Węgiel przybywający na wozach, a w przyszłości na wózkach kolejkowych, przetrzucanoby na kolejki stacji centralnej. Wózki podnoszonoby zapomocą 2-ch wind elektrycznych na wysokość 6 m nad poziomem terenu i podłogę składu, na tor kolejki nadziemnej. Jak to na przekroju uwidoczniło, 4 tory kolejki przecinają skład, w oddaleniu 9 m oś od osi toru. Węgiel może być wysypany w miejscu dowolnem. Przez szereg tarcz obrotowych, swobodna komunikacja wewnątrz składu na torach kolejki nadziemnej dokona się bez przeszkód.

Kolejka nadziemna na planie № 6 oznaczoną została liniami kropkowanymi.

Dla przewozu węgla ze składu do kotłów, projektowane kolejki na poziomie oznaczone są na planie № 6 liniami pełnymi. Tory i tarcze tej kolejki znajdują się na poziomie podłogi składu. Przy napełnionym składzie tor pokryty zostaje węglem, po usunięciu którego tor zostaje oswobodzonym.

Kolejka pozioma posiada 5 połączeń z kotłownią i komunikację z kolejką wewnętrzną ułatwiają 5 tarcz obrotowych. Kolejka wewnętrzna mieści się wzdłuż osi pasa 7 m szerokiego, ciągnącego się pomiędzy kotłami o wielkiej zawartości wody i kotłami wodnorurkowymi.

Bezpośredni dowóz węgla od składu do miejsca spalania odbywa się przy pomocy kolejki wewnętrznej.

Do usuwania popiołu i odwózki żużli projektowany jest tunel. W nim mieści się wzdłuż kotłów kolejka, na niej przed każdym kotłem wózek wyrotny, do którego spada popiół. Wózki te podnoszą się z pomocą wind do poziomu kolejki w składzie węgla, a za ich pośrednictwem usuwanie popiołu odbywa się po za granicę budynków i składów.

Konstrukcja żelazna dźwigająca kolejkę nadziemną, podług planu № 7. służy równocześnie do podtrzymywania wiązań dachowych. Dach wznosi się po nad torem zachodnim kolejki nadziemnej o tyle, że komunikacja swobodna po tym torze zupełnie jest możliwą; wysokość w tem miejscu po nad windą mostową wynosi 2 m.

Dach składu węgla o spadku 1 : 20, oraz kotłowni pokryty zostanie holcementem.

Winda mostowa. Po nad halą maszyn przeprowadzono windę mostową elektrycznie przesuwaną. Siła nośna windy powinna być taką, ażeby najcięższe składowe części maszyn, ważące około 25 ton, można było podnieść. Szyny po których przesuwana się winda wyniesione są po nad podłogą hali maszyn 12 m. a opierają się obustronnie na murach podłużnych budynku.

Wentylacja. Na dachu budynku maszyn obsadzono 3 wielkie nadstawki wentylacyjne o przekroju 8-kątnym i średnicy około 4 m.

Odpływ powietrza w porze letniej może być wzmocniony zapomocą wentylatora elektrycznego. Dla przewietrzenia budynku kotłowego, po nad każdą grupą kotłów mają być urządzone oberlichty, służące równocześnie do oświetlenia podczas dnia.

Oświetlenie. Oświetlenie stacyi centralnej ma być dokonane zapomocą lamp łukowych zasilanych prądem zmiennym. Prócz lamp łukowych stacya otrzyma jeszcze oświetlenie lampkami żarowymi, umieszczonemi w najważniejszych punktach, dla oświetlenia maszyn, tablicy rozdzielowej i instalacji kotłów. Zasilanie lampek żarowych może być uskutecznione bądź prądem zmiennym o 120 wolt., bądź też małą baterią akumulatorową, otrzymującą prąd stały. Zapomocą zwrotnika automatycznie działającego można w chwili przerwy w oświetleniu skierować prąd zmienny na akumulatory. Potrzebne transformatory prądu zmiennego na stały mogą być umontowane w pomieszczeniu dla pomp.

Podział na dwie części od siebie niezależne. Z planu widać, że całość stacyi centralnej z maszynami, pompami, kotłami, przewodami, kanałami dymowymi i t. d. może być podzielona przez środek na dwie zupełnie od siebie niezależne części, eksploatacja może się odbywać oddzielnie i w 2-ach skrzydłach. Gdyby w jednym skrzydle przydarzył się niespodzianie wypadek, eksploatacja drugiego skrzydła może trwać bez przeszkody.

e) Stacya pomp dolnego miasta.

Jak już poprzednio wspomniano, jedna z zalet zbudowania stacyi centralnej przy ulicy Dobrej — tkwi w złączeniu jej ze stacyą pomp dla dolnej części miasta.

Potrzebna do tego celu instalacja przedstawioną została na planie № 6 i opisana w aneksie 15-ym, do niniejszego sprawozdania dołączonym.

Stacya pomp składa się z pomieszczenia dla maszyn i pomp długości 22 m, szerokości 21 m, w którym ustawiono pompy i motory elektryczne.

Woda kanałowa wypływa do osadnika umieszczonego około zachodniego muru budynku maszyn. Zapomocą sita wstrzymują się w osadniku najgrubsze

zawartości wody ściekowej, która przedostaje się następnie w pomieszczeniu dla pomp — do kamery ssącej.

W warunkach normalnych woda ściekowa ma być przepompowywana do głównego kanału „C” na Krak.-Przedm. W czasie deszczu, przy równoczesnym wysokim poziomie Wisły — około 2,50 m po nad zerem mostu Aleksandryjskiego, woda ściekowa musi być wtłoczona do Wisły.

Ilość wód ściekowych i maszyny do przepompowywania. Ilość wody brudnej, jaką przy wykończonej sieci dolnego miasta wypadnie przepompowywać, wyniesie:

średnio	270	litrów	na	sekundę
minimalnie	140	„	„	„
maksymalnie	400	„	„	„

Ilość tę wypadnie podnieść do poziomu kanału „C”, należącego do górnego systemu. Niezależnie od tej ilości wód brudnych, wypadnie jeszcze uwzględnić wodę z drobnych deszczów, dłużej trwających, a dających około 500 litrów, razem więc maksymalnie 900 litrów na sekundę.

Do spełnienia tej pracy potrzeba:

2-ch małych pomp o wydajności 150 litrów na sekundę	każda
2-ch dużych „ „ „ „ 450 „ „ „ „	„ „ „ „

które w pomieszczeniu dla pomp przeznaczonym mogłyby znaleźć dla siebie miejsce.

Wysokość podnoszenia ścieków wynosi 30,5 m.

Każda pompa składa się z systemu trzech pomp, poruszanych korbami znajdującymi się na wspólnym wale, tworząc kąt 120°.

Poruszanie pomp będzie się odbywało zapomocą motorów elektrycznych, a mianowicie:

dla małych pomp o sile	75	koni
„ wielkich „ „	225	„

Przewód dla ścieków z rur lanych o średnicy 0,50 m, ułożony zostanie wzdłuż ulicy Karowej.

Ilości wód deszczowych, przewyższające cyfrę maksymalną 900 litrów na sekundę, wpuszczane będą wprost do Wisły przelewem burzowym dla dolnego systemu kanałów. Zależy to jednak od poziomu wysokich wód; o ile te nie dosięgną poziomu +2,50 m, odpływ dokona się sam przez się, siłą ciężkości; przy wyższym poziomie wody w rzece nastąpi przelew mechaniczny zapomocą pomp. Sprawność pomp musi być taka, ażeby przy poziomie +6,75 m, czyli przy najwyższym stanie Wisły, przepompowywanie wód dolnego miasta nie przedstawiało trudności.

Podłoga budynku maszyn i pomieszczenia dla pomp projektuje się na poziomie +7,00 m, a zatem 0,25 m po nad najwyższym poziomem Wisły. Rury ssące z kamery ssącej i rury tłoczące prowadzące do studni zlewnej, w połączeniu z pompami do wody deszczowej, utworzą syfony; maszyny więc przezycieżają tylko wydarżającą się czasami różnicę poziomów.

Przy poziomie wód w kamerze ssącej +2,50 m, najwyższa wysokość podnoszenia wynosi 4,25 m, a doliczając jeszcze tarcie w przewodach, otrzymamy okrągło 5,00 m.

Do odprowadzania wody deszczowej stosowane będą pompy odśrodkowe. Małe motory o sile 75 koni rzecz. byłyby w możności podnieść 600 do 700 litrów na sekundę. Duże motory o 225 koniach rzecz. wyrzucałyby 2000 do 2200 litrów na sek., przyjmując najwyższy stan wody w Wiśle.

Przy stosunkowo niższym poziomie wysokich wód w rzece, wydajność pomp byłaby stosunkowo większą.

Każdy motor 75-konny połączony jest z jedną pompą pluwierową wysokiego ciśnienia o wydajności 150 l na sekundę, oraz z pompą odśrodkową o wydajności 600 do 700 l na sekundę.

Każdy motor 225-konny połączony jest z pompą pluwierową wysokiego ciśnienia dla 450 l na sekundę, oraz z pompą odśrodkową o sprawności 2000 do 2200 l na sekundę.

Pompy są zbudowane tak, że motory mogą być połączone bądź z pluwierami, bądź też z pompami odśrodkowymi.

Stacya pomp graniczy, jak widać z rysunku, z ulicą Karową; doprowadzenie więc i odprowadzenie znacznych ilości wód ściekowych odbywa się w przewodach możliwie najkrótszych, a strata spadku jest najbardziej ograniczoną. Profil kanału głównego pod ulicą Karową posiada kształt dzwona, o szerokości i wysokości 2,40 m, z rynną do odpływu normalnej ilości wód ściekowych.

Odnogi dopływowe i odpływowe do stacyi pomp, jako też wylot do przelewu burzowego, otrzymają przekrój okrągły o średnicy 2,40 m.

Na wszystkich kanałach urządzono zasuwę, uniemożliwiającą wtargnięcie wody wiślanej do wnętrza przewodów ściekowych dolnego miasta, a równocześnie ułatwiający wypompowywanie ich, podczas wysokiego stanu wód do chwili, w której mury bulwarowe ochronią dolne miasto od zatapiania.

Odnosnie do dalszych szczegółów stacyi pomp, odsyłamy do aneksu 15 VI i 15 VII.

d) Tablica rozdzielowa.

Ogniwo łączące stację centralną z systemem rozdzielowym, stanowi tablica rozdzielowa.

Tablica ta dzieli się na dwie części, na tablicę rozdzielową dla maszyn i tablicę dla kabli.

Tablica rozdzielowa dla maszyn. Na tablicy rozdzielowej dla maszyn mieszczą się wszystkie instrumenty miernicze oraz przyrządy przeznaczone do włączania i regulowania maszyn, do ich łączenia równoległego, do mierzenia siły prądu i dalej ustawione są na tablicy woltmetry do oznaczenia wysokości napięcia w rozmaitych punktach sieci.

Pomieszczenie tej tablicy znajduje się (por. przekrój na planie № 7) na pierwszym piętrze występu. Dostęp i obsługa odbywa się zapomocą galeryi wzniesionej 5 m po nad podłogą budynku maszyn. Z tego miejsca łatwo objąć okiem całe wnętrze budynku maszyn i skontrolować bieg całej instalacji.

Po za tablicą rozdzielową, w rozmaitych wysokościach umieszczone są szyny zbiornikowe dla oświetlenia i motorów z jednej, a dla obsługi tramwajów z drugiej strony.

Każda z maszyn posiada dwubiegunowy komutator, pozwalający ją łączyć z szynami zbiornikowymi bądź dla światła, bądź też dla tramwajów.

Tablica rozdzielowa dla kabli. Wzdłuż ściany wschodniej pomieszczenia dla tablic rozdzielowych, znajduje się tablica rozdzielowa dla kabli. Podzielono ją na 5 części. Z tych dwie części po prawej i dwie po lewej stronie, służą dla przewodników głównych, zasilających sieć, przeznaczoną dla lamp i motorów, część zaś środkowa przeznaczoną jest dla przewidywanego w przyszłości ruchu tramwajowego. Ostatnia część pomieścić może 4 — 6 kabli; cztery części po-

przednio wymienione, służące do oświetlenia i motorów, pomieścić mogą po 5 przewodników głównych, co razem wynosi 20 głównych przewodników zasilających.

Schemat rozdzielowy, aneks 12 i 13.

Całe urządzenie uwydatniono na aneksie 12. gdzie wskazane są:

- a) połączenia maszyn dla prądu zmiennego i odnośnych maszyn pobudzających z tablicą rozdzielową maszynową, oraz połączenie z szynami zbiornikowymi dla światła i tramwajów;
- b) łączenia instrumentów i przyrządów;
- c) łączenie lamp fazowych i woltmetrów;
- d) łączenia przewodu pierścieniowego z tablicą rozdzielową dla kabli zarówno dla potrzeb oświetlenia jako też dla tramwajów;
- e) podział tablicy rozdzielowej na części, i połączenie z głównymi przewodnikami zasilającymi;
- f) połączenia głównych przewodników zasilających z głównymi punktami zasilającymi;
- g) połączenia przewodników pomocniczych i wyrównywujących;
- h) układ sieci pierwotnej, transformatorów i sieci wtórnej;
- i) urządzenie przewodników kontrolujących, oraz woltmetrów dla oznaczenia napięcia maszyn i punktów mierniczych całej sieci;
- k) połączenie kabli zasilających dla ruchu tramwajowego z szynami zbiornikowymi stacyi transformującej;
- l) łączenie maszyn, przetwarzających prąd zmienny na stały, maszyn pomocniczych i baterji wyrównywującej;
- m) przeprowadzenie przewodników przewidzianych na wypadek bezpośredniego zasilania tramwajów ze stacyi transformatorów.

Na drugim schemacie (por. aneks 13), dla jasności przedstawiono rzecz całą, opuszczając jednak szczegóły.

Plan ten pokazuje połączenie deski rozdzielowej dla kabli z głównymi punktami zasilającymi, znajdującymi się pośrodku odpowiednich rewirów, przy czem występuje na jaw bezpieczeństwo całego urządzenia, osiągnięte przez zastosowanie przewodu pierścieniowego oraz przewodników pomocniczych i wyrównywujących.

W aneksie 15, VIII mieści się też szczegółowy opis schematu rozdzielowego.

Podział tablicy dla obsługi tramwajów i światła. Dwa systemy szyn zbiornikowych na głównej tablicy rozdzielowej umożliwiają skierowanie działania każdej dowolnej maszyny na potrzeby bądź oświetlenia, bądź ruchu tramwajowego. To samo odnosi się do grup maszyn, których praca może być dowolnie wyzyskana dla jednego lub drugiego celu.

Prócz dwubiegunowych komutatorów dla maszyn, przewidzianym został przerywacz, za którego pomocą można połączyć bezpośrednio dwa wzmiankowane systemy szyn.

Przy takiej kombinacji możliwem jest dostarczenie energii podczas dnia, lub też w jakimkolwiek okresie doby, dla obydwóch celów jednocześnie—przy pomocy jednej maszyny albo jednej grupy maszyn. Oszczędność i prostota w układzie stąd wynikająca jest bardzo znaczna.

Przeprowadzenie systemu przewodu pierścieniowego na tablicach rozdzielowych. System przewodu pierścieniowego przeprowadzono ze szczególną starannością na tablicach rozdzielowych zarówno maszynowych jak i dla kabli.

Szyny zbiornikowe maszynowej tablicy rozdzielowej podzielone są na 2 oddziały.

Szyny zaś zbiornikowe tablicy rozdzielawej dla kabli, przeznaczonych do oświetlenia, podzielono, zgodnie z 4-ma oddziałami na tablicy, na 4 części—niezależnie tworzy się 5-ta część samodzielna, przez połączenie 2-ch oddziałów prawych z 2-ma oddziałami lewymi.

Do tego oddziału 5-go przyłączony jest kabel pomocniczy, który, na wypadek uszkodzenia jednego z kabli zasilających, prowadzących do 3-ch głównych punktów w dzielnicy środkowej miasta, a mianowicie do punktu 100, 200 i 300, położonych na rogu Miodowej - Senatorskiej, Trębackiej - Wierzbowej, Mazowieckiej - Berga, mógłby zastąpić czasowo jego miejsce.

Znajdujące się obok siebie oddziały szyn zbiornikowych można połączyć za pomocą przerywacza i wtedy tworzą one całkowicie zamknięty pierścień, okalający z jednej strony całą tablicę rozdzielawą kabli, z drugiej—tablicę rozdzielawą maszyn.

Na wypadek wyłączenia jednego oddziału, reszta pierścienia pozostaje w działaniu, a eksploatacja nie podlega przerwie. Pozostaje również możliwość zasilania oddziału kabla pomocniczego bądź z prawej, bądź też z lewej strony — przerywając wówczas połączenie ze strony przeciwnej.

Tak samo jak dla światła, system pierścieniowy powtarza się dla tramwajów. Szyny zbiornikowe dla ruchu tramwajowego, znajdujące się na głównej tablicy rozdzielawej, tworzą przewód pierścieniowy z oddziałem zarezerwowanym na tablicy rozdzielawej kabli. Łączenie i wyłączanie odbywa się tutaj w sposób powyżej opisany.

Podział obszarów zasilania na oddziały tablicy rozdzielawej kabli. Kable prowadzące energię elektryczną od tablicy rozdzielawej kabli do punktów głównych zasilających, rozrzuconych po obszarze zasilanym, rozmieszczone są w ten sposób i tak są połączone z 4-ma oddziałami na tablicy, że z żadnego z tych oddziałów nie wychodzą 2 kable obsługujące punkty zasilające, blisko siebie leżące.

Przeciwnie, każdy z 4-ch oddziałów obsługuje główne punkty zasilające, rozłożone tak, ażeby o ile można znajdowały się od siebie najdalej i w obszarach możliwie jednakowego wymiaru.

Rozkład ten uwidocznił został na małym szkicu schematycznym aneksu 13-go, przez użycie rozmaitych kolorów odpowiadających 4-m oddziałom tablicy rozdzielawej. Dwa oddziały po lewej stronie tablicy oznaczono kolorem niebieskim i żółtym, dwa oddziały po prawej — kolorem czerwonym i zielonym.

Te same barwy zachowano również dla głównych przewodników zasilających.

Na planie 3 oznaczono obszary zasilania, obsługiwane przez 19 kabli zasilających, barwami odpowiadającymi tym oddziałom tablicy rozdzielawej, skąd dostarczany będzie prąd.

Stąd wynika, iż każdy obszar pojedynczy, odpowiadający danemu oddziałowi tablicy rozdzielawej, otoczony jest przez obszary, do których energia dopływa z pozostałych 3-ch oddziałów tablicy rozdzielawej.

Jeżeli więc, z jakiegokolwiek przyczyny, jeden oddział tablicy rozdzielawej musi być wyłączony z działania, a przez to główne przewody zasilające, z tym oddziałem związane, pozbawione są prądu, każdy z punktów głównych danego obszaru tak jest położony, że otrzymuje prąd z otaczających go obszarów — pozostałych w działaniu prawidłowym — zapomocą przewodników wyrównujących.

Równocześnie z tym podziałem prądu dla głównych punktów zasilających, starano się jeszcze o możliwie odpowiedni rozdział na prawą i lewą połowę tablicy rozdzielawej. Układ taki przedstawiono na planie 3^b, na którym kolorem

niebieskim oznaczono lewą, czerwonym zaś prawą połowę tablicy. Obszary zaś 1, 2 i 3 otrzymujące prąd za pomocą przewodnika pomocniczego, a bądź to z prawej, bądź z lewej strony, oznaczono kreskowaniem czerwonym i niebieskim.

Na wypadek więc, gdyby jedna połowa tablicy rozdzielowej musiała być wyłączoną z działania, dostarczanie energii nie ustaje.

Obok każdego bowiem punktu zasilającego pozbawionego prądu, znajduje się drugi, który otrzymuje energię z drugiej połowy tablicy rozdzielowej.

Pomieszczenia w występie budynku głównego. Na pierwszym piętrze w występie budynku głównego mieszczą się tablice rozdzielowe i wszystkie przyrządy, łączniki, bezpieczniki, instrumenty i t. d., służące dla maszyn i przewodników; na drugim piętrze umieszczono przewody pierścieniowe z przerywaczami i innymi przyrządami.

Umontowanie tych części dokona się w taki sposób, ażeby dostęp zarówno do przewodników jako też do przyrządów był łatwy i bezpieczny.

Nadto wzięto pod uwagę urządzenie tego rodzaju, ażeby przerywacze mogły być poruszane z odległości, mianowicie od głównej tablicy rozdzielowej.

Od tablicy rozdzielowej dla kabli, główne przewodniki prowadzą energię elektryczną w pionowych szybach, rozmieszczonych po prawej i po lewej stronie głównych drzwi wehodowych, na dół do piwnicy, pod występem budynku głównego. Założone pod ziemią, prowadzą do pojedynczych punktów zasilających obszaru miejskiego.

IV.

Opis systemu rozdzielowego.

Plany i tablice dodatkowe. System rozdziału, to jest sieć przewodników i transformatory, przedstawiono na planach 3 i 3^a. Tablica 4 i dodatkowe 4^a i 4^b zawierają sieć dla obszaru całkowitego, w granicach przyjętych za podstawę dla projektu, wyłączając tylko tę przestrzeń, dla której w chwili obecnej opracowanie sieci byłoby bezcelowe. Na tablicy 5-iej i należących do niej 5^a i 5^b wykreślono na skalę 1 : 2500 te obszary miasta, które w pierwszym i drugim okresie budowy otrzymać mają sieć kabli.

Jako zasadę przy numeracji planów i tablic dodatkowych przyjęto, że numera 4 i 5 obejmują wtórną sieć rozdzielową i szyby dla transformatorów, dodatki z literą „a” — pierwotną sieć rozdzielową i główne punkty zasilające, dodatki z literą „b” — główne przewodniki zasilające oraz przewodniki pomocnicze i wyrównywające.

Ujednostajnienie znakowania. System ujednostajnienia w oznaczeniu rozmaitych części tak rozległego zakładu elektrycznego posiada poważne i doniosłe znaczenie nie tylko dla projektowania, lecz w większym jeszcze stopniu dla budowy i podczas eksploatacji. Chodzi mianowicie o to, ażeby oznaczyć każdą część składową instalacji: kabel zasilający, główne punkty zasilające, szyby transformatorów, odgałęzienia sieci pierwotnej i wtórnej w sposób możliwie krótki i dokładny, z któregooby można było od razu określić położenie danej części wraz z przynależnymi przyrządami — unikając przytem wszelkiej pomyłki. Znakowanie powinno być ułożone w ten sposób, ażeby przy dalszym rozwoju sieci numeracja mogła być stosownie rozwiniętą, bez przerw lub określeń specjalnych. W aneksie 15, IX

został pomieszczony opis znakowania, a podczas opracowania projektu, jako też ułożenia tablic, systematycznie z niego korzystano.

Tablice aneksu 15, X^{a-c} i XI^{a-c}. W powyżej wymienionych tablicach w trzech działach mieści się:

a) liczba, długość, oraz przekroje i sprawność głównych przewodników zasilających podług aneksu 15, XII;

b) długość pojedynczych odgałęzień sieci pierwotnej oraz liczba i wydajność zasilanych transformatorów;

c) sprawność każdego z transformatorów w projektowanych szybach, oraz długość i sprawność wychodzących stąd pojedynczych linii wtórnej sieci zasilającej, licząc każdą linię w całości jako też na metr bieżący kabla tej sieci (podług aneksu 15, XII).

Podano zarazem wszędzie ilość przypadających materiałów i robocizny, a mianowicie rowy dla pomieszczenia kabli, skrzyżowanie ulic, rury ochronne, końcówki dla kabli, łączniki, spójnienia i t. d. i t. d.

Opis planu przewodów, aneks 3. W aneksie trzecim oznaczono pojedyncze obszary miasta kolorem, odpowiadającym kolorowi tej części tablicy rozdziałowej, z której czerpać będą energię, a mianowicie kolorami: niebieskim, czerwonym, żółtym lub zielonym.

Główne przewodniki zasilające, a względnie ich grupy, oznaczono kolorem czerwonym; grubość kreski oznacza ilość głównych kabli jaką na danej przestrzeni ułożyć wypadnie.

Główne punkty zasilające oznaczono czerwonymi kółkami i numerami 100, 200, 300 i t. d.

Na tablicy 3^a podane są powtórnie główne punkty zasilające, kolorem zielonym oznaczono punkty wyrównywające a, b, c, d, a wreszcie uwydalniono sieć pomocniczą i wyrównyującą.

Aneks 4 i 5. Na tablicach 4 i 5 oznaczono główne punkty zasilające, farbą niebieską wykreślono całkowitą sieć wtórną, a jej punkty węzłowe oznaczono niebieskimi kółkami i punktami, do nich bowiem doprowadza się przetransformowany prąd zmienny o niskim napięciu.

Na tablicach 4^a i 5^a mieści się sieć pierwotna, łącznie z transformatorami, przez nią zasilanymi.

Na tablicach 4^b i 5^b uwidoczono główne punkty zasilające oraz przewodnik główny pomocniczy i wyrównyujący.

Przez oznaczenie tych części składowych sieci na pojedynczych arkuszach, umożliwionem zostało jasne przedstawienie przedmiotu.

System rozdziału. Przy wyborze systemu można przyjąć pod uwagę rozmaite alternatywy, a mianowicie:

prąd jednofazowy z siecią wtórną dwuprzewodową,

„ „ „ „ „ trójprzewodową,

„ trójfazowy „ „ „ „ — i na koniec

„ „ „ „ „ czteroprzewodową,

to znaczy, z czwartym przewodnikiem czyli z przewodnikiem neutralnym.

Dla każdego systemu opracowano projekt oraz porównawcze zestawienie kosztów i uwzględniono okoliczności przemawiające za lub przeciw danej kombinacji.

System jednofazowy z siecią drugorzędną trójprzewodową. Za wyborem systemu trójprzewodowego, przy stosowaniu prądu jednofazowego, przemawiała możliwość opanowania znacznie większych długości zapomocą przewodników wtórnych i możliwie najlepszego uzyskania przekroju drutów miedzianych, nie przekraczając dopuszczalnej straty napięcia. Jako zaletę dalszą wspomniećby nale-

żało o korzyściach systemu trójprzewodowego w Warszawie, na niektórych znaczniejszych posesyach, ze względu na sieć domową.

Przeciw temu systemowi świadczy: większa komplikacja w ustroju stacji transformatorów, w połączeniach domowych, a głównie w instalacji wewnętrznej.

Zachodzi trudność równomiernego rozdziału energii zużytej na obie strony sieci tak mianowicie, ażeby nie było wahań i różnic w napięciu każdej z nich. Ujemną wreszcie stroną stanowi wprowadzenie prądu zmiennego o napięciu 240 volt do wnętrza domów.

Porównawcze zestawienie rozmaitych systemów pomiędzy sobą. Wspomniano wyżej o dokonaniu porównawczym zestawieniu wymienionych poprzednio 4-ch systemów. Okazało się przy tem: najwłaściwszem miejscem dla pomieszczenia transformatorów stanowią w każdym razie narożniki przy skrzyżowaniu się ulic. Z każdego takiego punktu możnaby, stosownie do wielkości zapotrzebowania, przeprowadzić 2, 3, 4, 6 lub 8 przewodników wtórnych, unikając kładzenia kabli podwójnych na dłuższym dystansie lub stosowania spojeń w kształcie T albo krzyża.

Ogólny obszar przestrzeni całkowicie zabudowanych, a zatem odległość od jednego narożnika ulicznego do następnego, jest tu miarodajnym, albowiem decyduje o odległości pomiędzy szybami dla transformatorów oraz o długości kabli sieci wtórnej, zasilanych z dwóch stron.

Okazuje się następnie, że w danych warunkach, długość kabli i oczekiwane zapotrzebowanie, szczególnie w tych dzielnicach w których przeprowadzenie sieci ma być wkrótce uskutecznione — zależy bardziej od dopuszczalnej gęstości prądu na milimetr kwadratowy przekroju drutu miedzianego, niż od spadku napięcia.

Obliczenie przekrojów kabli równowartościowych dla 4-ch rozmaitych systemów rozdzielowych przy tych napięciach, które dla Warszawy zostały przyjęte, dają rezultaty poniżej pomieszczone, a poczerpnięte z aneksu 15, XIII.

Jako równowartościowe pod względem sprawności, pomiędzy przewodnikami uważać możemy:	Dla <i>długich</i> przewodników w których spadek napięcia decyduje		Dla <i>krótkich</i> przewodników w których gęstość prądu decyduje	
	przekrój		przekrój	
	w mm ²	w %	w mm ²	w %
<i>Sieć pierwotna.</i>				
Prąd zmienny jednofazowy	2 × 200	100	2 × 200	100
„ „ trójfazowy	3 × 100	75	3 × 120	90
<i>Uwaga.</i> Ten sam stosunek pozostaje również dla innych przewodników sieci pierwotnej.				
<i>Sieć wtórna.</i>				
Prąd zmienny jednofazowy:				
a) z dwoma przewodnikami	2 × 100	100	2 × 100	100
b) z trzema „	2 × 25 + 17,5	33	2 × 50 + 35	67
Prąd zmienny trójfazowy:				
a) z trzema przewodnikami	3 × 50	75	3 × 60	90
b) z czterema „	3 × 16,7 + 10	30	3 × 35 + 20	61

tomiast motor dla prądu trzyczfazowego posiada znaczną siłę pociągową przy wprawianiu go w ruch, jest nieco mniejszy i tańszy i posiada wydajność o 1 do 2% większą. Nasuwa się więc pytanie, czy w Warszawie, po uwzględnieniu przytoczonych powyżej zalet prądu trzyczfazowego, system ten nie mógłby znaleźć zastosowania zarówno dla wytwarzania energii, jako też i dla rozprowadzania jej po mieście.

Motor jednofazowy okazał się w użyciu zupełnie odpowiednim. We Frankfurcie n./M., posiadającym stosunkowo do wielkości stacyi centralnej i do obszaru miasta zapotrzebowanie energii dla motorów większe niż jakiegokolwiek inne miasto niemieckie, zastosowano prąd jednofazowy. Wadę, polegającą na trudności wprawiania motoru w ruch, uczuwa się właściwie tylko przy pewnych odosobnionych urządzeniach, mianowicie przy windach; jednakże wadę tę można, wprawdzie tylko częściowo, usunąć zapomocą odpowiednich urządzeń mechanicznych.

Natomiast prąd trzyczfazowy posiada niezaprzeczenie cały szereg wad i jest mocno skomplikowany, szczególnie w takich urządzeniach, gdzie chodzi nie tyle o zasilanie motorów, ile o oświetlenie miasta. Zamiast 2-ch posiadać musimy 3 przewodniki, doprowadzające prąd od maszyn do sieci wtórnej—mamy więc i trzy bieguny. Przez to samo łączniki i przyrządy na całej tablicy rozdzielowej i na szynach zbiornikowych oraz części je łączące, tak samo jak części składowe w szybach dla transformatorów, muszą być o 50% zwiększone i bardziej skomplikowane.

Urządzenia instalacyjne muszą być rozdzielone, o ile można, jednostajnie na 3 odnogi; trudność regulowania staje się tem większą, że przy rozległej sieci może być mowa o regulowaniu całkowitego napięcia, lecz nigdy o regulowaniu napięcia pomiędzy pojedynczemi odnogami.

System rozdziału jednofazowy, odznaczający się wielką prostotą i łatwością regulowania, nie powinien być zamieniony, ze względu na potrzeby nieznacznej ilości motorów, na trzyczfazowy, posiadający w tych tylko warunkach znaczne zalety; gdy chodzi głównie o cele oświetlenia, regulacja systemu trzyczfazowego jest mniej łatwą i co do napięcia mniej dogodną, a nareszcie instalacje prywatne staną się i bardziej skomplikowanemi i droższemi.

Dla poruszania tramwajów zapomocą elektryczności, prąd trzyczfazowy posiadałby pewne zalety, gdyby można go bezpośrednio zastosować do tego celu. Lecz kwestya zastosowania prądu trzyczfazowego do ruchu tramwajowego wogóle nie jest jeszcze rozstrzygniętą, ani przy systemie nadpowietrznym, ani podziemnym; w każdym razie dostarczanie prądu trzyczfazowego w miastach zapomocą drutów powietrznych należy uważać wprost za wykluczone, gdyż takie doprowadzanie prądu wywołuje słuszne nawet obawy przy systemie prądu stałego, a cóż dopiero przy systemie trzyczfazowym?

Pozostaje więc tylko możliwość transformowania prądu zmiennego na stały i doprowadzanie tego ostatniego systemem nadpowietrznym lub podziemnym; a w tym wypadku systemy jedno- lub trzyczfazowy nie przedstawiają prawie żadnej różnicy. W jednym jak i drugim wypadku korzystać należy z transformatorów prądu zmiennego na stały. Przy transformowaniu prądu zmiennego do ładowania akumulatorów powtarza się to samo.

Z punktu więc widzenia przyszłego ruchu tramwajowego dla Warszawy i przy przeważającym znaczeniu, jakie posiada *oświetlenie*, nie zachodzi potrzeba zrzeczenia się racjonalnego i tak prostego systemu, jak prąd zmienny jednofazowy.

Projekt oparty na prądzie jednofazowym z siecią dwuprzewodową. Dla stosunków warszawskich system ten, opierając się na powyższym, uważam za naj-

odpowiedniejszy i z tej przyczyny projekt na zasadzie tego systemu opracowałem.

Sieć wtórna lub transformatory dla odbiorców pojedynczych. Drugim zagadnieniem zasadniczym jest kwestya, czy rozproszczenie energii do odbiorców ma być uskutecznione przy pomocy sieci wtórnej czy też oddzielnych transformatorów dla pojedynczych odbiorców.

W drugim wypadku transformatory byłyby ustawiane wewnątrz domów — w pierwszym zaś odbiorcy otrzymywaliby energię elektryczną zapomocą odgałęzień od wtórnej sieci przewodników (z wyjątkiem kilku większych odbiorców, jak teatry, hotele, fabryki i t. p., którzyby otrzymali transformatory własne).

Przy stosowaniu transformatorów domowych zaoszczędzoną zostaje sieć wtórna ze wszelkimi przynależnościami, natomiast przybywa skądinąd poważny koszt dodatkowy, a mianowicie transformatory muszą być ustawione na każdej posesyi; liczba ich wypadnie zatem znaczna, typ — mały, a co za tem idzie koszt przy tej samej sprawności będzie znacznie wyższy aniżeli przy ustawieniu większych transformatorów ulicznych. Transformatory domowe odpowiadać muszą największemu zapotrzebowaniu, jakie u danego odbiorcy się może przytrafi, nie zaś normalnej potrzebie. Sprawność całkowita transformatorów domowych będzie zatem znacznie większa aniżeli przy stosowaniu transformatorów wspólnych dla grupy domów. Następnie zaważyć musi na szali wielkość straty, wynikającej przez magnetyzowanie transformatorów domowych, okoliczność przemawiająca przeciwko ich zastosowaniu.

Wada centralnych stacyj o prądzie zmiennym zasadza się właśnie na stratach wynikających przez pracę nieużyteczną w transformatorach. Praca ta musi być dokonywana w dzień i w nocy, gdy tymczasem praca użyteczna ogranicza się do kilku zaledwie godzin. Im mniejszy typ transformatorów, tem większa jest względnie praca nieużyteczna, a im większa sprawność wszystkich transformatorów razem wziętych, tem większą też jest ilość pracy nieużytecznej. Taki więc system będzie najkorzystniejszy, który przy największej sprawności każdego transformatora da w sumie sprawność najmniejszą.

Przez stosowanie sieci wtórnej z transformatorami ogólnymi okaże się racjonalnem użycie typu wielkiego, a jednocześnie zbytecznem będzie urządzenie transformatorów takich, ażeby czyniły zadość największemu zapotrzebowaniu pojedynczej posesyi.

Jak to z aneksu 15 wypływa, przy układzie proponowanym można skorzystać z tego, że obciążenie wyrównywa się samo przez się podczas zużywania energii w różnych posesjach danej grupy; stąd wynikająca korzyść może być wyzyskana w taki sposób, że transformatory mogą posiadać sprawność odpowiadającą tylko $\frac{2}{3}$ ilości zainstalowanych lamp.

Koszt sieci wtórnej przedstawiono w kosztorysie (por. aneks № 16). Przy sprawności odpowiadającej 70 400 równoznacznie palących się lamp, koszt całej sieci obliczono na . . . 904 553 rubli, a z sumy tej przypada

222 955 rubli na sieć wtórna,
215 240 rubli na transformatory i pomieszczenie dla nich.

Oszczędność, jaką możnaby otrzymać przez opuszczenie sieci wtórnej, pochłonęłaby nadwyżka kosztu samej tylko budowy licznych transformatorów małego typu i pomieszczeń dla nich, zwiększona ogólna sprawność transformatorów oraz niezbędne dla sieci pierwotnej dopełnienia. Okazałoby się w końcu, że nie tylko nie uzyskanoby żadnej oszczędności, lecz przeciwnie otrzymanoby wady systemu transformatorów poszczególnych, odbijające się ujemnie na całej instalacji.

Do tych poważnych wad przybywa jeszcze wprowadzenie prądu o wysokim napięciu do każdej posesyi, trudność dostępu w nocy do transformatorów dla urzędników stacyi centralnej i konieczność połączeń setki domów z siecią pierwotną o wysokim napięciu zamiast takichże połączeń z siecią wtórną o niskim napięciu.

Zastosowanie sieci wtórnej. Z przyczyn powyżej wyluszczonej zaleca się dla systemu rozdzielowego w Warszawie urządzenie sieci wtórnej, a łącznie z tem użycie transformatorów w sieci miejskiej i w połączeniu równoległym.

Główne części składowe systemu rozdzielowego. Zaprojektowany na zasadach wyżej wyluszczonej system rozdzielowy składa się z 4 części głównych:

1) z głównych przewodników zasilających, przenoszących energię ze stacyi centralnej do głównych obszarów miejskich; prąd dostarczony tym sposobem przenosi się do sieci pierwotnej, tworzącej łącznie z siecią pomocniczą i wyrównującą wielką sieć główną;

2) z sieci pierwotnej, rozpoczynającej się od głównych punktów zasilających, przenoszących energię do danego obszaru zasilanego i oddających ją transformatorom;

3) z transformatorów, przetwarzających prąd zmienny o wysokim napięciu na taki sam prąd o niskim napięciu — i

4) z sieci rozdzielowej wtórnej, doprowadzającej prąd zmienny o niskim napięciu do przewodników odbiorców prywatnych.

Główne przewodniki zasilające. Główne przewodniki zasilające stanowią bezpośrednie połączenie stacyi centralnej z głównymi punktami zasilającymi. Droga tych połączeń jest możliwie krótką, przyczem ułożenie kilku kabli skutecznia się w jednym ciągu. Na planach oznaczone są one grubemi liniami czerwonymi.

Przy stracie napięcia o 2% czyli 80 woltów, przekrój stale zastosowany przedstawia kabel koncentryczny z dwoma przewodnikami o 200 mm² każdy — z wyjątkiem przewodników 16 i 17, łączących dwie dzielnice dolnego miasta, położone przy ulicy Dobrej i Bugaju ze stacją centralną. Przewodniki te posiadają przekrój specjalny 2 × 100 mm² i 2 × 70 mm².

Przekrój 2 × 200 jest bardzo dogodny, przekrój drutu miedzianego tak jest znaczny, że koszt fabrykacyi i izolacyi kabla stosunkowo do przekroju wypadają nisko. Kabel taki łatwo się daje przenosić z miejsca na miejsce i układać w odpowiednio długich odcinkach.

Przy napięciu, przewidywanem dla Warszawy, przy spadku napięcia powyżej podanym i przy danych odległościach, sprawność jednego kabla wynosi 1200 do 500 kilowattów, każdy więc kabel może zasilać od 22000 do 9000 równocześnie palących się lampek 16-swiecowych.

Większa sprawność jednego kabla nie byłaby pożądaną

Podział na obszary zasilane. Wybór obszarów zasilanych i głównych punktów zasilających jest wynikiem opracowania szeregu alternatyw, które pozwoliło wybrać podział najkorzystniejszy.

Obszar cały rozdzielono na 3 pasy, których odległości od stacyi centralnej nie są jednakowe; wymiary każdego pasa obrano tak, ażeby sprawność głównej sieci przewodników odpowiadała spodziewanemu zapotrzebowaniu danego rewiru.

Z podziału tego wynika:

w pierwszym pasie (śródmieście) mieści się rewirów	3,
„ drugim	4,
„ ostatnim	8 w Warszawie,
	2 na Pradze i
	2 w dolnej części miasta,
	razem 19 rewirów.

Na planie № 3 rewiry oznaczono rozmaitymi kolorami, a granice każdego rewiru pociągnięto czerwoną linią.

Przy podziale na rewiry uwzględniono poważniejszych odbiorców, a mianowicie: Zamek, Ratusz, Bank Państwa, Teatr i t. p. gmachy, powiększając pewność ciągłego dostarczania im prądu przez umieszczenie ich na linii granicznej 2 albo i większej ilości rewirów; w ten sposób obsługa danego gmachu również korzystnie może być uskutecznioną bądź przez jeden, bądź też przez drugi przewodnik zasilający.

Z tegoż planu widać, jak dokonano kompletnego rozdziału pomiędzy rewirami, położonymi w dzielnicach zalewanych przez wysokie wody. Te ostatnie odcięto zupełnie od sieci górnego miasta; zupełną więc jest niezależność jednej sieci od drugiej.

Dla przewodników sieci pierwotnej przyjęto przekrój drutów $2 \times 35 \text{ mm}^2$, wypada stąd, że przekrój 6 przewodników pierwotnych równa się przekrojowi jednego przewodnika głównego.

Położenie głównych punktów zasilających i obszary, przez nie zasilane, tak zostały obrane, ażeby sieć pierwotna, uwzględnivszy już półprocentową stratę napięcia, równającą się 20 woltom, była w możności doprowadzenia wymaganej energii elektrycznej do transformatorów. Przy wyborze głównych punktów zasilających uwzględniono w szczególności plan miasta i korzystano z linii ulic, rozbiegających się w promieniach, przez co otrzymano możliwie krótkie połączenia sieci pierwotnej; korzystano również z ulic przecinających powyższe w poprzek, zamieszczając w ten sposób długość przewodników wyrównywających.

W części południowo-wschodniej przedmieścia „Praga,” przeciętej przez drogę żelazną (Terespolską) na dwie części, główna linia zasilająca 18, rozgałęzia się od punktu węzłowego przy ulicy Targowej na 2 odnogi o przekroju $2 \times 100 \text{ mm}^2$ i doprowadza prąd do 2-ch punktów zasilających 18^a i 18^b.

Główne punkty zasilające. Położenie głównych punktów zasilających sieci ogólnej jest następujące:

Nr 100	Nowo-Miodowa,	róg Senatorskiej,
„ 200	Trębacka,	„ Wierzbowej,
„ 300	Mazowiecka	„ Berga,
„ 400	Nalewki	„ Św. - Jerskiej,
„ 500	Żelazna Brama,	„ Skórzanej.
„ 600	Wielka,	„ Siennej,
„ 700	Bracka,	„ Jerozolimskiej,
„ 800	Bonifraterska,	„ Szymanowskiej,
„ 900	Gęsia,	„ Smoczej,
„ 1000	Chłodna,	„ Żelaznej,
„ 1100	Twarda,	„ Żelaznej,
„ 1200	Hoża,	„ Leoldyny,
„ 1300	Mokotowska	„ Koszykowej,
„ 1400	Czerniakowska,	„ Szarej,
„ 1500	Czerniakowska,	„ Agrykoli dolnej,
„ 1600	Dobra,	„ Tamki,
„ 1700	Bugaj,	„ Celnej,
„ 1800 ^a	Targowa,	„ Spornej,
„ 1800 ^b	Ząbkowska,	„ Radzymińskiej,
„ 1900	Esplanadna,	„ Zaokopowej.

Jak widać z planu, sprawność sieci głównych przewodników, jako też sieci pierwotnej, odpowiada przy tej dyspozycji potrzebie miejscowej.

Krótkie przewodniki zasilające dochodzą do głównych punktów pierwszego pasa w dzielnicy największego zapotrzebowania, położonej przy ulicach Senatorskiej, Wierzbowej i Mazowieckiej, sprawność kabli w tych miejscach jest maksymalna i wynosi 1200 kilowat. Obciążenie sieci rozdzielowej również jest maksymalne, a promień minimalny od głównego punktu wynosi 400 *m*, gdyż energia elektryczna tak daleko doprowadzona nie wykazuje większego spadku napięcia, niż dozwala norma przez nas przyjęta. Odpowiada to najzupełniej istotnym stosunkom zapotrzebowania, gdyż na tej właśnie przestrzeni, stosunkowo wielkiej, konsumpcja jest bardzo znaczną.

Średniej długości przewody obsługują punkty zasilające w pasie drugim № 400, 500, 600 i 700; długość ich od 1700 do 2400 metrów, sprawność 1140 do 800 kilowat. Obciążenie pierwotnej sieci rozdzielowej jest średnie, odległości wynoszą mniej więcej 500 do 600 *m* i stosownie do średniej wielkości obszarów, konsumpcja wypadnie też średnio.

Długie przewody główne obsługują punkty zasilające pasa obwodowego w niniejszym projekcie, a mianowicie: 800, 900, 1000, 1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1800^a, 1800^b i 1900. Długość ich zmienia się od 2500 do 3900 *m*, a sprawność waha się pomiędzy 780 i 500 kilowat.

Wychodząc z tych ostatnich punktów zasilających, obciążenie sieci pierwotnej jest najmniejsze, obszar przez tę sieć obsługiwany jest zatem największy, promień obszaru zasilanego wynosi średnio od 600 do 900 *m*.

Wynikają stąd, zgodnie z warunkami miejscowymi w dzielnicach obwodowych, duże obszary przy małej stosunkowo konsumpcji.

Sprawność sieci na metr bieżący frontu domów. Stosunek zachodzący pomiędzy metrem bieżącym frontu a ilością równocześnie palących się lamp wyraża się w sposób następujący:

a) w rewirze 1, 2 i 3, czyli w środkowej dzielnicy miasta, sprawność głównego przewodnika wynosi 150 do 225 watów, czyli 3 do $4\frac{1}{2}$ równocześnie palących się lamp;

b) w rewirze 4, 6 i 7-ym 40 do 70 watów, czyli lamp 0,8 do 1,4;

c) w rewirze 10-ym 110 watów, lamp $2\frac{1}{4}$ — i

d) w rewirach obwodowych 25 do 50 watów, zatem lamp 0,5 do 1-cj.

Jest to w danej chwili obfite zaopatrzenie w energię w stosunku do rozpatrywanego rewiru. Należy jednak pamiętać, że cały rozdział sieci, wybór punktów zasilających, określenie głównych przewodników zasilających, uwzględnić muszą przewidywany w przyszłości rozwój.

Przy takiej instalacji elektrycznej, jaka jest projektowana, nie należy zapominać, że przewodniki, układane w miarę potrzeby, muszą też być należycie wyznaczone. Wysokie napięcie panujące w sieci pierwotnej może obsłużyć znaczne długości, zasilając nietylko rewir swój właściwy, lecz i inne rewiry, należące do innych przewodników głównych. Tym sposobem, podczas budowy, kabel jednego rewiru może zastępco spełniać służbę dostarczenia energii rewiram dalszym, nie posiadającym jeszcze szczelnego zabudowania, dla których na razie nie opłaciłoby się założenie odpowiednich przewodników własnych.

Przewodniki pomocnicze i wyrównywające. Każdy z punktów zasilających otrzymuje przy pomocy właściwego przewodnika głównego, energię dla niego przeznaczoną. Na wypadek przerwy w działaniu przewodnika głównego należy obmyśleć środki, zapewniające dostarczenie tejże energii inną drogą.

Cel ten osiąga się w sposób podobny, jak przy sieci wodociągowej, a mianowicie przez pomocnicze współdziałanie przewodu sąsiedniego. Do tego celu służą

właśnie przewodniki pomocnicze i wyrównywające, oznaczone na planach grubymi liniami zielonemi.

Przyjmując stratę napięcia 2% w sieci zasilającej, możemy dla wypadków wyjątkowych dopuścić spotęgowane o 50% obciążenie dopuszczalne w tych wszystkich przewodnikach, gdzie nie panuje jeszcze maksymalna gęstość prądu, czyli w całej sieci zasilającej, z wyjątkiem kabli doprowadzających energię do punktów: 100, 200, 300, 1600 i 1700. Możliwym zatem będzie, na wypadek uszkodzenia któregośkolwiek kabla, doprowadzenie prądu do właściwego obszaru od 2-ch innych punktów zasilających.

Przy projektowaniu przewodników pomocniczych, rozwinięto w dalszym ciągu system pasów ułożony dla głównych punktów zasilających.

Przedewszystkiem powiązano punkty: 800, 900, 1000, 1100, 1200 i 1300 zapomocą przewodu pierścieniowego. Przez to zapewnionym został dopływ energii z dwóch stron do punktów: 900, 1000, 1100 i 1200.

Dalej połączono w pasie drugim punkty: 400, 500, 600 i 700 zapomocą przewodu pierścieniowego — osiągnięto przez to podwójne zasilanie punktów 500 i 600. Chodzi zatem jeszcze o zapewnione dostarczenie prądu do punktów: 400, 800, 700 i 1300. Daje się to osiągnąć przez powiązanie punktów 400 i 800, następnie 700 i 1300 zapomocą ósemki (seitungsschleife ∞), przez co pas drugi i trzeci otrzymują połączony przewód pierścieniowy.

Pozostaje jeszcze urządzenie przewodnika pomocniczego dla dzielnicy środkowej, a mianowicie dla punktów: 100, 200 i 300. Można by zadanie to rozwiązać na powyższej zasadzie przy pomocy przewodników łączących 100, 200, 300 z punktami 400, 500, 600 i 700.

Jednakże z tablicy aneksu 15 widać, że sprawność całkowita głównych przewodników 1, 2 i 3 wynosi po 1200 kilowat., zaś dla 4, 5, 6 i 7 sprawność wynosi 840, 1140, 800 i 860 kilowat. Kabel № 5 nie znosi więc dalszego powiększenia obciążenia, dla 4, 6 i 7 zaś dalsze obciążenie o 600 amperów dałoby przyrost 72%, to znaczy, że zamiast 833 obciążenie wynosiłoby przeciętnie 1433 kilow., a ponieważ dopuszczalna miara wynosi 1200 kilow., czyli $1\frac{1}{2}$ ampera na mm^2 , więc oczywiście nastąpiłoby przeciążenie.

Przewodnik pomocniczy a. Wobec tego przeprowadzono dla zasilania punktów głównych 100, 200 i 300 inną kombinację, korzystając z małej odległości tychże punktów od stacji centralnej. Począwszy od stacji centralnej ułożono kabel rezerwowy o przekroju $2 \times 200 mm^2$, aż do pomocniczego punktu węzłowego, położonego na Krakow.-Przedm., w pobliżu gmachu Rządu Gubernialnego. Od tego punktu węzłowego prowadzą trzy odnogi, do punktów 1, 2 i 3, a każda o przekroju $2 \times 200 mm^2$.

Przewodnik pomocniczy mógłby być wykonany o przekroju mniejszym, dałoby się bowiem częściowo wyzyskać zasilanie wstecz z punktów 400, 600 i 700. Ponieważ jednak punkty 100, 200 i 300, położone przy ulicach Senatorskiej, Wierzbowej i Mazowieckiej, stanowią najważniejsze w całej sieci ogniska zasilające, największe więc starania skierowano do tego, ażeby na wypadek przerwy jaknajprościej dało się wykonać wyłączenie przewodnika głównego i włączenie pomocniczego.

Przez proponowane urządzenie cel ten może być osiągniętym, gdyż wystarczy jedyne wyłączenie w punkcie węzłowym, ażeby przewodnik pomocniczy rozpoczął swą pracę jedynie dla żądanego punktu.

Urządzenie tej linii pomocniczej dla punktów 100, 200 i 300 przynosi też i stały pożytek, albowiem tą drogą punkty wspomniane otrzymują — niezależnie

od wypadku przerwy—zasilanie dodatkowe. Wsteczne zaś skierowanie prądu, od punktów 400, 600 i 700, posiadałoby tylko wartość przewodu pomocniczego, do skutecznego zaś współdziałania w punktach 100, 200 i 300 użytem być nie może. Proponowany układ dla pomocniczego zasilania punktów 100, 200 i 300, bez jakiegokolwiek pomocy sieci zasilającej drugiego pasa, posiada więc i przez to doniosłe znaczenie, że przestrzeń zasilana przez punkty 400, 500, 600 i 700 nie będzie zmuszoną oddawać części swej energii punktom głównym pierwszego okręgu.

Przewodniki wyrównywające. Pomiędzy główne punkty zasilające w sieci głównych przewodników, wypadnie jeszcze wpleść odnogi przyjmujące na siebie czynność wyrównywania obciążenia, to znaczy, iż w tych okresach czasu, w których część obszaru silniej jest obciążoną od drugiej, będą one sprawdzać obciążenie do możliwej równomierności.

W pierwszych dwóch pasach czynność ta spełnioną zostaje przez przewody pierścieniowe. Natomiast ważnem jest wyrównanie napięcia w kierunku odśrodkowym, wychodząc od stacyi centralnej, a zatem w tym czasie, kiedy ma miejsce największe zapotrzebowanie.

Obszary pierwszego pasa, należące do punktów 1, 2, 3, obejmując Plac Teatralny, Krak.-Przedm., ulicę Berga, Mazowiecką i t. d., mieszczą w sobie sklepy, biura i kantory kupieckie; obszary drugiego pasa, należące do punktów 4, 5, 6 i 7, obejmując Nalewki, Plac Bankowy, Marszałkowską, Bracką, Nowy-Swiat, mieszczą w sobie sklepy, kantory, fabryki i mieszkania; obszary trzeciego pasa, należące do punktów 8, 9, 10, 11, 12 i 13 — obejmujące obwodowe dzielnice oraz Gęsią, Leszno, Chłodną, Żelazną, Koszyki, Ujazdowską, obejmują przeważnie zakłady fabryczne, przedsiębiorstwa przemysłowe, oraz mieszkania w południowej części miasta, nowo budujący się szpital, stację filtrów i zakłady fabryczne.

Największe zapotrzebowanie energii dla tych przestrzeni nie wypada o jednej i tej samej godzinie, dlatego też wyrównanie napięcia w kierunku odśrodkowym jest bardzo ważne.

Cel ten może być osiągniętym przez połączenie najbliższej siebie położonych ognisk: 100 i 400, 200 i 500, 300 i 600, 300 i 700 przewodnikami, zapomocą których odbywałoby się bezpośrednio wyrównanie pomiędzy pasami pierwszym i drugim.

Następnie umieszczono na przewodnikach wyrównywających 400 do 500 i 600 do 700, punkty wyrównywające *b* i *c*.

Pierwszy z nich połączony został z punktem 900, drugi z punktem 1200. Nakoniec pomiędzy punktami 500 i 100, jak również pomiędzy 600 a 1100, ułożono bezpośrednio przewody wyrównywające.

Położone w dolnej części miasta punkty: 1400, 1500, 1600 i 1700, z przynależną do nich siecią, znajdując się pod groźbą zalewu wysokich wód, odcięte są, jak to już wyjaśniono poprzednio, od sieci górnego miasta. Natomiast obrano dla punktów 1400 i 1500 punkt wyrównywający *d*, położony na rogu Wiejskiej dolnej i ulicy na północ od koszar Kirasyerskich, na poziomie gruntu od zalewu i łączący punkt 1300, 1400 i 1500 zapomocą sieci pomocniczej i wyrównywającej tak, że na wypadek zepsucia przewodników 14 lub 15, każdy z tych punktów otrzymywałby energię z dwóch punktów zasilających w sąsiedztwie.

Dla punktów 1600 i 1700 w dolnej części miasta przeprowadzenie sieci pomocniczej okazuje się zbytecznem, albowiem sieć pierwotna tego obszaru jest tak blisko położoną od stacyi centralnej i tak z nią złączona, że zasilanie bezpośrednio nastąpić może każdej chwili.

Główny przewódnik zasilający № 18, obsługujący w części południowo-wschodniej Pragi obszar przecięty na 2 części przez kolej Terespolską, posiada na przecięciu się ulic Targowej i Szerokiej punkt węzłowy, w którym przewódnik główny 18 dzieli się na 2 części. Każda z tych odnóg posiada przekrój $2 \times 100 \text{ mm}^2$ aż do punktów zasilających 1800^a i 1800^b.

W tym punkcie węzłowym znajduje się również przerywacz do wyłączania przewodu głównego № 19.

Gdyby na której z linii głównych powstała przerwa, natenczas prąd można byłoby skierować do 3-ch punktów zasilających, 1800^a, 1800^b i 1900, przewodnikiem pozostałym w działaniu prawidłowym.

Zasilanie punktu węzłowego zabezpieczonem więc jest na wszelki wypadek, a sieć pomocnicza i wyrównywająca, dochodząca do punktów 1800^a—1800^b, oraz 1800^b—1900, zastępowałyby tylko, na wypadek przerwy, krótkie odnogi końcowe głównych linii 18 i 19, od punktu węzłowego do odpowiedniego punktu głównego zasilającego.

Wynika stąd układ sieci pierwotnej, przedstawiony na tablicach 3, 3^a i 4^b, do którego wchodzi sieć zasilająca, pomocnicza i wyrównywająca, umożliwiający doprowadzenie energii do każdego głównego punktu zasilającego, z kilku, a co najmniej z 4-ch do 5-ciu stron na raz, zapomocą przewodników o dostatecznej sprawności.

Sieć pierwotna. Doprowadzenie energii elektrycznej od głównych punktów zasilających, do transformatorów rozrzuconych po danym obszarze, odbywa się zapomocą sieci pierwotnej. Na kalce № 4^a i 5^a (plany nakładane) została wykreślona sieć pierwotna. Właściwe przewódniki sieci pierwotnej, wychodzące od punktów głównych, oznaczono liniami czarnymi. Przekrój ich, jak to już wspomniano, wynosi $2 \times 35 \text{ mm}^2$.

Chcąc osiągnąć to samo na mniejszą skalę w sieci pierwotnej, co otrzymano w sieci głównych przewodów zasilających — włączono i tu również sieć pomocniczą i wyrównywającą o przekroju $2 \times 35 \text{ mm}^2$. Na planach 4^a i 5^a przewodniki oznaczone kolorem zielonym powiązано w sieć zamkniętą. Tym sposobem każdy transformator ma być zasilany co najmniej z 2-ch stron; zazwyczaj zaś otrzyma on energię z większej ilości przewodników sieci pierwotnej; przez wyłączenie zatem jednej albo drugiej linii, działalność transformatora nie ustaje.

Na wypadek przeciążenia jednego przewodu, następuje natychmiastowe działanie sąsiedniej sieci wyrównywującej. Pomocnicze to wyrównywanie w sieci nie jest bynajmniej ograniczone danym obszarem, lecz przenosi się stosownie do potrzeby z jednego rewiru na drugi. Do tego celu ułożono przewódniki pomocnicze i wyrównywające, oznaczone kolorem zielonym, które przekraczają właściwy obszar zasilany i łączą 2 transformatory sąsiednich obszarów.

Przyjęta dla obszarów zasilanych linia *graniczna*, pozostaje na razie li tylko podstawą do obliczeń; podczas eksploatacji można ją stosownie do potrzeby przesunąć, zmniejszając rewir zbyt obciążony — a zwiększając rewir mało obciążony. Przesunięcie tej linii granicznej dokonywa się zresztą samodzielnie, albowiem energia elektryczna przepływa z rewirów mało obciążonych do więcej obciążonych.

Zalety sieci wyrównywującej w okresie działania. Przypuszczamy, że sieci rozdzielowe pierwotne rozmaitych rewirów posiadają łączność pomiędzy sobą i znajdują się w działaniu. Może się jednak zdarzyć konieczność wyłączenia jednego rewiru z całej powiązanej sieci, przez oderwanie go od rewiru sąsiedniego. Dla niektórych celów posiada to pewne zalety.

Umożliwienie tego, przy równoczesnem zadośćuczynieniu koniecznej potrzebie wyrównania wysokiego napięcia w sieci pierwotnej, odbywającego się nie tylko na większą odległość lecz i dokładniej aniżeli w sieci wtórnej, stanowi jedno z głównych zadań sieci wyrównywujących obciążenie pomiędzy głównymi punktami zasilającymi.

Dozwalają one, przy stosunkowo nieznacznej liczbie punktów i przewodów łączących, na urządzenie eksploatacyi o zapewnionem wyrównaniu napięcia, bez koniecznego powiązania sieci pierwotnych w znacznej ilości punktów.

Wyłączenie może nastąpić, o ile okaże się to pożądanem, w niewielkiej ilości miejsc, lub też wyłączenie następuje samo przez się przez stopienie się kilku bezpieczników ołowianych; a ponieważ ilość tychże jest bardzo nieznaczna, uporządkowanie i następnie prawidłowe połączenie da się łatwo i szybko uskutecznić.

Transformatory. Transformatory są w sieci w ten sposób rozmieszczone, że każdy z nich będzie posiadał możliwie największą sprawność, długość pojedynczych linii wtórnych nie przekroczy pewnej dopuszczalnej miary, przekroje zaś przewodników będą możliwie należycie wyzyskane. Wskutek tego w dzielnicach z dużą konsumpcją wypada 4 transformatory—a w wyjątkowych razach więcej—na jedną grupę domów otoczoną ulicami, w dzielnicach ze średnią konsumpcją 2 i 3, a w częściach miasta z małą konsumpcją 1 i 2.

Najodpowiedniejszym miejscem dla ustawienia transformatorów są rogi ulic, skąd, zależnie od wielkości zapotrzebowania, wychodzą z każdego transformatora 2, 4 lub 8 kabli wtórnych. W dzielnicach silniejszego zapotrzebowania otrzymuje się tym sposobem na jednym skrzyżowaniu ulic 4 szyby dla transformatorów, przy słabszem zaś zapotrzebowaniu 3, 2 lub 1. W tych ostatnich wypadkach można wraz ze wzrastającym zapotrzebowaniem dowolnie powiększyć sprawność przez dodanie transformatorów na narożnikach jeszcze niezajętych. Ta okoliczność będzie wzięta pod uwagę przy układaniu sieci kabli i dla wzajemnego ich połączenia kable będą odpowiednio zakończone.

Jako średnią odległość transformatorów w środkowej dzielnicy miasta można przyjąć 100 do 150 m, na krańcach miasta 150 do 200 m, wyjątkowo zaś 300 m i nawet więcej. Przy tych większych odległościach można będzie, w razie jeżeli tego wymagać będzie wzrost zapotrzebowania, powiększyć sprawność wtórnych kabli rozdziałowych przez wstawienie nowego transformatora pomiędzy dwa istniejące.

Typy transformatorów i współczynnik pożytecznego działania. Dla Warszawy są zaprojektowane transformatory trojakiemu typowi, mianowicie o sprawności 15, 25 i 35 kilowat., odpowiadających 300, 500 i 700 równocześnie palącym się lampom żarowym.

Transformatory otrzymują energię elektryczną o napięciu około 4000 wolt, a stosunek przemiany przyjęto 1 : 32, tym sposobem więc otrzymamy napięcie wtórne równające się 125 woltom. Dla transformatorów przewidziano taką konstrukcję, która daje najmniejszą stratę energii podczas luźnego biegu, najwyższą wydajność i zarazem największą pewność działania.

Spółczynnik pożytecznego działania i strata energii przy luźnym biegu byłyby dla transformatorów trzech przewidzianych wielkości następujące :

	15 kilowat.	25 kilowat.	35 kilowat.
spółczynnik pożytecznego działania w %			
całkowitego obciążenia	96	96,5	97,0
strata energii przy luźnym biegu	300	400	500 watów
lub w % całkowitego obciążenia	2	1,6	1,43

Spadek napięcia w transformatorze (różnica między spadkiem przy pełnym obciążeniu, a spadkiem przy luźnym biegu) 2,0 do 1,6%.

Straty więc są zredukowane do możliwie małych rozmiarów.

Transformator tworzy jednocześnie punkt węzłowy i zasilający sieci drugorzędnej.

Na tablicy, aneks 15 X^c, uwidoczniło się stosunek sprawności transformatorów do kabli sieci wtórnej. Starano się określić sprawność tę możliwie odpowiednio do przewidywanych potrzeb i zachować z niemi zgodność, którą wykazują podane cyfry. Chociaż wogóle sprawność transformatorów jest zastosowana do sprawności kabli wtórnych rozprowadzających energię elektryczną, jednakże w niektórych miejscach przewidziano większe transformatory, ze względu na możliwość połączenia większych odbiorców bezpośrednio z wtórnymi szynami zbiornikowymi w szwach transformatorowych, czemby się uwolniło sieć wtórną od zbytniego zapotrzebowania. To samo uczyniono w miejscach, które uważano za odpowiednie punkty wyjścia dla oświetlenia ulic (jak np. na głównych arteriach komunikacyjnych: Nowym Świecie, Krakowskim Przedmieściu, Marszałkowskiej). Tam także przewidziano transformatory o większej sprawności, żeby mógł wprost z szwach transformatorowych wyprowadzić kable do lamp łukowych, służących do oświetlenia ulic.

Pomieszczenia dla transformatorów. Transformatory będą umieszczone w szwach podziemnych

Ponieważ Warszawa posiada już cały system kanalizacyjny, zabezpieczający prawidłowe odprowadzenie wód ściekowych i obniżający do znacznych głębokości poziom wód gruntowych, możliwym się przeto stało ustawienie transformatorów w szwach podziemnych. Przez takie pomieszczenie transformatorów unika się nadziemnych budowli (domków i t. p.) i zyskuje się możliwość ustawienia transformatorów bezpośrednio w tych punktach, które są najodpowiedniejsze bądź ze względu na najlepsze ugrupowanie sieci kabli, bądź też ze względu na położenie miejsce zapotrzebowania energii.

Umieszczenie transformatorów pod ulicami ma w porównaniu z umieszczeniem ich w posesjach prywatnych, tę jeszcze zaletę, że przewodniki prądu zmiennego o wysokim napięciu nie będą wcale wprowadzane do budynków, a transformatory będą dostępne dla służby stacyi elektrycznej w każdym czasie, a więc i w nocy.

Podobne szyby okazały się zupełnie odpowiednimi we Frankfurcie n/M., a zwłaszcza otrzymano dostateczny stopień suchości, niezbędnej dla zabezpieczenia dobrej izolacyi wszystkich części.

Szyby transformatorowe są takiej wielkości, że mogą pomieścić transformatory o największej projektowanej sprawności 35 kilowat. Ustawienie większych transformatorów nie jest ani konieczne, ani odpowiednie. Przy podanej bowiem wielkości można jeszcze zastosować zwyczajne środki do należytego ochładzania transformatorów, spólczynnik zaś pożytecznego działania 97% jest tak duży, że zadowoli wszelkie wymagania.

Wielkość transformatorów umieszczonych w szwach stosowałaby się do przewidywanego zapotrzebowania danej miejscowości i z tego powodu będą ustawiane czasowo transformatory mniejsze o sprawności 15 i 25 kilowat.

Jak tylko zapotrzebowanie się zwiększy, można będzie transformatory te zastąpić większymi.

Konstrukcyja szwach. Szyby służące do umieszczenia transformatorów i należących do nich połączeń, są przedstawione na planie 9.

Szyby są 1,4 do 1,5 m szerokie, 1,8 do 2,0 m długie, 3,0 do 3,2 m głębokie.

Dolna część służy do ustawienia transformatora, umieszczonego dla zabezpieczenia od wilgoci w skrzyni z olejem.

Dwie ściany szybu będą służyły do umieszczenia kabli doprowadzających i odprowadzających energię elektryczną. Mianowicie ściana od strony ulicy służyć będzie dla kabli pierwotnych (o wysokim napięciu), ściana zaś od strony domów dla kabli wtórnych (o niskim napięciu). Szyb o podanej głębokości będzie dostatecznym do przyjęcia 7 kabli wysokiego napięcia i 9 niskiego napięcia wraz ze wszystkimi połączeniami.

Na ścianach szczytowych szybu, na prawo i na lewo od końców kabli, umocowane są pionowo na izolatorach szyny zbiornikowe, połączone z pierwotnymi i wtórnymi końcówkami transformatora. Łącząc między sobą, zapomocą wstawionych bezpieczników, zaciski (Klemmen), urządzone z jednej strony na końcówkach kabli, z drugiej zaś na pionowych szynach zbiornikowych, otrzymujemy połączenie kabli z szyną zbiornikową. Bezpieczniki można dowolnie wstawiać pomiędzy zaciski lub je wyjmować i tym sposobem odnośny kabel połączyć z szyną zbiornikową lub rozłączyć.

Szyna zbiornikowa, albo też części łączące dla bieguna wewnętrznego, są urządzone zawsze z lewej strony, dla bieguna zewnętrznego kabla zawsze z prawej strony.

Część dolna szybu jest przykryta podłogą drewnianą lub płytą szklaną.

Na trotuarze, bezpośrednio u cokółu domów, ustawioną zostanie możliwie mała budka wentylacyjna, rozdzielona przez ściankę pionową na dwie części. Prawa połowa łączy się z szybem bezpośrednio pod pokryciem, lewa zaś połowa łączy się bezpośrednio z kamerą transformatora, tuż pod podłogą górnej części. Tym sposobem zabezpieczone jest odprowadzanie ciepła wytwarzanego w transformatorze i umożliwiony przewiew powietrza w szybie.

Szyb pokryty jest płytami betonowymi, opartymi na żelaznych belkach; dostęp zaś do niego jest urządzony zapomocą skrzynki włazowej, odpowiednio zabezpieczonej od przesączania się wody. Całe pokrycie jest wreszcie bezpośrednio pod trotuarem pociągnięte warstwą filcu asfaltowego, zakrywającego wszelkie szpary i fugi i wyłączającego wszelki dostęp wilgoci. Właz jest takiej wielkości, że można przezeń wstawić lub wyjąć transformator (prócz skrzyni z olejem).

Ściany szybu są wybudowane na cement z cegły glazurowanej, przez co otrzyma się szczelne zamknięcie od wody gruntowej i jednocześnie będzie niemożliwiony dostęp do szybu powietrza gruntowego i wilgoci gruntowej.

Szyny zbiornikowe i części łączące są oddzielone od środkowej przestrzeni szybu zapomocą drzwi i tym sposobem zabezpieczone od mimowolnego dołknięcia.

Punkty wyrównywające. Punkty wyrównywające, przedstawione na planie 10, są pomieszczone w budynkach, ustawionych na powierzchni ulic.

W odpowiednich miejscach będą umieszczone okrągłe ochronne budowle o średnicy 1 m i wysokości 2,5 m, w których będą umocowane do ramy żelaznej trójkątnej lub czworokątnej, zależnie od ilości dochodzących kabli, końcówki kabli pomocniczych i wyrównywających.

Połączenie wzajemne tychże jest urządzone w ten sam sposób jak w szynach transformatorów, pomiędzy końcówkami kabli i szynami zbiornikowymi, przez co utworzy się przewód pierścieniowy, umożliwiający przerwanie jednego połączenia, nie przerywając działania innych.

Górna część budynku ochronnego może się obracać około czopa i zaopatrzona jest w drzwi tak, że służba ma dostęp dowolny do przyrządów włączających i rozłączających oddzielne zaciski, jak również do końcówek kabli.

Podwójny dach i pochyłe płyty szklane nad połączeniami i częściami izolującymi chronią te części i końcówki kabli od wilgoci i wody skraplanej.

Podobnego rodzaju punkty wyrównywające sieci pierwotnej są bardzo liczne. Przewidziane są w Warszawie 4 i na Pradze 1. Wskutek tego ich ustalenie na poziomie ulic nie może być uważanem za niewłaściwe.

Połączenia w punktach wyrównywających dokonywane zostają tylko w razie szczególnego wypadku i przytem powinny być wykonane możliwie pośpieszenie. W tym razie urządzenie nadziemne jest nader dogodnie, ponieważ wszystkie części składowe stają się łatwo dostępne przez proste otworzenie małych drzwiczek, do czego wystarcza jeden człowiek, gdy tymczasem obsługa szybów podziemnych wymaga po większej części 2-ech ludzi.

Przy połączeniach w punktach wyrównywających przewidziano bezpieczniki, które stapiając się — w razie nastąpienia w jednym z obszarów zasilanych krótkiego połączenia (Kurzschluss) lub połączenia z ziemią (Erdschluss) — przerywają samodzielnie związek tego okręgu z innymi.

Bezpieczniki są w ten sposób zbudowane, że po stopieniu się wykluczonem zostaje powstawanie łuku świetlnego lub połączenia przeprowadzającego prąd.

Sieć wtórna. Sieć wtórna oznaczoną jest na planach zapomocą linii niebieskich. Składa się zaś, jak poprzednio wspomniano, wyłącznie z kabli o przekroju $2 \times 100 \text{ mm}^2$ i obliczona jest dla napięcia 120 wolt, przy spadku $1\frac{1}{4}\% = 1\frac{1}{2}$ volty.

Przewodniki wtórne prowadzą od jednego szybu transformatorowego do drugiego i łączą się z szynami zbiornikowymi w obydwóch szybach; tym więc sposobem są zasilane z 2-ech stron. W szybach można je rozłączać.

Sieć wtórna jest w sobie zamknięta, przez co się otrzymuje wyrównanie jej obciążenia, co mianowicie jest ważnem ze względu na ograniczenie sprawności instalowanych transformatorów.

Wszystkie połączenia domów, z wyjątkiem niektórych większych odbiorców, będą dokonane od sieci wtórnej. Przez to uniknie się setek połączeń z siecią pierwotną o prądzie wysokiego napięcia. Kable wysokiego napięcia będą mogły być układane przy podanych odległościach z jednego szybu do drugiego w jednej sztuce, bez innych części łączących prócz końcówek w szybach. Tym sposobem bezpieczeństwo sieci kabli i eksploatacyi znacznie się powiększy i zmniejszą się roboty niebezpieczne dla personelu służbowego.

Położenie przewodników i ich układanie. Dla przewodników sieci wtórnej wybrano wogóle położenie w bliskości frontów domów, a więc dla wszystkich ulic ułożenie 2-ech przewodników, t. j. po jednym na każdej stronie. Tym sposobem prócz chodników ulice są wolne od kabli, które będą zabezpieczone od uszkodzeń przy robotach ulicznych; prócz tego przewodniki będą leżały zawsze w suchym gruncie.

Połączenia domowe będą możliwie krótkie i tanie, a ruch uliczny podczas wykonywania tych połączeń nie będzie tamowany.

Na ulicach, na których przewiduje się małe tylko zapotrzebowanie prądu a ruch jest nieznaczny, możnaby układanie kabli dokonać tymczasowo po jednej tylko stronie; dodanie drugiego przewodnika skutecznionoby z chwilą istotnej potrzeby.

Przewodniki sieci pierwotnej, główne przewodniki a także sieć pomocnicza i wyrównywająca w tych miejscach, gdzie idą one w tym samym kierunku,

co przewodniki wtórne mogłyby być układane jednocześnie i w tych samych kanałach zabezpieczających.

Głębokość na jakiej przewodniki ułożyć należy wynosi 0,7 m do jednego metra. Większa z tych głębokości zaleca się z tego względu, że usunięcie przewodników ze sfery działania mrozów ochroni je od nieuniknionego kureczenia się.

W kanałach dla kabli po większej części ułożone zostaną dwa przewodniki, kabel sieci pierwotnej i kabel sieci wtórnej. Pierwszy z nich znajdować się będzie bliżej ulicy i będzie bliżej ułożony, ostatni — bliżej domów i wyżej.

Ochrona przewodników. Dla zabezpieczenia kabli od uszkodzeń, przykrycie ich w poziomie chodnika nastąpi bądź zapomocą płyty betonowej, bądź też warstwą cegły tak grubą, ażeby np. silne uderzenia oskardem przy robotach ziemnych nie mogły uszkodzić przewodników.

W miejscach krzyżowania się ulic pod pasem dla jazdy przeznaczonym, przeprowadzenie przewodników dokonane zostanie przy pomocy rur z żelaza łanego. Rury sięgać będą od chodnika do chodnika, ułożone na głębokości odpowiedniej i pokryte zlekką ołowiem. Rury te, zgodnie z planem ogólnym sieci, ułożone zostaną zaraz w początku tak mianowicie, ażeby zabrukowanie skrzyżowań ulic nastąpiło wcześniej nim jeszcze układanie kabli się rozpocznie.

Przy takim rozkładzie robót, umieszczenie przewodników w długo-ciągłych się rowach dotknie tylko ruchu na chodnikach, zaś w poprzek ulic ograniczy się cała czynność na przeciąganiu kabli przez rury, pod ulicą dawniej już ułożone. Ruch uliczny zatem nie ulegnie żadnej przerwie, a robota dokona się znacznie pośpieszniej.

Konstrukcja przewodników. Kable współśrodkowe (koncentryczne) posiadają izolację bawełnianą i zbroję żelazną, oraz pokryte są warstwą ołowianą; w ten sposób są one w zupełności zabezpieczone od uszkodzeń.

Obliczenie sieci przewodników. W aneksie 15 XII znajdują się informacje i rezultaty odnoszące się do tego działu, a wyniki złączono w aneksie 15 X^{a-c}.

Dodać jednak należy, że przy obliczeniu sieci rozdzielowej pierwotnej i wtórnej przyjęto za zasadę, że każda linia oddaje swą energię w 5-iu punktach. Wynika stąd, jak to zresztą w aneksie 15 XII określono, że spadek napięcia wynosi w tych warunkach $\frac{6}{10}$ spadku, któryby miał miejsce, gdyby całą energię oddawano w końcu przewodnika; z tego powodu można było wprowadzić do formuł współczynnik przewodnictwa 100 zamiast właściwej jego wielkości 60.

Przy sieci wtórnej przyjęto dalej, że każda linia otrzymuje energię z 2-ch stron i dlatego wprowadzono do obliczeń połowę odległości pomiędzy dwoma szymbami transformatorów.

Obszar i sprawność sieci rozdzielowej. Sprawność sieci rozdzielowej przy największem obciążeniu przedstawiono w aneksie 15 XV.

Podług tego wykazu wynosi:

wydajność od tablicy rozdzielowej do zacisków wtórnych w transformatorach	94,1%
strata zatem wynosi	5,9%
wydajność od zacisków wtórnych w transformatorach do lamp	97,5%
strata zatem wynosi	2,5%
wydajność więc całkowita od deski rozdzielowej do lamp wynosi	91,5%
i największa strata całkowita w sieci rozdzielowej wynosi	8,5%

Obszar i sprawność objętego projektem systemu rozdzielowego, szczegółowo w aneksie 15 określona, przedstawia się w sposób następujący:

Części składowe systemu rozdzielowego	Długość w metrach	Ilość sztuk	Sprawność	
			kilowat.	ilość równocześnie palących się lamp
I. Sieć pierwotna.				
1) Sieć zasilająca główna	45 760	—	14 640	273 670
2) „ pomocnicza	2 348	—	(1200)	—
3) „ wyrównywająca	26 230	—	—	—
4) „ rozdzielowa pierwotna:				
a) sieć rozdzielowa	111 692	—		
b) „ wyrównywająca	48 175	—		
Razem	234 205	—		
II. Transformatory i szyby				
a) po 15 kilowat.	—	97	} 16 310	326 200
b) po 25 kilowat.	—	429		
c) po 35 kilowat.	—	118		
III. Sieć wtórna.				
Sieć rozdzielowa wtórna	269 158	—	23 658	473 141
Razem	503 363	644		

V.

Eksplatacja tramwajów.

Systemy, jakie rozpatrzyć należy. Dla eksploatacji tramwajów poruszanych energią elektryczną, wypadnie wziąć pod uwagę przy projektowaniu i budowie centralnej stacji miejskiej w Warszawie, pięć systemów:

- 1) bezpośrednio dostarczanie prądu stałego zapomocą przewodników umieszczonych bądź nad ziemią, bądź pod ziemią;
- 2) dostarczanie prądu systemem mieszanym bądź nad ziemią, bądź pod ziemią i z akumulatorami, ładowanymi bezpośrednio podczas ruchu wagonów;
- 3) pośrednie dostarczanie prądu zapomocą szybko się ładujących akumulatorów, przy niewielkiej ilości stacyj do ich ładowania;
- 4) pośrednie dostarczanie prądu zapomocą szybko się ładujących akumulatorów i znaczna ilość stacyj do ich ładowania;
- 5) bezpośrednio dostarczanie prądu zmiennego, trzyfazowego.

Ostatnio wspomniany system chwilowo nie może być wzięty pod uwagę dla Warszawy, z przyczyn, wskazanych przy rozpatrywaniu wyboru systemu rozdzielowego.

Pośrednie doprowadzanie prądu zapomocą akumulatorów. Systemy pośredniego dostarczania prądu, wskazane pod liczbą 3 i 4, zarówno same, jak i przy systemie mieszanym, wcale nie zostają przesądzone, gdy zostaje rozwiązana kwestya stacyi centralnej. Najodpowiedniejszym będzie przeprowadzenie ich w połączeniu z taką stacją centralną o prądzie zmiennym, któraby pozwałała na doprowadzenie energii elektrycznej małym kosztem od miejsca wytwarzania, dogodnie położonego ze względu na węgiel i wodę do kondensacji, do wybranych dowolnie stacyj transformacyjnych, gdzie prąd zmienny zostawałby przekształcony na stały, ten ostatni zaś zaopatrywałby akumulatory.

Bezpośrednie dostarczanie prądu. Tylko ze względu na późniejsze rozwiązanie kwestyi bezpośredniego dostarczania prądu (obojętnem tu jest, czy sposobem nadziemnym czy też podziemnym), można było widzieć różnice w wyborze systemu dla miejskiej stacyi centralnej, gdyż wówczas zaopatrywanie energią mogłoby być uskuteczniane:

a) albo zapomocą bezpośredniego wytwarzania prądu stałego na stacyi centralnej i doprowadzenia go przewodnikami zasilającymi, do punktów zasilających, przeznaczonych dla tramwajów; albo też

b) przez wytwarzanie prądu zmiennego, transformowanie go w stały, zapomocą transformatorów odpowiednich w takich punktach, które się nadają do zaopatrywania linii tramwajowej w energię.

Bezpośrednie wytwarzanie prądu stałego na stacyi centralnej. Za pierwszym systemem przemawia ta okoliczność, iż energia elektryczna byłaby wytwarzana bezpośrednio w tej formie, w którejby była doprowadzona do linii, mianowicie jako prąd stały o napięciu 600 woltów, podczas gdy przy drugim systemie potrzebną jest transformacja, połączona ze stratą 10 do 12%.

Bezpośrednie wytwarzanie i dostarczanie prądu stałego ma tę wadę, że wymaga wielkiej siły prądu; ta zaś powoduje, przy wielkich odległościach, na jakie prąd musiałby być doprowadzany, znaczny przekrój przewodników zasilających i wielką w nich stratę energii. System ten wymaga przy każdym znacznym zwiększeniu sieci tramwajowej doprowadzenia nowych przewodników zasilających ze stacyi centralnej. Na stacyi centralnej konieczne będą dwojakie maszyny, jedne dla prądu stałego, drugie dla zmiennego, dwa rodzaje tablic rozdzielowych i inne urządzenia dwojakie. Wszystkie możliwe wypadki, które są związane z podziemnymi i nadziemnymi przewodnikami tramwajowymi (krótkie i ziemne połączenia, uderzenia piorunu i t. p.), mogłyby łatwo przenieść się na stację centralną i wywołać tam zaburzenia. Odwrotnie też zaburzenia w przewodnikach o wysokim napięciu szkodliwieby oddziaływały na funkcjonowanie tramwajów.

Wreszcie przy bezpośrednim wytwarzaniu prądu stałego na stacyi centralnej, prądy powrotne ze wszystkich linii tramwajowych byłyby odprowadzane przez szyny i ziemię ku stacyi centralnej. Tak skoncentrowane w jednym kierunku prądy podziemne mogłyby z biegiem czasu wywołać znaczne elektrolityczne uszkodzenia w rurach wodociągowych i gazowych.

Wytwarzanie prądu stałego na stacyach wtórnych zapomocą odpowiednich transformatorów. Zasilanie tramwajów przez transformatory prądu zmiennego na stały zrównoważyłoby wymienione poprzednio straty i koszty związane z urządzeniem stacyj transformacyjnych, przez następujące zalety:

Stacya centralna byłaby urządzona wyłącznie dla prądu zmiennego, a wskutek tego odznaczałaby się prostotą urządzenia i działania.

Budynek maszyn wskutek odrzucenia maszyn o prądzie stałym byłby mniejszy i dozór nad maszynami ułatwiony.

Tablica rozdzielowa byłaby tylko jedna, mniej złożona.

Liczba wychodzących ze stacyi kabli byłaby znacznie mniejsza, mianowicie nie byłoby grubych przewodników tramwajowych.

Energia, w postaci prądu zmiennego o wysokiem napięciu, byłaby przeprowadzana ze stacyi centralnej do punktów, leżących możliwie blisko od ważniejszych punktów zasilających. Od tych zaś punktów rozchodziłyby się dopiero kable do pojedynczych linii tramwajowych.

Strata w głównych kablach zasilających wynosiłaby przytem najwyżej 2%, podczas gdy przy bezpośredniem wytwarzaniu i doprowadzaniu prądu stałego wynosiłaby najmniej 6 lub 8%; w ten sposób wróciłaby się część strat, poniesionych przy transformacyi.

Transformatory prądu zmiennego na stały robiłyby 375 lub nawet 500 obrotów na minutę, wskutek tego byłyby znacznie tańsze niż wielkie, powoli obracające się, bezpośrednio w ruch wprowadzane maszyny prądu stałego. Transformatory mogłyby być urządzone w rozmiarach mniejszych, niż dynamoparowe, tak, że na stacyi centralnej można zachować zarówno typy wielkich maszyn, korzystne urządzenie jak i proste działanie, a mimo to, dzięki transformatorom, jest się w możności zastosować do zmiennych wciąż potrzeb ruchu tramwajowego; przez to i funkcyonowanie stacyi centralnej jest korzystniejsze.

Urządzenie to miałoby wiele podobieństwa z wprowadzaniem w ruch kolei elektrycznych, zwłaszcza w Ameryce, z tak rozpowszechnionym, a mianowicie z zastosowaniem licznych maszyn o prądzie stałym, wprowadzanych w ruch przez jedną maszynę parową zapomocą pasów transmisyjnych. Miałyby one jednakże tę wyższość, że byłyby wprowadzane w ruch nie zapomocą transmisyj pasowych, lecz zapomocą elektryczności, a wskutek tego byłoby się w możności ustawić dynamo-maszyny, wytwarzające prąd stały, najbliżej tych punktów, gdzie istnieje zapotrzebowanie prądu.

Ziemne prądy powrotne przepływałyby, zamiast do jednego, do kilku punktów; przez to zmniejszyłaby się różnica potencyałów, a zatem i siła prądu, dopływająca do każdego punktu, a wskutek tego zostałaby zmniejszoną i gęstość prądów ziemnych. Wiadomo zaś, że w takim razie zmniejsza się do minimum i wpływy elektrolityczne, które mogłyby uszkodzić rury wodne i gazowe.

Użyta ewentualnie bateria buforowa znajdowałaby się w bezpośredniej bliskości głównych punktów węzłowych linii tramwajowej i przez to byłaby w stanie skutecznie najprędzej wyrównanie obciążenia maszyn.

Odpowiednie główne punkty węzłowe. Jako główne punkty węzłowe, które należy uważać w Warszawie przy utworzeniu stacyj transformacyjnych za najodpowiedniejsze, można wymienić punkty w pobliżu Placu Teatralnego i zbiegu ulic Senatorskiej i Bielańskiej, jak również punkty w pobliżu skrzyżowania się Alei Jerozolimskich z nowym Światem lub z Marszałkowską przy dworcu kolei Wiedeńskiej.

W ten sposób przewodniki doprowadzające prąd stały do punktów zasilających tramwaje byłyby stosunkowo krótkie, roboty przy przeprowadzaniu kabli nie potrzebowałyby przecinać całego miasta aż do stacyi centralnej, lecz, wychodząc z punktów węzłowych, ciągnęłyby się do dzielnic krańcowych.

Prócz tego, przy zastosowaniu tego systemu, w razie gdyby w zewnętrznych krańcach miasta rozwinął się większy ruch tramwajowy, mogłyby być

urządzone w odpowiednio wybranych punktach nowe stacje transformacyjne, mianowicie na Pradze i na Woli. Słowem, system ten przedstawia możliwość łatwego powiększenia sieci tramwajów.

Zalety te są tak znaczne i przeważające w porównaniu do niewielu wad, że według mego zdania, przy wielkich rozmiarach, które bezwątpienia przyjmie kolej elektryczna w Warszawie, i przy uwzględnieniu wszystkich innych okoliczności, system zasilania zapomocą stacji transformacyjnych byłby najkorzystniejszym.

Ewentualny związek z oświetleniem ulic publicznych. Dla Warszawy takie urządzenie miałoby jeszcze i tę dobrą stronę, że stacje transformacyjne mogłyby być zużytkowane przy transformacji prądu zmiennego na stały, dla zasilania lamp łukowych przy oświetleniu ulic danego okręgu, bądź przez specjalne maszyny transformacyjne, bądź też przez komutatory pojedyncze w razie, jeśliby użyciu lamp łukowych o prądzie stałym dano pierwszeństwo ze względu na lepsze oświetlenie powierzchni ulic.

Stacje transformacyjne. Stacje transformacyjne mogłyby być umieszczone w specjalnie w tym celu urządzonych budynkach, ewentualnie także w pomieszczeniach podziemnych; możnaby je też umieścić w piwnicach, któremi możnaby było rozporządzać; tak np. dałyby się zużytkować na stacje transformacyjne na Placu Teatralnym piwnice Ratusza lub jego przybudówki, lub też możnaby było odnaleźć w blizkości Teatru miejsce na ustawienie transformatorów z baterią wyrównywającą, zwłaszcza jeśliby się udało pozyskać Teatr na konsumenta elektryczności miejskiej, ewentualnie z zastosowaniem akumulatorów; urządzenie takie byłoby nader korzystnem zarówno dla zarządu Teatrów, jak i dla miejskiej stacji centralnej.

Szkieł stacji transformacyjnej. Dla uprzytomnienia urządzenia i wymagalnej przestrzeni na większą stację transformacyjną dla tramwajów elektrycznych, przedstawione zostały dwie alternatywy w aneksie 11.

Według tego projektu stacja składa się z 4-ch transformatorów prądu zmiennego na stały, o sprawności około 400 kilowat. Przy użyciu 3-ch transformatorów stacja posiada sprawność 1200 kilowat. lub 2000 amperów, przy napięciu 600 woltów.

Jak z tego szkicu widać, potrzeba na taką stację, według jednej alternatywy obszaru 16 m długości i 12,5 szerokości, według drugiej 25 m długości i 8,5 szerokości, czyli około 200 do 210 m². W razie konieczności dałaby się ona umieścić i na mniejszej przestrzeni.

Bateria wyrównywająca z 300 elementów o napięciu 600 woltów i pojemności 600 do 900 amp.-godzin, przy jednogodzinnem wyładowaniu zajęłaby, przy umieszczeniu w dwu piętrach, taką samą powierzchnię i mogłaby znaleźć miejsce w obok leżących piwnicach lub podziemnych pomieszczeniach. I te także, w razie potrzeby, dałyby się do mniejszej przestrzeni ograniczyć.

Pierwotna energia byłaby doprowadzana ze stacji centralnej do tablicy rozdzielczej stacji transformacyjnej zapomocą kabla, o przekroju około $2 \times 200 \text{ mm}^2$, lub 2-ch kabli o przekroju $2 \times 100 \text{ mm}^2$, a stąd skierowana do transformatora prądu zmiennego na stały. Prąd stały byłby otrzymywany ze szczytów maszyny o prądzie stałym, o napięciu 600 woltów i doprowadzany do przewodników, zasilających tramwaje. Bateria wyrównywająca działałaby równolegle z dynamomaszynami, a więc przy zwiększonym zapotrzebowaniu prądu, przekraczającym sprawność dynamomaszyn, znajdujących się w ruchu, oddawałaby energię dodatkową, przy raptownem zaś zmniejszeniu się zapotrzebo-

wania, przyjmowałaby i przechowywała nadwyżkę prądu, wytwarzanego w dynamomaszynach.

Do ładowania akumulatorów są przewidziane dwie maszyny dodatkowe, które umożliwiają zwiększenie napięcia, przy koniecznym każdego wieczora ładowaniu, do mniej więcej 720 woltów, a przy niezbędnym od czasu do czasu przeładowaniu do mniej więcej 810 woltów. Maszyny dodatkowe są projektowane o sprawności równej $\frac{1}{3}$ sprawności wielkich maszyn, czyli na 220 amperów przy 210 woltach, t. j. na maksymalną sprawność 45 do 50 kilowattów.

Schemat połączeń dla stacyi transformacyjnej podany jest w aneksie 12.

Podany w aneksie 11 projekt jest szkicowym i ma, jak wspomniano, na celu tylko określenie obszaru wynaganego dla takiej stacyi transformacyjnej. Dokładny projekt może być wypracowany tylko wówczas, gdy zostanie ostatecznie rozstrzygnięte, który system znajdzie zastosowanie przy elektrycznym urządzeniu tramwajów i gdy zostanie określona wielkość takiego urządzenia, jak również będzie postanowionem, jakie nowe linie mają być w ciągu następnych lat przeprowadzone.

System mieszany. Na wypadek zaprowadzenia jednego ze wzmiankowanych w punkcie 2) urządzeń o systemie mieszanym (bezpośrednie, podziemne lub nadziemne doprowadzanie prądu i akumulatory), projekt co do transformatorów pozostałby bez zmiany, wystarczałaby jednakże bateria wyrównywająca o mniejszej sprawności. I w tym także wypadku byłyby odpowiednie dla stacyj transformacyjnych te same miejsca co i przy urządzeniu bezpośrednim.

Urządzenie akumulatorów. W razie, gdyby poprzednio wzmiankowane alternatywy 3 i 4 pośredniego urządzenia z akumulatorami wybrane zostały, to:

a) przy urządzeniu wielkich stacyj dla powolnego ładowania znajdujących się w wagonach baterij, transformatory byłyby ustawione na stacyach głównych (krajcowe punkty kolei), a bateria wyrównywająca okazałaby się wówczas zbyt dużą;

b) przy urządzeniu licznych stacyj dla szybkiego ładowania, mogłyby być urządzone mniejsze stacje transformacyjne dla całych grup stacyj ładujących, lub też dla oddzielnych miejsc ładowania; w tym wypadku musiałyby one być zaopatrzone w baterie wyrównywające szybkie zmiany siły prądu przy wjeżdżaniu wagonów pod kontakty ładujące.

Kwestya odpowiedniego zasilania tramwajów nie jest przesądzoną przez wybór systemu. Z tego wszystkiego wynika, że projekt obecnie objaśniany, odnośnie do urządzenia i do systemu, mającego znaleźć zastosowanie przy budowie stacyi centralnej dla Warszawy, w żaden sposób nie przesądza kwestyi odpowiedniego zasilania tramwajów elektrycznych. Przeciwnie, projekt ten przedstawia znaczną liczbę odpowiednich rozwiązań, podług których z jednej strony prąd dostarczany jest tramwajom w najkorzystniejszych warunkach, a z drugiej strony rozwiązania te okazują się korzystnymi dla miasta, jako posiadacza energii elektrycznej.

VI.

Pierwszy i drugi okres budowy.

Sprawność w pierwszym i drugim okresie budowy. Na wstępie niniejszego referatu było zaznaczonem, że :

a) dla pierwszego okresu budowy byłaby odpowiednią sprawność stacyi centralnej 2000 kilowat., któraby wystarczała dla zasilania 36 000 do 37 000

jednocześnie palących się lamp żarowych, lub 28 000 do 29 000 jednocześnie palących się lamp żarowych i dostarczała 400 kilowat. do poruszania motorów;

b) dla drugiego zaś okresu budowy byłaby przewidziana stacya centralna o sprawności 3000 kilowat., któraby wystarczała dla 56 000 jednocześnie się palących lamp żarowych lub 44 000 jednocześnie się palących lamp żarowych i dostarczała 600 kilowat. dla motorów.

Budynki. W pierwszym okresie budowy stacya centralna składa się, jak to na aneksie 6-ym ciemnymi farbami zostało zaznaczonem,

a) z budynku maszyn do pomieszczenia 4-eh maszyn parowych, t. j. ze środkowej części zabudowania, długości 60 m — i

b) z północnej połowy budynku dla kotłów i węgla, łącznie z pomieszczeniem dla pomp i przyległym kominem północnym.

Maszyny. W pierwszym okresie budowy, w budynku maszyn byłyby ustawione 3 dynamo-maszyny o prądzie zmiennym, o sprawności 1000 kilowat. każda, wraz ze wszystkimi należącemi do nich częściami, a w kotłowni 10 kotłów o wielkiej zawartości wody i 4 kotły wodnorurkowe z dwoma podgrzewaczami.

W drugim okresie budowy urządzenia maszynowe składałyby się z powyższego, wraz z dodaniem czwartej maszyny dla prądu zmiennego i 2-eh kotłów wodnorurkowych.

Tablica rozdzielowa byłaby wykonana w zupełności dla całego urządzenia.

System rozdzielczy. System rozdzielczy, o ile jego przeprowadzenie w pierwszym okresie budowy jest przewidzianem, został przedstawiony, jak wspomniano, na aneksie 5-ym i jego dodatkowych tablicach.

Wybór linii. Przy wyborze linii, które mają być zaopatrzone w przewodniki w pierwszym okresie budowy, zostały wybrane ulice, na których odbiór energii elektrycznej będzie największy, mianowicie takie, na których będzie połączenie wielkich konsumentów, sklepów, restauracyj, hoteli i t. p.; wobec istniejących stosunków, pozyskanie podobnie dużych konsumentów należy uważać, jako główne zadanie, gdyż przez ich przyłączenie się do urządzeń elektrycznych, nieodzowne wydatki, procenty i amortyzacya znalazłyby nader prędko pokrycie.

Sieć drugorzędna i otwarte drogi uliczne. Sieć drugorzędna kabli obejmuje przeto wszystkie ważne komunikacye uliczne, przy których może być oczekiwane mniejsze lub większe zapotrzebowanie energii elektrycznej, a mianowicie następujące:

Plac Zankowy, Krakowskie-Przedmieście, Nowy-Świat, Plac Św. Aleksandra, Aleja Ujazdowska do Pięknej, ewentualnie do Koszykowej; Senatorska od Placu Zankowego do Placu Teatralnego i od Placu Teatralnego do Placu Bankowego; Plac Teatralny, Wierzbowa, Niecała, Hr. Kotzebue, Czysta, Trębacka, Nowo-Senatorska, Nowo-Miodowa i Miodowa; Plac Saski, Mazowiecka, Plac Warecki, Szpitalna, Bracka do Placu Św. Aleksandra; Marszałkowska od Królewskiej do Alei Jerozolimskiej, Królewska od Krakowskiego-Przedmieścia do Granicznej; Hr. Berga, Erywańska, Św.-Krzyska od Nowego-Światu do Marszałkowskiej, Włodzimierska, Plac Zielony; Jasna, Szkolna, Rysia; Chmielna od Nowego-Światu do Marszałkowskiej; Zgoda i wszystkie ulice nowo-budującej się dzielnicy między Marszałkowską, Zgoda, Placem Wareckim i Św. Krzyską; Graniczna, Żelazna Brama, Żabia, Plac Bankowy, Elektoralna od Placu Bankowego do Białej, Rymarska, Bielańska, Tłomackie, Długa od Freta do Przejazdu, Plac Krasieńskich, Przejazd, Nalewki od Długiej do Placu Muranowskiego, Nowolipki od Nalewek do Dzikiej, Dzika od Nowolipek do Gęsiej, Gęsia od Dzikiej do Na-

lewek, Freta od Długiej do Św.-Jerskiej, Św.-Jerska od Freta do Nalewek, których to ulic długość ogólna wynosi 21000 m, czyli okrągłą liczbę 20 wiorst.

Prócz tego w pierwszym okresie budowy Aleja Ujazdowska od Koszykowej do Pałacu Belwederskiego i następnie b. Zamek Królewski byłyby zaopatrzone w przewodniki sieci pierwotnej i w transformatory.

Potrzebne do zasilania tych okręgów składowe części systemu rozdzielawego, a mianowicie: przewodniki główne, pomocnicze i wyrównywające, sieć pierwotna, transformatory i sieć wtórna, podane są w tablicy aneksu 15, XI^{ac} (piewszy okres budowy).

Przewodniki zasilające. Dla tego obszaru przewidziane są następujące *główne przewodniki zasilające*: 1, 2, 3, 4 i 7, które prowadzą do głównych punktów zasilających: (100) na rogu Miodowej i Senatorskiej, (200) na Trębackiej róg Wierzbowej, (300) na Mazowieckiej róg Hr. Berga, (400) na Nalewkach róg Św.-Jerskiej, (700) na Brackiej róg Jerozolimskiej.

Następnie są przewidziane *przewodniki pomocnicze* z ich połączeniami do głównych punktów zasilających 100, 200 i 300.

O ile ze względu na uniknięcie późniejszego zrywania bruku byłoby odpowiedniem przy układaniu głównych przewodników, przeprowadzać także i kable dla dalej na zewnątrz położonych rewirów, a mianowicie główne przewodniki zasilające 5, 6, 8, 10, 11 i 12, ostateczne postanowienie będzie powzięte przy późniejszych obradach.

Sieć pierwotna i wtórna. W dalszym ciągu jest przewidziane: sieć pierwotna 30 656 m i sieć wtórna 35 600 m.

Transformatory. 134 szyby transformatorowe, z transformatorami o sprawności 15 do 35 kilowatów.

Wzgląd na przyszłość. Samo przez się rozumie się, że *główne kable zasilające* są przewidziane o takiej sprawności, że wystarczą do zaspokojenia potrzeb okręgów zasilanych; sprawność ich przeto w pierwszym okresie budowy będzie znacznie większą, niż sprawność pozostałych części składowych systemu rozdzielawego.

Wszystkie przewodniki sieci pierwotnej i wtórnej posiadają taki przekrój, jaki mieć powinny przy ostatecznem wykończeniu sieci.

W szybach transformatorowych są przewidziane transformatory takiej wielkości, żeby one zadawałniały przypuszczalne najbliższe zapotrzebowanie danych punktów.

Pewność dostarczania prądu w pierwszym i drugim okresie budowy. W pierwszym i drugim okresie budowy stacya centralna, jak widać to na planie, rozdzielona jest na dwie części co się tyczy maszyn i tablicy rozdzielawej, przez co osiągniętą zostaje zupełna pewność eksploatacyi, podczas gdy w systemie rozdzielawym dają wymagalną pewność co do zasilania głównych punktów 100, 200 i 300 przewodniki pomocnicze, a w pozostałych przewodniki wyrównywające.

Sprawność systemu rozdzielawego. *Długość, liczba i sprawność* pojedynczych części składowych systemu rozdzielawego, które w *pierwszym okresie budowy* są przewidziane, podane są na tablicach aneksu 15, które wykazują zgodność istniejącą pod względem sprawności pomiędzy oddzielnymi częściami systemu rozdzielawego, z wyjątkiem tylko głównych kabli zasilających, dla których powody zwiększonej sprawności zostały wyjaśnione poprzednio.

Części składowe systemu rozdziawego	Długość w metrach	Ilość sztuk	S p r a w n o ś ć	
			kilowat.	jednocześnie palących się lam- pek żarowych
I. Przewodniki pierwotne				
1) Przewodn. główne zasilające . . .	8 170	—	5 300	99 070
2) „ pomocnicze	2 348	—	(1200)	—
3) „ wyrównywające	1 984	—	—	—
4) Pierwotna sieć rozdziawowa:				
a) przewodn. rozprowadzające . . .	20 951	—		
b) „ wyrównywające	9 410	—		
c) przewody pierścieniowe	295	—		
Razem	43 158	—		
II. Transformatory i szyby				
a) na 15 kilowat.	—	22	} 3 520	70 400
b) na 25 kilowat.	—	73		
c) na 35 kilowat.	—	39		
III. Przewodniki wtórne.				
Sieć wtórna rozdziawowa	35 600	—	3 520	70 396
Razem	78 578	134		

Z powyższego wynika, że system rozdziawowy pod względem sprawności transformatorów odpowiada drugiemu okresowi budowy stacji centralnej. Mogłyby przeto przy pierwszym przeprowadzeniu sieci być zaprowadzone pewne ograniczenia i oszczędności przez opuszczenie pojedynczych linii, w razie gdyby zbyt mały popyt na energię elektryczną lub inne względy czyniły takie pominięcie właściwym. Należy jednak mieć na uwadze, iż sieć obejmująca większy obszar sprowadziłaby za sobą zwiększenie popytu na energię elektryczną, a co zatem idzie szybsze wyzyskanie urządzenia, cel, ku któremu w danym razie przedewszystkiem dążyć należy.

VII.

Koszty urządzenia i eksploatacji oraz dochodność stacji.

Kosztorysy, aneks 16^{ac}. Aneks 16^{ac}, dodany do referatu, zawiera kosztorysy budowy i eksploatacji w pierwszym i drugim okresie budowy, dalej zaś obliczenia dochodności.

Urządzenie podstawowe przy obliczaniu kosztów. Przy obliczaniu kosztów przyjętem zostało, iż stacya centralna zostanie o tyle wykonaną w zupełnej zgodzie z projektem ostatecznego urządzenia, o ile przypuszczalne zapotrzebowanie najbliższych lat tego wymaga i że przytem jednocześnie zostanie urządzonem to wszystko, czego obecne pominięcie a późniejsze dodanie mogłoby spowodować za sobą znaczne koszty, straty lub niedogodności.

Następnie przyjęto, że wszystkie części składowe urządzenia, maszyny, kotły, aparaty, kable, transformatory i t. d. będą dostarczane w najlepszym gatunku, ażeby bezwarunkowo została osiągnięta pewność funkcjonowania i doskonałe działanie.

Maszyny parowe i turbiny. Dla motorów proponowane są dwie kombinacje: jedna z maszynami parowymi, druga z turbinami parowymi.

W kosztorysie pierwszego i drugiego okresu budowy za podstawę została przyjętą maszyna parowa o potrójnej ekspansyi, najbardziej ekonomiczna przy eksploatacyi, lecz za to najdroższa w cenie.

Przy wykonywaniu proponują ściąganie ofert zarówno dla maszyn, jak i dla turbin parowych. Zarząd miejski mógłby wówczas rozstrzygnąć, czy nie byłoby odpowiedniejszym, ze względów oszczędnościowych, już w pierwszym okresie budowy zaprowadzić turbiny parowe dla rezerwy, t. j. ustawić dwie maszyny parowe i jedną lub dwie turbiny. Wobec tego, że ostatnie nie wymagają specjalnych fundamentów, możnaby je było ustawić na tymczasowym fundamencie na prawo i lewo od maszyn parowych, ustawionych w środku budynku. Następnie, gdy budynek zostanie przedłużony, turbiny można przestawić na ostateczne ich miejsca w skrzydłach zabudowania.

Przewodniki rozprawdzające, ułożone po obu stronach ulic. W kosztorysie zostało przyjętem, że kable rozprawdzające będą ułożone na wszystkich ulicach po obydwóch ich stronach.

Ponieważ w grę wchodzi tylko ważniejsze arterye komunikacyjne, układanie przewodników tylko z jednej strony, nawet na wązkich ulicach, nie byłoby dostateczne.

Skrzyżowanie ulic. W tych miejscach gdzie dla ułożenia przewodników wypadnie przeciąć pas uliczny przeznaczony do jazdy, rury mieścić powinny nie tylko tę ilość przewodników jaka na razie jest projektowana, lecz i położyć się mających w przyszłości. Tym tylko sposobem można uniknąć rozkopywania powierzchni ulic.

Ceny zasadnicze i zamiana obcej waluty. Cyfry podstawowe przyjęto dla kosztorysu takie, za które pierwszorzędne firmy uskuteczniłyby dostawę w materiałach wyborowych. Przedmioty sprowadzane z zagranicy i opłacane walutą obcą, zamieniono na ruble, przyjmując za rubel kredytowy 2,50 fr., 2 marki lub 2 szylingi.

Wydatki nieprzewidziane. Na pozycye nieprzewidziane przyjęto i wstawiono do kosztorysu dodatek 10%.

Połączenia domowe nie weszły do kosztorysu.

W kosztorysie nie uwzględniono połączeń domowych. Połączenie takie składa się: z mufy na przewodniku sieci wtórnej, z przebicia muru, z przewodnika doprowadzającego długości około 4 — 6 m, z końcówki oraz skrzynki połączeniowej, umieszczonej bądź w piwnicy bądź na parterze domu złączonego z siecią. Połączenia te nie należą bowiem jako część składowa do majątku centralnej stacyi elektrycznej, a obsługa tych połączeń dokonywa się przez Zarząd stacyi centralnej na rachunek odbiorców, za wynagrodzeniem z góry umówionem, stosownie do taryfy.

Byłoby jednak praktycznem bezpłatne uskutecznienie połączenia dla wszystkich, którzyby się w przeciągu pierwszych 12 miesięcy zgłosili z żądaniem połączenia.

Niezależnie więc od sum kosztorysowych, należałoby przy oznaczaniu kredytów uwzględnić 500 połączeń domowych po rub. 100 i wyasygnować na ten cel specjalny rub. 50 000.

Koszt budowy w pierwszym okresie. Przy maksymalnej sprawności 2000 kilowat. na tablicy rozdzielowej, czyli przy ilości od 36 000 do 37 000 równocześnie palących się lamp po 16 świec normalnych, kosztorys tak się przedstawia:

A) Stacja centralna :

1) kupno placu	rub.	45 000
2) budynki	„	510 000
3) instalacja maszynowa	„	105 000
razem	rub.	1 605 000

B) Sieć przewodników :

1) roboty uliczne	rub.	143 410
2) główne przewody zasilające	„	143 738
3) sieć pierwotna	„	179 210
4) sieć wtórna	„	222 955
5) transformatory	„	215 240
razem	rub.	904 553

C) Kierownictwo budowy i wydatki nieprzewidziane

	rub.	240 447
--	------	---------

suma całkowita rub. **2 750 000**

W drugim okresie budowy, przy sprawności 3000 kilowat., na tablicy rozdzielowej, czyli przy 56 000 równocześnie palących się lampach 16-świecowych, koszty przedstawiałyby się jak następuje :

A) Stacja centralna :

2 budynki	rub.	6 000
3 urządzenia maszynowe i instalacja elektryczna	„	259 000
razem	rub.	265 000

C) Kierownictwo budowy i wydatki nieprzewidziane

	„	25 000
--	---	--------

razem rub. 290 000

Koszt zatem pierwszego łącznie z drugim okresem budowy wynosi razem rub. **3 040 000.**

Amortyzacja. W ostatniej rubryce kosztorysu odpisano, zgodnie z przyjętem przy podobnych zakładach zwyczajem : 2% na budynki, szyby transformatorowe i roboty uliczne; 8% na maszyny parowe i maszyny elektryczne, 5% na przewody rurowe, 4% na sieć przewodników z przyborami do niej należącymi i 5% na transformatory.

Koszt eksploatacji. Dla obliczenia kosztów eksploatacyjnych przyjęto następujące warunki zasadnicze :

	I okres budowy	II okres budowy
Maksymalne równoczesne pożyteczne zużycie energii dla motorów	400	500 kilowat.
Przeciętna ilość godzin równoczesnego działania motorów	2 500	2 500 godzin
Ilość maksymalna równocześnie palących się lamp	28 000	44 000
Przeciętna ilość godzin równoczesnego palenia się lamp	1 100	1 100 godzin
Maksymalna sprawność wyrażona liczbą równocześnie palących się lamp	36 000	56 000
Wynika stąd roczna konsumpcya energii, wyrażona w kilowat.-godzinach:		
a) dla motorów	1 000 000	1 500 000
b) dla oświetlenia	1 550 000	2 430 000
Sprawność maszyn przy uwzględnieniu strat luźnego biegu, pracy zużywanej na magnetyzowanie w transformatorach i wszelkich strat związanych z eksploatacją, wyraża się w konio-godzinach indykowanych	5 970 000	8 360 000
Całkowita ilość zużytego węgla	6 500 000	9 000 000
Ilość węgla na pożytecznie oddawaną kilowat-godzinę	2,55	2,29 kg

Wydatki na służbę oznaczono na zasadzie dniówek eksploatacyi i rozdzielono je:

- a) na służbę stałą,
- b) na służbę dodatkową, podczas półrocza zimowego i zwiększonego działania stacyi centralnej.

Nie uwzględniono jeszcze przy układaniu tych wykazów możności połączenia stacyi centralnej elektrycznej z jaką bądź inną gałęzią administracyi miejskiej.

Płaca dzienna oparta na normach i zwyczajach praktykowanych w Warszawie — jednakże wzięto wszędzie normę wysoką, ze względu na konieczność zaopatrzenia się w kontyngens ludzi zasługujących na zaufanie.

Wydatki roczne. Z obliczeń, wyszczególnionych w aneksie 16, otrzymujemy wydatki roczne jak następuje:

	I okr. budowy	II okr. bud.
1) 5% odsetek od kapitału zakładowego	rub. 137 500	152 000
2) Amortyzacya i konserwacya	„ 121 720	141 960
3) i 4) Zarząd, płaceienne i wydatki eksploatacyjne	„ 110 780	146 040
Razem	rub. 370 000	440 000

Z tych obliczeń i kosztu energii elektrycznej, wytwarzanej na stacyi centralnej wielkich rozmiarów, wynika potwierdzenie faktu, że w liczbach okrągłych $\frac{1}{3}$ część wydatków rocznych przypada na procenty, $\frac{1}{3}$ na amortyzację i utrzymanie i $\frac{1}{3}$ na koszty eksploatacyjne. Z ostatniej cyfry połowa czyli $\frac{1}{6}$ przypada na koszt węgla.

Koszt własny energii elektrycznej. Koszt własny energii elektrycznej, przyjmując stacyę centralną wybudowaną i eksploatowaną w kompletnym jej rozwoju, 1-go i 2-go okresu budowy, i układając cenę energii dla motorów $\frac{1}{4}$ tej ceny, jaka będzie przyjętą dla oświetlenia, przedstawia się w sposób następujący:

	I okr. budowy	II okr. bud.	
Pożyteczne wyprodukowanie prądu dla motorów	1 000 000	1 500 000	kil.-godz.
Do rachunku wprowadza się w zmniejszeniu			
do 1/4	250 000	375 000	„
Prąd dla oświetlenia	1 550 000	2 430 000	„
Razem do podzielenia przez sumę wydatków			
rocznych	1 800 000	2 805 000	„
Wydatki roczne wynoszą	370 000	440 000	rubli
Koszt własny na kilowat-godzinę:			
a) dla oświetlenia	20,55	15,6	kopiejek
b) dla motorów 1/4	5,14	3,9	„

Wynik powyższych obliczeń. Z cyfr tych wypada, że miasto przystępując do założenia odpowiednio urządzonej i zaopatrzonej w najlepsze przybory stacyi centralnej, którą z biegiem lat rozwinąć i powiększyć można, ku czemu pierwsze założenie najzupełniej się nadaje, będzie mogło dostarczać prąd po cenie bardzo niskiej.

Rachunek rentowności. Przy końcu w aneksie 16^e znajduje się obliczenie rentowności, ułożone na zasadzie następujących 5-ciu przypuszczeń:

1) że w pierwszym okresie budowy, przy trzech maszynach o sprawności 1000 kilowat., czyli że liczba równocześnie palących się lamp wyniesie 18 000 do 19 000;

2) że sprawność podniesioną zostanie w warunkach zresztą jak wyżej do 1500 kilowat., czyli że liczba równocześnie palących się lamp wyniesie 27 000 do 28 000;

3) że sprawność w warunkach takichże jak wyżej, podniesioną zostanie do 2000 kilowat., to znaczy, że liczba równocześnie palących się lamp dosięgnie cyfry 36 000 do 38 000;

4) że dodaną zostanie czwarta maszyna, sprawność jednak nie wyniesie więcej jak 2500 kilowat., czyli ilość lamp równocześnie palących się wyniesie 45 000 do 47 000;

5) że przy całkowitem wykończeniu budowy sprawność wyniesie 3000 kilowat., a liczba równocześnie palących się lamp wyniesie 54 000 do 56 000, o sile 16 świec norm. każda, że koszt kilowat.-godziny dla motorów wyniesie 10 kop., dla oświetlenia 30 kop., że rabat udzielony w okresie pierwszym wyniesie:

dla motorów	25%
„ oświetlenia	10%.

Dalej przyjęto, że rabaty zostaną powiększone w miarę zwiększającego się zapotrzebowania prądu i związanego z tem zapotrzebowaniem dłuższego okresu palenia się lamp. Zwiększenie to wpłynie przypuszczalnie na udzielenie rabatów przy pełnym rozwoju instalacji 2-go okresu budowy:

dla motorów	40%
„ oświetlenia	20%.

Innemi słowy, w pierwszym okresie opłata będzie wynosiła:

dla motorów	7½ kop.
„ oświetlenia	27 „

w okresie drugim, przy pełnym rozwoju budowy:

dla motorów	6 kop.
„ celów oświetlenia	24 „

to znaczy, że przy obrachnunku rocznym z konsumentami zostanie otrzymaną tak wysoka przeciętna stawka rabatowa.

Na zasadzie powyższych przypuszczeń, rezultat finansowy pod względem dochodu, w 5-ciu peryodach po sobie następujących, przedstawiono w tablicy poniższej.

Przyjmując zapotrzebowanie prądu stosownie do :	Wyzyskanie pierwszego okresu budowy do			Wyzyskanie drugiego okresu budowy do	
	¹ / ₂	³ / ₄	całkowite	⁵ / ₆	całkowite
	I-go peryodu	II-go peryodu	III-go peryodu	IV-go peryodu	V-go peryodu
	rubli	rubli	rubli	rubli	rubli
Oprocentowanie kapitału zakładowego	137 500	137 500	137 500	152 000	152 000
Koszt roczny eksploatacji.	81 780	95 780	110 780	129 040	146 040
Razem	219 280	233 280	248 280	281 040	298 040
Wpływy roczne	247 500	367 500	490 000	586 000	675 000
Przewyżka po odciążeniu oprocentowania kapitału zakładowego i kosztów eksploatacji	28 220	134 220	241 720	304 960	376 960
Po oprocentowaniu kapitału zakładowego i pokryciu kosztów eksploatacji, pozostaje na amortyzację i rezerwę około	1%	5%	9%	10%	12%
lub, ponieważ na amortyzację potrzeba podług pozycji przedstawionych w kosztorysie	121 720	121 720	121 720	141 960	141 960
to w pierwszym peryodzie amortyzacja nie jest pokryta, lecz w pozostałych peryodach, po odpisaniu całej amortyzacji, pozostaje przewyżka	—	12 500	120 000	163 000	235 000

Z tego obliczenia rentowności najpierw wynika, że w pierwszym peryodzie nie jest zapewnione pokrycie amortyzacji, lecz z drugiej strony miasto może podjąć ryzyko tego małego deficytu ze względu na większe wpływy, jakie da instalacja przy zwiększonym wyzyskaniu, i to tem bardziej, trzeba to uważać jako wyjątek, że amortyzacja nie będzie się odbywała z początku w takiej wysokości, jaka została przyjęta do obliczeń.

Z drugiej strony z obliczeń wynika, że po osiągnięciu większego zapotrzebowania, urządzenie elektryczne, pomimo niskich cen prądu, da duże nadwyżki.

Nadwyżki te mogą być użyte albo do dalszej amortyzacji, lub też użyć ich można na utworzenie kapitału rezerwowego, w celu dalszego rozszerzenia urządzenia, albo też przy stopniowym zwiększaniu pomyślności urządzenia, możnaby je zużyć częściowo na zniesienie ceny zasadniczej prądu.

Przy tem trzeba wspomnieć, że nadwyżka w V peryodzie, t. j. przy pełnym wyzyskaniu urządzenia drugiego okresu budowy, odpowiadałaby, *utrzymując przyjęte przeciętne rabaty 40% dla prądu do motorów i 20% dla prądu do oświetlenia, obniżeniu ceny zasadniczej do 6¹/₂ kop. dla motorów, 20 kop. dla oświetlenia.*

W powyższych jednak obliczeniach nie jest uwzględnionem zastosowanie prądu do oświetlenia publicznego i do elektrycznej trakcji tramwajów. Jeżeli tylko nastąpi tego rodzaju zastosowanie, stosunki dochodności urządzenia będą jeszcze znacznie wygodniejsze.

Podług mojego zdania, Warszawa, budując i eksploatując miejskie urządzenia elektryczne, byłaby nie tylko w możności otworzyć bogate źródło dochodu, lecz także wskutek wygodnych kombinacji i warunków, istniejących tutaj i dogmagających się zużytkowania, mogłaby produkować prąd w wyjątkowo dogodnych okolicznościach, a z tego powodu oddawać go konsumentom po niezwykle niskiej cenie.

Przedewszystkiem jednakże byłaby możliwość tak taniego wytwarzania prądu, jakie zapewnić może duże, pomyślnie działające i odpowiednio wyszkolone urządzenie elektryczne. Możliwość tę możnaby było zastosować do celów publicznych, urządzenia miejskie mogłyby być tanio obsłużone, gmachom miejskim i rządowym możnaby oddawać prąd po umiarkowanych cenach, oddzielne przemysły lub gałęzie przemysłów, w których rozwoju miasto ma interes, mogłyby być popierane, mianowicie przemysł drobny mógłby otrzymywać siłę motoryczną za cenę wyjątkowo niską. Miasto, jako posiadacz urządzeń elektrycznych, byłoby w możności, przez odpowiednie określenie ceny i przez osobne układy z wielkimi odbiorcami, natychmiast pozyskać znaczny obszar zbytu w sklepach, w lokalach zabaw publicznych i tym sposobem osiągnąćby można nie tylko pożądane warunki zbytu dla urządzenia elektrycznego, lecz możnaby zapewnić także wszystkie pośrednie korzyści, jakie może dać istnienie tego tak znacznego przedsiębiorstwa.

Co się tyczy dalszego postępowania dla urzeczywistnienia tych celów, to pozwalam sobie zwrócić uwagę, że, jak to przedstawiono na innym miejscu tego referatu, mogą być wzięte pod uwagę rozmaite alternatywy co do wybudowania stacji centralnej. Każda z nich posiada zalety i wady, niektóre z nich są jednak równoważące. Najpierw więc nastąpić powinien wybór jednej z tych alternatyw.

Równocześnie trzeba byłoby zbadać kwestję trakcji elektrycznej tramwajów i obszar miasta, na jakim ma być zaprowadzone oświetlenie ulic i placów, gdyż te czynniki muszą być wzięte pod uwagę przy budowie całego urządzenia.

Po przyjęciu projektu i uzyskaniu zezwolenia wyższych władz, byłoby do życzenia na dostawy i budowę rozpisac konkurencyę i powołać poważne firmy do składania ofert wraz z danymi, tyczącemi się gwarancyi dla pojedynczych części składowych urządzenia, kotłów parowych, maszyn parowych, maszyn do prądu zmiennego, tablicy rozdzielowej, sieci kabli, transformatorów i t. d.

Urządzenia budowlane, budynki, szachty transformatorowe, i mianowicie wszystkie roboty uliczne i grabarskie, byłoby, na zasadzie doświadczenia zarządu budowy kanalizacji i wodociągów m. Warszawy, najlepiej i najtaniej wykonać przez samo miasto.

Czas budowy. W podobny sposób (nie zważając na pewną formalną różnicę, odnośnie do pośredniego zawarcia kontraktów), były wykonane urządzenia elektryczne w Frankfurcie nad Menem. Do wykonania potrzeba było około 12 miesięcy, licząc od czasu otrzymania pozwolenia na oddanie w eksploatacyę.

Przed niedawnym czasem miasto Elberfeld postąpiło w podobny sposób i wynikiem tego było, że nie tylko do wszystkich dostaw i robót stanęły firmy pierwszorzędne, a wskutek konkurencyi były uzyskane tak znaczne oszczędności, że całe urządzenie z największą sprawnością 3 000 kilowat. było wykonane za

sumę kosztorysową, jaka była przewidziana dla sprawności 2 000 kilowat. Urządzenie całe wykonano w ciągu 15 miesięcy, licząc od daty oddania dostaw.

Ponieważ jednak, ze względu na stosunki warszawskie, podobnie prędkie budowanie z trudnością mogłoby być osiągnięte, to jednakże byłoby ono możliwym do osiągnięcia w ciągu lat dwóch, licząc od dnia otrzymania pozwolenia na wykonanie robót.

Wykaz aneksów 15, I do XV.

- 15, I — zestawienie zapotrzebowania energii elektrycznej dla oświetlenia publicznego ulic i placów.
- 15, II — obliczenie potrzebnej wody kondensacyjnej i ciepłostek dla stacji centralnych, uwzględniając rozmaite alternatywy.
- 15, III — tablica rocznej nadwyżki wydatków dla stacji centralnej, przy porównawczem zestawieniu kosztów rozmaitych propozycji.
- 15, IV — ilość wody kondensacyjnej i sprawność pomp kondensacyjnych i motorów.
- 15, V — obliczenie zużycia pary na stacji centralnej, oraz wymaganego urządzenia kotłowni.
- 15, VI — objaśnienia do urządzenia pomp dla odwodnienia dolnego miasta.
- 15, VII — rachunkowe oznaczenie sprawności stacji pomp dla dolnego miasta.
- 15, VIII — opis szematu rozdzielowego i rozprowadzającego.
- 15, IX — opis znakowania stosowanego przy systemie rozdzielowym.
- 15, X^{a-c} — tablice sieci przewodników i transformatorów: a) przewody zasilające, b) sieć rozdzielowa pierwotna, c) sieć rozdzielowa wtórna — przy pełnym rozwoju.
- 15, XI^{a-c} — j. w., w pierwszym okresie budowy.
- 15, XII — obliczenie przewodów zasilających i rozprowadzających, z dołączeniem diagramu.
- 15, XIII — porównawcze obliczenie przewodów jednakowej sprawności, przy rozmaitych systemach rozprowadzania, z dołączeniem diagramu.
- 15, XIV — stopniowanie sprawności pojedynczych urządzeń całej instalacji.
- 15, XV — efekt pojedynczych części instalacji i kombinacja efektów.

Aneks 15, I.

Oznaczenie przypuszczalnego zapotrzebowania energii elektrycznej, potrzebnej w szeregu kilku następnych lat do oświetlenia ulic i placów lampami łukowymi.

Jako pierwszą fazę przy urządzeniu oświetlenia elektrycznego lampami łukowymi ulic i placów miejskich, przypuszczalnie przyjąć wypadnie pod uwagę:

Plac Teatralny, Wierzbowa, Niecała, hr. Kotzebue, Czysta, Trębacka, Nowo-Senatorska, plac Saski, Senatorska od placu Teatralnego do placu Bankowego, Senatorska od placu Teatralnego do placu Zygmunta, Nowo-Miodowa, Miodowa, plac Zygmunta, Zjazd od placu Zamkowego do mostu, Krakowskie-Przedmieście od Trębackiej do Nowego-Swiatu, Nowy-Swiat od Krakowskiego Przedmieścia do Jerozolimskiej, Nowy-Swiat od Jerozolimskiej do placu Aleksandra, plac Aleksandra, Aleje Ujazdowskie od placu Aleksandra do Belwederu, Marszałkowska od Kró-

lewskiej} do Jerozolimskiej, Jerozolimska przed dworcem kolei Warszawsko-Wiedenskiej, Jerozolimska pomiędzy Marszałkowską a Nowym-Światem.

Długość całkowita tych linii wynosi 9865 m, czyli okrągło $9\frac{1}{4}$ wiorsty; minimalna ilość lamp łukowych dla pasa tej długości wynosi 180.

Faza druga, przy zaprowadzeniu oświetlenia lampami łukowymi ulic i placów miejskich, obejmie przypuszczalnie następujące przestrzenie.

Pasy, prowadzące do dworców dróg żelaznych: Petersburskiego i Terespolskiego na Pradze, a mianowicie począwszy od mostu Aleksandrowskiego do dworca kolei Petersburskiej, ulica Targowa od Aleksandrowskiej do Wołowej i dalej ku dworcowi drogi żel. Terespolskiej, następnie Mazowiecka, plac Warecki, Szpitalna, Bracka, Ordynacka do cyrku, Marszałkowska od Jerozolimskiej do Nowowiejskiej, ogród Saski, Królewska od Krakowskiego-Przedmieścia do Granicznej, Graniczna, Żabia, plac Bankowy, Bielańska, Długa od Nalewek do Freta, Nalewki od Długiej do placu Muranowskiego.

Długość ogólna wynosi 10 675 m, czyli okrągło 10 wiorst, a minimalna ilość lamp 170.

Trzecia faza obejmie przypuszczalnie oświetlenie lampami łukowymi następujących ulic i placów publicznych:

Plac Krasiański, Nowiniarska, Franciszkańska od Nowiniarskiej do Bonifraterskiej, Bonifraterska od Franciszkańskiej do dworca drogi żelaznej Nadwiślańskiej, Muranowska od Nalewek do Bonifraterskiej, Elektoralna od placu Bankowego do Białej, Żelazna Brama, Ś-to Krzyżka od Marszałkowskiej do placu Grzybowski.

Długość ogólna 3910 m, czyli okrągło $3\frac{2}{3}$ wiorsty, a potrzebna ilość lamp łukowych conajmniej 60.

Przyjęto, że jedna lampa łukowa posiada przeciętnie w zacisku 600 watów. Cyfra ta odpowiada przy skombinowanem działaniu transformatorów, dla jednej lampy łukowej na stacyi centralnej, przyjmując współczynnik 0,86, 700 watt.

Przy urządzeniu oświetlenia najważniejszych ulic i placów zapomocą lamp łukowych, sprawność stacyi centralnej wynosić powinna:

- a) dla pierwszej fazy 125 kilowat.,
- b) dla drugiej łącznie z pierwszą 250 kilowat.,
- c) dla trzeciej, to znaczy uwzględnwszy 1, 2 i 3-cią, 300 kilowat.

Uwaga. Rozdział lamp łukowych, służący za podstawę do cyfr powyższych, uwzględnia oświetlenie lampami łukowymi przeciętne, a zatem podaną ilość kilowatów uważać należy za minimalną ilość potrzebnej do powyższego celu energii elektrycznej.

Aneks 15, II.

Potrzebna ilość wody kondensacyjnej i rozchód pary na stacyi centralnej.

Ilość konio-godzin indykowanych w ciągu roku, uwzględniając bezpożyteczny bieg maszyn i transformatorów wynosi:

w pierwszym okresie budowy, przy 2 maszynach podczas ruchu maks.	5 970 000
w drugim " " " " " " " "	8 360 000
podczas pełnego rozwoju " " " " " " " "	26 000 000

Ilość zużytej pary na konia indykowanego wynosi przeciętnie w maszynie parowej 6 kg na godzinę.

Przy ciśnieniu w kotle 12 atmosfer — 13 atmosferom absolutnym, temperatura pary równa się $190,57^{\circ}$.

Ilość ciepła pary przesyconej:

$$\lambda = 606,5 + 0,305 t$$

$$= 606,5 + 58,1$$

$$= \text{ciepłostek} \dots \dots \dots 665$$

przegrzanie do 300 stopni równa się nagrzaniu o 110°, spółczynnik ciepłika właściwego pary wodnej 0,475, więc $110 \times 0,475 =$

$$= \text{ciepłostek} \dots \dots \dots 52$$

717

strata w drodze do maszyny 50%, $50 \times 0,475$, ciepłostek 23

ciepłostek 694

jako całkowita ilość ciepła doprowadzona do maszyny, obliczona na *kg* pary.

Przy 6 *kg* zużytej pary otrzymujemy ciepłostek 4164 na ind. konia i godz.

odjąwszy ciepło zamienione na pracę 630 " " " "

pozostaje ciepło wyrzucone 3534 " " " "

	Zima	Wiosna i jesień	Lato
temperatura wody rzecznej	0—10°	10—15°	20° C.
temp. odpływającej wody kondens.	25—35°	30—35°	35° "
podniesienie temperatury wody	25°	20°	15° "

niezbędna ilość wody do odprowadzenia ciepła wyrzuconego na konia

indykowanego i godzinę 140 175 235 litrów

w cyfrach zaokrąglonych 150 200 250 "

wyrażono w stosunku do pary zużytej 25-krotnie 33-krotnie 40-krotnie

Ilość konio-godzin w ciągu roku	Okres I	Okres II	Pełny rozwój
wynosi	5 970 000	8 360 000	26 000 000
przeciętnie w ciągu doby	16 400	22 900	71 000

bezożyteczny bieg wyraża się w konio-godzinach rocznie 1 650 000 około 2 000 000 3 750 000

przeciętnie w ciągu doby 4 400 5 400 11 000

pożyteczna praca w konio-godzinach na dobę przeciętnie 12 000 17 500 60 000

Stosunek pracy pożyteczny dla Warszawy przyjąć można w cyfrach przeciętnych bądź miesięcznych bądź dziennych, przyjmując dla porównania czerwiec, rok cały i grudzień jak 1 : 2 : 3.

Wynika stąd sprawność stacyi centralnej, przyjmując pod uwagę rezultat osiągnięty dla określenia pracy zarówno pożytecznej jak również bezożytecznej i wyrażonej w konio-godzinach indykowanych na dobę podczas lata, wiosny, jesieni i zimy.

Ilość konio-godzin indykowanych na dobę:

	I okres budowy	II okres budowy	Budowa skończona
podczas lata	10 400	14 200	41 000
podczas wiosny i jesieni	16 400	22 900	71 000
podczas zimy	22 400	31 600	101 000

Ilość ciepłostek wyrzuconych w ciągu doby:

latem	36 500 000	50 000 000	144 000 000
wiosną lub jesienią	57 500 000	80 000 000	248 000 000
zimą	78 500 000	110 000 000	352 000 000

potrzebna ilość wody kondensacyjnej w m ³ na dobę:	I okres budowy	II okres budowy	Budowa skończona
latem . . . po 250 litrów	2600	3500	10000
na wiosnę			
lub jesień „ 200 „	3300	4600	14000
zimą „ 150 „	3400	4750	15200

Maksymalne zapotrzebowanie wody kondensacyjnej podczas dnia zimowego, to znaczny wieczerem, podczas największego zapotrzebowania:

	I okres	II okres	Budowa skończona
Maksymalna sprawność stacji centralnej na tablicy rozdzielowej w kilowat.	2000	3000	10000
odpowiada koniom parowym	3360	5040	16800
maksymalna ilość ciepłostek wyrzuconych na godzinę	11800000	17700000	59000000
maksymalna ilość wody kondensacyjnej na godzinę, licząc po 150 litrów na indukowanego konia parowego	500	750	2500

Biorąc pod uwagę alternatywę „Koszyki“, ilość pochłanianego ciepła, ilości wód dostarczanych przez zakład wodociągowy, podniesienie się temperatury wody do chłodzenia użytej, przedstawiają się jak następuje:

	Dzień letni	Dzień jesienny lub wiosenny	Dzień zimowy	Godziny maks. zapotrzebow.
a) w chwili obecnej w I-ym okresie budowy:				
ilość ciepła która ma być pochłaniana	36 500 000	57 500 000	78 500 000	11800 000
na Koszyki pompuje się litrów	40 000 000	30 000 000	20 000 000	830 000
podniesienie temperatury wody w ° C.	0,9	1,9	3,9	14,2°
b) następnie w okresie II:				
ilość ciepła która ma być pochłaniana	50 000 000	80 000 000	110 000 000	17700 000
na Koszyki pompuje się litr.	60 000 000	45 000 000	30 000 000	1250 000
podniesienie temperatury wody w ° C.	0,83°	1,8°	3,6°	14,2°
c) w dalszej przyszłości podczas skończonej budowy:				
ilość ciepła która ma być pochłaniana	144 000 000	248 000 000	352 000 000	59 000 000
na Koszyki pompuje się litrów	120 000 000	90 000 000	60 000 000	2500 000
podniesienie temperatury wody w ° C.	1,2°	2,8°	5,9°	24,0°

Wynika stąd:

a) że podniesienie temperatury całkowicie dostarczonej ilości wód podczas doby, przy sprawności maksymalnej stacji centralnej, podczas zimy, waha się pomiędzy 3,6 i 6 stopni a ponieważ temperatura wody rzecznej w tym okresie posiada 0 stopni, to takie podgrzanie wody wodociągowej bardzo się staje pożądanem

b) natomiast podczas wiosny, przez przeciąg całego lata aż do jesieni w okresie trwającym około 7-iu miesięcy w ciągu roku, okaże się niezbędnem dostarczenie specjalne wody na Koszyki do celów kondensacyjnych, albowiem podniesienie temperatury latem o 0,8 do 1,2° nie jest dopuszczalnem, a podnie-

sienie temperatury na wiosnę i w jesieni o 1,8 do 2,8° może być praktykowane o tyle, o ile woda rzeczna bywa zimna.

Specjalne zaopatrywanie Koszyków w wodę kondensacyjną, ilościowo, w ciągu doby, tak się przedstawia:

w pierwszym okresie . . .	2600— 3300 m ³	średnio 3000 m ³
w drugim okresie . . .	3500— 4600 m ³	" 4000 m ³
przy pełnym rozwoju . . .	10000—14000 m ³	" 12000 m ³

Przy alternatywach Powązki, № 1, 2, 2^a i 3, ilość ciepła jaką pochłonąć należy, ilość wód ściekowych, służących do tego celu i podniesienie się temp. tychże wód ściekowych, przedstawia się w sposób następujący:

a) Obecnie dla pierwszego okresu budowy:	Dzień letni	Dzień wiosenny lub jesienny	Dzień zimowy	Ilość godzin maks. zapotrzebowania
ilość ciepła, jaką pochłonąć należy, w ciepłostkach . . .	36 500 000	57 500 000	78 500 000	11 800 000
ilość potrzebnej wody kondensacyjnej, w litrach . . .	2 600 000	3 300 000	3 400 000	500 000
ilość wód ściekowych, mających służyć do kondensacji, w litrach	20 000 000	16 000 000	12 000 000	500 000
mamy więc w rozporządzeniu ilość	8-krotną	5-krotną	3 1/2	całkowitą
podniesienie się temperatury wody, w ° C.	1,8°	3,6°	6,5°	23,6°
b) Dla drugiego okresu budowy:				
ilość ciepła, jaką pochłonąć wypadnie, w ciepłostkach . . .	50 000 000	80 000 000	110 000 000	17 700 000
ilość potrzebnej wody kondensacyjnej, w litrach . . .	3 500 000	4 600 000	4 750 000	750 000
ilość wód ściekowych, będących w rozporządzeniu dla celów kondensacyjnych . . .	30 000 000	24 000 000	18 000 000	750 000
mamy więc w rozporządzeniu ilość	8 1/2-krotną	5-krotną	3 3/4	całkowitą
podniesienie się temperatury wody, w ° C.	1,7°	3,3°	6,0°	23,5°
c) W przyszłości dalszej: przy całkowitem wykończeniu,				
ilość ciepła, jaką pochłonąć wypadnie, w ciepłostkach . . .	144 000 000	248 000 000	352 000 000	59 000 000
potrzebna ilość wody kondensacyjnej, w litrach . . .	10 000 000	14 000 000	15 200 000	2 500 000
ilość wód ściekowych, będących w rozporządzeniu . . .	100 000 000	80 000 000	60 000 000	2 500 000
mamy więc w rozporządzeniu ilości	10-krotne	5 1/2	4	całkowite
podniesienie się temperatury wody, w ° C.	1,5°	3,1°	5,9°	24,0°

Woda kondensacyjna dla alternatywy Powązki, znajduje się zatem ilościowo, bez dodatków skądkolwiek, w sieci kanałów miejskich, a podniesienie się temperatury tych wód ściekowych latem wyniesie 1 1/2 do 2°, zimą 6 do 6 1/2° pozostając w granicach dozwolonych.

Aneks 15, III.

Zestawienie porównawcze kosztów rocznych, obejmujących procenty, amortyzację i wydatki eksploatacyjne centralnej stacji elektrycznej,

przyjmując:

- a) sprawność dla pierwszego okresu . . . 2000 kilowat.
- b) " " drugiego " . . . 3000 "
- c) " " skończonej instalacji . . . 10000 "

a) Okres pierwszy budowy stacji centralnej przy sprawności 2000 kilowat.

Pozycja	Przedmiot wydatku	A l t e r n a t y w a					
		Dobra	Praga	Koszy-ki	Powaz-ki I	Powaz-ki II	Powaz-ki III
		R u b l e					
1	Grunt pod budowę	2 250	2 000	—	1 250	1 600	2 500
2	Połączenie kolejowe	—	2 870	—	1 820	1 260	1 300
3	Dowóz węgla	3 900	—	2 925	—	—	—
4	Przeładowanie węgla	325	325	325	—	—	325
5	Urządzenia kondensacyjne	3 960	4 740	3 310	1 770	4 620	4 140
6	Eksploatacja urządzeń kondensacyjn.	1 120	1 040	550	—	—	1 770
7	Zabezpieczenie miejsca czerpania . .	3 000	3 000	—	—	—	—
8	Specjalne wydatki na dostarczenie wody kondensacyjnej latem . . .	—	—	6 300	—	—	—
	Razem pozycye 1—8	14 555	13 975	13 410	4 840	7 480	10 035
9	Założenie kabli	—	7 000	16 000	21 000	21 000	21 000
	Razem pozycye 1—9	14 555	20 975	29 410	25 840	28 480	31 035
	Porównanie podług pozycyi 1—8 . .	0	— 580	— 1 145	— 9 715	— 7 075	— 4 520
	" " " 1—9 . .	0	+6 420	+14 855	+11 285	+13 925	+16 480

b) Okres drugi budowy stacji centralnej przy sprawności 3000 kilowat.

1	Grunt pod budowę	2 250	2 000	—	1 250	1 600	2 500
2	Połączenie kolejowe	—	2 870	—	1 820	1 260	1 300
3	Dowóz węgla	5 400	—	4 050	—	—	—
4	Przeładowanie węgla	450	450	450	—	—	450
5	Urządzenia kondensacyjne	3 960	4 740	3 310	1 770	4 620	4 140
6	Eksploatacja urządzeń kondensacyjn.	1 550	1 440	760	—	—	2 170
7	Zabezpieczenie miejsca czerpania . .	3 000	3 000	—	—	—	—
8	Specjalne wydatki na dostarczenie wody kondensacyjnej latem . . .	—	—	8 400	—	—	—
	Razem pozycye 1—8	16 610	14 500	16 970	4 840	7 480	10 560
9	Założenie kabli	—	7 000	16 000	21 000	21 000	21 000
	Razem pozycye 1—9	16 610	21 500	32 970	25 840	28 480	31 560
	Porównanie podług pozycyi 1—8 . .	0	— 2 100	+ 360	— 11 770	— 9 130	— 6 050
	" " " 1—9 . .	0	+ 4 890	+16 360	+ 9 230	+11 870	+14 950

c) Przy ukończeniu instalacji o sprawności 10 000 kilowat.

Pozycya	Przedmiot wydatku	A l t e r n a t y w a					
		Dobra	Praga	Koszy- ki	Powąz- ki I	Powąz- ki II	Powąz- ki III
		R	u	b	l	e	
1	Grunt pod budowę	2 250	2 000	—	1 250	1 600	2 500
2	Połączenie kolejowe	—	2 870	—	1 820	1 260	1 300
3	Dowóz węgla	18 000	—	13 500	—	—	—
4	Przeładowanie węgla	1 500	1 500	1 500	—	—	1 500
5	Urządzenia kondensacyjne	8 050	9 000	7 970	1 770	4 620	9 300
6	Eksploatacja urządzeń kondensacyjn.	5 160	4 800	2 535	—	—	6 260
7	Zabezpieczenie miejsca czerpania . .	3 000	3 000	—	—	—	—
8	Specyalne wydatki na dostarczenie wody kondensacyjnej latem . . .	—	—	25 200	—	—	—
	Razem pozycye 1—8	37 960	23 170	50 705	4 840	7 480	20 860
9	Założenie kabli	—	26 000	42 000	92 000	92 000	92 000
	Razem pozycye 1—9	37 960	49 170	92 705	96 840	99 480	112 860
	Porównanie podług pozycyi 1—8 . .	0	14 790	+12 745	33 120	30 480	17 100
	" " " 1—9 . .	0	+11 210	+54 745	+58 880	+61 520	+74 900

Aneks 15, IV.

Praca pożyteczna pomp, dostarczających wodę do kondensacji.

Woda kondensacyjna. 1 maszyna o 1500 k. p. indyk. potrzebuje 450 m³ na godzinę = 125 l na sekundę, 1 maszyna o 3000 k. p. indyk. potrzebuje 900 m³ na godzinę = 250 l na sekundę.

Największe działanie: 10 jednostek maszynowych po 1000 kilowat. Największe zapotrzebowanie wody kondensacyjnej: 4500 m³ na godzinę = 1250 l na sekundę powinno być dostarczone 5-ciu pompami odśrodkowemi o wydajności 250 l na sek. i 1 pompą z wydajnością 250 l w rezerwie, ogółem 6-ciu pompami z wydajnością 250 l na sek. = 1500 l.

W pierwszym okresie budowy ilość wody kondensacyjnej będzie dostarczoną:

4-ma pompami odśrodkowemi o 250 l na sek = 1000 l
 4-ma " " " 125 t " " = 500 l
 ogółem 1500 l.

Wysokość podnoszenia. Wogóle najniższy poziom wody 0,00.
 Podłoga piwnicy + 3,50 m
 Dolna krawędź kondensatora + 5,30 "
 Górna " " " + 6,70 "
 Pożyteczna wysokość podnoszenia, nie przyjmując w rachubę działania syfonu 6,70 m
 Opór tarcia w przewodzie i w kondensatorze 1,30 "
 ogólna wysokość podnoszenia 8,00 m.

Poziom wody w szachcie odprowadzającym wodę kondensacyjną + 1,70 m
 Pożyteczna wysokość podnoszenia, nie biorąc w rachubę działania syfonu
 1,70 m
 Opór tarcia w przewodzie i w kondensatorze 1,30 „
 ogólna wysokość podnoszenia 3,00 m.

Przy obliczeniu wysokość podnoszenia przyjęto 5,00 m.

Spółczynnik pożytecznego działania pomp odśrodkowych 0,60 i 0,66.

Sila motorów.

$$\frac{125 \times 5}{77 \times 0,60} \text{ i } \frac{250 \times 5}{75 \times 0,66} = 14,0 \text{ i } 15,0 \text{ k. p. na wale pomp.}$$

Stopień pożytecznego działania wału pośredniego 0,80 i 0,85.

Sila motorów 17,5 i 29,5 k. p. rzecz.

Przyjęta równą 20,0 i 35,0 „ „

Ilość pomp w pierwszym i drugim o'lesie budowy. 4 pompy odśrodkowe z wydajnością 125 l na sek. i 4 elektromotory o sprawności 20,0 k. p. rzecz. każdy.

Przewody doprowadzające i odprowadzające. Ze względu krótkiego trwania maksymalnego działania i ze względu krótkich rur doprowadzających i odprowadzających, a również ze względu na usunięcie powietrza, jest dogodnem posiadać w przewodach znacznieszą prędkość wypływu, największa prędkość przyjętą więc została równą 1,30 m na sek. Stąd otrzymuje się przy normalnem działaniu prędkość około 1,00 m i następujące wymiary rur doprowadzających i odprowadzających:

			Prędkość m	Przekrój m ²	Średnica mm
1 pompa do 1 maszyny	1000 kilow.	125 l na sek.	1,30	0,096	350
2 „ „ 2 „	2000 „	250 „ „	1,28	0,196	500
1 „ „ 1 „	2000 „	250 „ „	1,28	0,196	500
2 „ „ 2 „	2000 „	550 „ „	1,30	0,385	700

Aneks 15, V.

Rozchód pary na stacji centralnej i urządzenie kottów.

(Por. tablicę na str. 76).

Do ciągłego działania maszyn parowych przyjęte 5 kottów o wielkiej zawartości wody, po 95 m² powierzchni ogrzewalnej, z rurą płomienną 1150/1250, rurami Galloway'a i 2,4 m² powierzchni rusztów, dadzą 475 m² powierzchni ogrzewalnej okrażonej wodą i następujące wyparowanie:

na 1 m² normalnie 15,7, maksymalnie 21,0 kg.

Największy rozchód pary na stacji centralnej.

5 maszyn parowych po 10 000	50 000 kg
5 turbin parowych po 12 500 kg	62 500 „
razem	112 500 kg
dotatkowo na rozmaite straty	7 500 „
największy rozchód na godzinę	120 000 kg
Dla ciągłego działania zaprojektowano 20 kottów o wielkiej zawartości wody, każdy o 95 m ² powierzchni ogrzewalnej, ze zbiornikiem pary i przegrzewaczem, dostarczający każdy 2000 kg pary	40 000 „
pozostaje do pokrycia	80 000 kg.

	Maszyna parowa				Turbina parowa			
	Obciążenie				Obciążenie			
	1/4	1/2	3/4	1/1	1/4	1/2	3/4	1/1
Rozchód pary na konia indykowanego i godzinę	5½	5	5	5½				
Spółczynnik pożytecznego działania maszyny	0,76	0,84	0,87	0,89				
Rozchód pary na konia rzeczywistego i godzinę	7,25	5,95	5,70	6,15				
Spółczynnik pożytecznego działania maszyny prądu zmiennego	0,85	0,92	0,94	0,945				
Rozchód pary na konia elektrycznego i godzinę na tablicy rozdzielowej	8,55	6,50	6,05	6,50				
To samo na kilowatt - godzinę	11,66	8,80	8,20	8,80	11,0	12,0	11,3	11,0
Przeciętnie $\frac{1/2 \times 2 + 3/4 + 1/1}{4}$			8,50				11,4	
i maximum				8,80				11,0
Na straty w przewodach parowych, na parę do pomp cyrkulacyjnych, zasilających, powietrznych przy turbinach parowych, na rozmaite straty i t. d.			1,5	1,2			1,9	1,5
normalnie			10,0				13,3	
maksymalnie				10,0				12,5
lub na maszynę i godzinę :								
normalnie kg.			7500				1000	
maksymalnie kg.				10000				12500

W tym celu przewidziano 20 kotłów wodno-rurkowych każdy o 256 m² powierzchni ogrzewalnej i każdy o 4000 kg lub 15,5 kg z 1 m², lub też przy dwóch z nich zarezerwowanych: 18 kotłów wodno-rurkowych o 4450 kg lub 17,5 kg z 1 m², lub przy 4-ch pozostających w rezerwie (4000 kg pary więcej będą wytwarzały kotły o wielkiej zawartości wody), a więc 16-tu kotłach wodno-rurkowych, każdy o 4750 kg lub 18,5 kg z 1 m².

Aneks 15, VI.

Objaśnienie do projektu stacji pomp dla odprowadzania wód ściekowych dolnego miasta.

Jak to już przy opisie projektu stacji centralnej na ul. Dobrej wspomniano, zachodzi na tej miejscowości możebność korzystnego połączenia instalacji elektrycznej ze stacją pomp; dla odprowadzenia wód ściekowych dolnego miasta.

Zarówno jedna jak i druga eksploatacja są długotrwałe. Gdy są rozdzielone, wymagają zdwojonej liczby urzędników, a na wypadek wydarzeń nadzwyczajnych, jak np. przy centralnej stacji elektrycznej puszczanie nagle w ruch

jednej lub dwóch jednostek maszynowych, podpalenie pod kotłami; przy stacyi pomp zaś—szybkie wprowadzenie w ruch podczas nagle spadającego deszczu ulęwnego lub w razie uszkodzenia, wprowadzenie w działanie pomp stanowiących rezerwę.

Przy połączeniu tych stacyj następuje kompensacya w razie potrzeby — a nadmiar służby, utrzymywany dla wypadków nadzwyczajnych w jednej instalacyi, jest w pogotowiu także i dla drugiej.

Dalsza kombinacya a zarazem i oszczędność mieści się w tem, że wieczorami podczas zimy ma miejsce największa sprawność centralnej stacyi elektrycznej; stacya pomp zaś rozwinąć musi najenergiczniejszą swą działalność latem podczas dnia. Następuje więc i tutaj kompensata co do ilości służby i pracy, przynosząca miastu korzyści niezaprzeczone.

W Kolonii połączenie tego rodzaju przeprowadzono dla stacyi elektrycznej ze stacyą wodociągową, otrzymując kompensatę w tym rodzaju jak to poprzednio zaznaczono, a przez to osiągnięto już poważne oszczędności.

Dla projektu warszawskiego należało przedewszystkiem unormować wielkość i najwłaściwszą dyspozycyę dla stacyi pomp, mającą się połączyć z centralną stacyą elektryczną.

Dane, odnoszące się do sprawności stacyi pomp, mieszczą się w aneksie 15, VII.

Ilość wód ściekowych do podnoszenia. Podług projektu ogólnego, wykończona sieć kanałów dolnego miasta, odprowadzi na sekundę:

średnio	270 litrów
minimalnie	około 140 „
maksymalnie	400 „

Te ilości wód ściekowych mają być przepompowywane do głównego kanału „C“ na Krak.-Przedmieściu, skąd popłyną do Bielan.

W projekcie ogólnym przyjęto, że przepompowywanie ma się odbywać także podczas małego deszczu, gdy ilość wód deszczowych nie jest większą jak 500 litrów na sekundę, to znaczy, gdy rozcieńczenie jest podwójne przy maksymalnym a potrójne przy średnim odpływie wód ściekowych, a suma wód podnoszonych wynosi 900 litrów na sekundę (deszcz długotrwały).

Zadanie stacyi pomp. Zadanie stacyi pomp dla dolnej części miasta jest dwojakie:

1) podnoszenie wód ściekowych i wód z deszczów długotrwałych do przelewu w głównym kanale „C“, a tem samem ochrona brzegów Wisły w granicach miejskich, od zanieczyszczenia;

2) podnoszenie wód brudnych, w czasie silnego opadu przy wysokim poziomie wód w rzece, zapewniając tem samem prawidłowe działanie sieci kanałów dolnego miasta podczas przyboru Wisły.

Wysoki stan wód na Wiśle przypada na miesiące letnie, czyli w tym okresie, w którym przytrafiają się gwałtowne opady atmosferyczne.

Równoczesność wysokich wód z gwałtowną ulewą jest przypuszczalna, a gdyby wysoki poziom wód w rzece przeszkadzał normalnemu odpływowi wód ściekowych, podnoszenie wód deszczowych stawałoby się koniecznem.

Obszar dolnego miasta dotąd po większej części nie jest ani zabudowany, ani też zabrukowany — szereg lat, być może, stan taki jeszcze potrwa. Byłoby więc zbytecznem na razie układać taki projekt stacyi pomp, czyniący zadość przyszłemu odpływowi, przy zupełnem tej dzielnicy zabudowaniu, łącznie z zabrukowaniem.

Natomiast okaże się racjonalną możność zużytkowania pełnej sprawności pomp, przeznaczonych do podnoszenia wód ściekowych normalnych do kanału

„C“, w czasie zaś wysokiego poziomu wód w rzece, do przepompowywania i osuszania dzielnic nisko położonych.

Określenie sprawności. Wydajność pomp normuje się tą ilością wód ściekowych, jaką do wysokości kanału „C“ w górnej części miasta podnieść wypadnie, przyczem ilość wód ściekowych, powiększona przez deszcz dłużej trwający, przyjętą została maksymalnie na 900 litrów w ciągu sekundy.

Przewód rurowy, rozpoczynający się od stacyi pomp w przejściu pod ulicą Karową, posiada długość około 550 m.

Wysokość podnoszenia wód ściekowych i przewód tłoczący. Uwzględniając, że tylko w rzadkich wypadkach pompy podnosić będą wodę z deszczów, a normalnie tylko wodę ściekową, dopuszczalną jest chyżość maksymalna 2,3 m, przy spadku 1 : 100, a to tembardziej, że długość przewodu tłoczącego jest stosunkowo małą. Z tych danych otrzymujemy wysokość podnoszenia 30,5 m.

Dwa przewody tłoczące, ułożone pod ulicą Karową, otrzymają średnicę 50 cm.

Pompy dla wód ściekowych i wód z długotrwałych deszczów. Najwłaściwiej okaże się, dla opanowania tej masy wód, jaką odprowadzić zamierzamy, następujący układ:

2 pompy o wydajności 150 litrów każda, na sekundę

2 „ „ 450 „ „ „

Tym sposobem posiadamy łatwość dostosowania się, począwszy od 150, 300, 450, 600, 750 aż do 900 litrów na sekundę, do potrzeb zarówno minimalnych jak i maksymalnych, jakie odprowadzenie wód ściekowych w danej chwili wykaże.

Dla przepompowywania wód do kanału „C“ zastosować wypadnie pompy wysokiego ciśnienia, składające się z 3-ch pomp pluwierowych, poruszanych korbami, znajdującymi się na wale wspólnym, tworząc kąt 120°.

Układ taki, przy znacznej wysokości na jaką ścieki podnieść wypadnie, oraz poruszaniu pomp zapomocą motorów elektrycznych, jest najwłaściwszym.

Do poruszania pomp przy wydajności o jakich była mowa okaże się potrzebnym

dla 2 małych pomp elektromotor o 75 koniach rzeczywistych

„ 2 dużych „ „ 225 „ „

Pompy dla wód deszczowych z opadów silnych. Wydajność pomp ma być dostosowaną do ilości gwałtownych opadów, umożliwiając odprowadzenie wód z dolnego miasta podczas wysokiego stanu rzeki.

Wysokość podnoszenia. Jak widać z aneksu 6, położenie dna głównego kanału dolnego miasta, na rogu Dobrej i Karowej, znajduje się na +0,6 m, poziom przelewu burzowego na +2,6 m.

Wychodząc z tego punktu, do stacyi pomp na długości 100 m przyjęto spadek dna 1 : 1000, dno więc głównego kanału ściekowego na stacyi pomp znajduje się na wysokości +0,5 m a poziom przelewu burzowego na +2,5 m.

Najwyższy poziom wysokich wód w rzece u wylotu kanału burzowego znajduje się na +6,75 m. Pompy, działac mające w czasie ulewy przy równoczesnym wysokim poziomie w rzece, mają do przewyciężenia wysokość 4,25 do 4,50 m, a łącznie z przeszkodami tarcia w przewodach, wysokość podnoszenia obliczyć wypadnie okrągło na 5 m.

Przy użyciu pomp centryfugalnych i przy wprawianiu w działanie zapomocą przystawki wałowej, czyli przy skombinowanem pożytecznem działaniu 0,57 u małych i 0,62 u dużych pomp:

każda mała maszyna o sile 75 koni par. przepompuje 600—700 litrów
 „ wielka „ „ 225 „ „ „ 2000—2200 „
 na sekundę.

Sprawność stacyi pomp na wypadek gwałtownej ulewy. W tych wypadkach nadzwyczajnych rezerwa na stacyi pomp wprowadzona być musi również w działanie, a sprawność stacyi pomp w takich chwilach przyjąć należy od 3500 do 4500 litrów na sekundę.

Każdy elektromotor stacyi pomp zaopatrzony jest w system *pomp pluwierowych*, przeznaczonych do usuwania wód ściekowych i dłużej trwających deszczów, z kanałów dolnych do sieci górnego miasta; oraz w pompę centryfugalną, która na wypadek ulewy, równocześnie z wysokim poziomem Wisły, wchodzi w działanie.

Wydajność dla małych maszyn wynosi 600—700 litrów na sekundę
 „ „ „ „ „ „ 2000—2200 „ „ „ „ „ „ „ „
 ponieważ poziom wód w głównym kanale przy Karowej, podczas ulewy równa się +2,50 m, pompy tylko wówczas działać będą, kiedy poziom wysokich wód w rzece będzie wyższy, aniżeli +2,50 m.

Sposób działania stacyi pomp. Normalne działanie stacyi pomp obejmuje stały dopływ ścieków oraz zmienną ilość wód z deszczów długotrwałych, dających w sumie 900 litrów na sekundę; wody te stacya pomp przelewałaby do kanału „C“ na Krak.-Przedmieściu.

Po nad tę ilość wody ściekowe, przy poziomie rzeki poniżej +2,50 m, przedostawałyby się wylotem burzowym do Wisły, przy poziomie zaś powyżej +2,50 m, zapomocą pomp centryfugalnych przelewano by wody do wylotu burzowego, a wydajność pomp wynosiłaby 3500 do 4500 litrów na sekundę.

Kanały doprowadzające ścieki do stacyi pomp. Stosownie do wydajności pomp, kanały doprowadzające ścieki muszą być odpowiednio zbudowane.

Kanał wzdłuż ulicy Karowej, poczynszy od połączenia dwóch głównych kanałów D i D₁ (róg Dobrej) o spadku 1 : 1000—o profilu dzwona 2,40 × 2,40 m, dolna zaś część kanału posłuży do odpływu normalnych wód brudnych.

Kanał główny na ul. Dobrej otrzyma profil jajowaty specjalnych wymiarów 1,80 m szerokości, 2,3 m wysokości aż do połączenia przy ul. Gęstej, w którym to miejscu kanał do przemywania z ulicy Bulwarowej do niego wpada.

Pompy kanałowe. Jak to widać z tablicy aneks 6, mieszczą się u północnego szybu stacyi centralnej w przybudowce p o długości 22 m, szerokość 21 m.

Osadnik. Bezpośrednio od zachodu łączy się z pomieszczeniem dla pomp osadnik q, posiadający w rzucie poziomym formę trójkąta; przez środek dzieli go krata 17 m długa na osadnik właściwy i kamerę ssącą dla pomp.

Krata o znacznej powierzchni zatrzyma przedmioty grubsze i nie dopuści ich do pomp, przedmioty cięższe, piasek i t. p. opadną na dno osadnika przed kratą.

Rury ssące i rura tłocząca. Pompy czerpać będą wodę z kamery ssącej zapomocą rur ssących zanurzonych, lecz w każdej chwili łatwo dostępnych. Rury ssące małych pomp posiadają średnicę 750 mm, rury wielkich pomp 1200 mm.

Podłoga w pomieszczeniu dla pomp ułożona na poziomie +7,00 m a więc możliwie nisko, jednakże o +0,25 m wyżej ponad najwyższy poziom w rzece. Rury tłoczące w liniach możliwie najprostszych, albo o łagodnej krzywiznie, jakby ciąg dalszy rur ssących, posiadają wyloty swe w kamerze odpływowej r, której dno znajduje się na poziomie +0,5 m.

Działanie syfonu. Pompy centryfugalne, z rurą ssącą zanurzoną w kamerze ssącej, z rurą tłoczącą zanurzoną w kamerze odpływowej, znajdują się

zatem na przewodzie w formie syfonu. Praca tych pomp ogranicza się więc do przewyciężenia różnicy poziomów pomiędzy kamerą ssącą i rzeką.

Na przewodach ssących i tłoczących pomp o wysokiem ciśnieniu, dla jednej małej i jednej dużej maszyny, pomieszczone jest jeden wspólny dzwon ssący i dzwon powietrzny tłoczący.

Od każdego dzwona powietrznego tłoczącego wychodzi rura tłocząca z żelaza lanego średnicy 50 cm pod ulicą Karową, trzymając się południowej strony ulicy aż do przelewu murowanego w głównym kanale „C” na Krakowskiem-Przedmieściu.

Stronę północną ulicy Karowej zarezerwowano dla 2-ch rur 36" średnicy, mających służyć jako przelew wód deszczowych z głównego kanału „C”.

Przewód zapasowy dla wody kondensacyjnej stacji centralnej. Od wspomnianych dwóch dzwonów powietrznych tłoczących wychodzi jeszcze przewód zapasowy, połączony z przewodami wody kondensacyjnej do kondensatorów powierzchniowych ustawionych w budynku maszyn centralnej stacji elektrycznej. Kombinacja taka dozwala na wypadek koniecznej potrzeby zużytkowania zarówno działania pomp i wody kanałowej dla potrzeb maszyn parowych stacji centralnej.

Kanał burzowy. Główny kanał pod ulicą Karową otrzymuje w kierunku prostolinijnym przedłużenie, wylot dla wód burzowych, dający się zapomocą szluz zamknąć. Przekrój tej części kanału jest okrągły, o średnicy 2,40 m; z osadnika prowadzi przelew do kanału burzowego, założony na wysokości +1,40 m. Na wypadek ulewy, przy niskim poziomie wód w rzece, gdy wydajność pomp tłoczących ścieki do kanału „C” wynosi 900 litrów na sekundę, już jest niedostateczną, naówczas nadmiar wód przelewa się do rzeki.

Gdyby jednak poziom wód w rzece stał wyżej ponad +1,40 lecz nie dochodził do +2,50, szluzza umieszczona na przelewie byłaby zamknięta a otwierano ją wtedy tylko, kiedy wydajność pomp podnoszących ścieki do kanału „C” dochodziłaby do maximum.

Gdy poziom wód w rzece stoi ponad +2,50 m, szluzza wogóle pozostaje zamknięta, a gdy równocześnie okazuje się wydajność pomp podnoszących ścieki niedostateczną, naówczas wchodzi w grę pompy odśrodkowe, przelewając wody ściekowe do kanału burzowego, posiadającego przekrój 2,40 m średnicy i łączący się z wylotem burzowym poniżej wszelkich zamknięć szluzowych pod wałem ochronnym.

Wyłączenie stacji pomp. Na wypadek jakichkolwiek uszkodzeń wewnątrz zakładu pomp zamykając szluzy, powyżej stacji pomp i osadnika, oraz zamykając szluzy poniżej kamery odpływowej a otwierając natomiast prostą linię odpływu w kanale burzowym, można skierować ścieki wprost do Wisły, omijając czasowo stację pomp.

Główny szyb zamykający. Dla ochrony dolnej części miasta od wtargnięcia wysokich wód przez przelew burzowy, znajduje się, oprócz szybu zamykającego w pobliżu osadnika, drugi jeszcze szyb główny zamykający, w którym umieszczono klapę wiszącą i szluzę zamykającą.

Szyb przelewowy umieszczony w ogródku stacji pomp, jest wyprowadzony do poziomu terenu na +7,50 m, t. j. na 0,75 m powyżej najwyższych wód w rzece. Tym sposobem komunikacja z Wisłą pozostaje zawsze swobodną i niczem nie jest przerywana.

Wydajność pomp w stosunku do przestrzeni dolnego miasta. Przez zbudowanie zakładu pomp o wydajności 3500 do 4500 litrów na sekundę, obszar dolnego miasta o powierzchni 346 + 88 = 434 hektarów, otrzyma prawidłowe odprowadzenie wód, odpowiadające ilości 8—10 litrów na hektar i sekundę.

Uwzględniając dotychczasowe nieznaczne zabudowanie przestrzeni na Po-wiślu, uwzględniając dalej fakt, że ilość tę określono przy najwyższym stanie wód w rzece, a że przy niższych poziomach Wisły ilość ta znakomicie się zwiększy—dochodzę do tego przekonania, że najniewątплиwiej stacya pomp, propono-wana przy ul. Dobrej w rozmiarach określonych, wystarczy na dziesiątki lat.

Gdyby w następstwie wskutek powiększenia się powierzchni zabudowanej zwiększyła się ilość wód odpływających, wówczas należałoby w jakimś punkcie powyżej, może przy Alei Jeruzolimskiej, postawić pomocniczą stacyę pomp, któ-raby przy poziomie +2,50 m w rzece zapewniała prawidłowo w sieci kanałowej odpływ wód ściekowych.

Aneks 15, VII.

Wydajność stacyi pomp dla dolnego miasta.

Celem obliczenia wydajności stacyi pomp dla ścieków dolnego miasta, przy-jęto w zasadzie cyfry następujące:

Obszar mający być skanalizowany obliczono na 434 hektarów. Z tej przestrzeni wody brudne oraz opady z deszczów długotrwałych wypadnie prze-pompowywać do głównego kanału „C“ przy rogu Karowej. Podział obszaru na

	88 hektarów
i na „ słabo „	346 „
razem	434 hektarów.

Ilość wód ściekowych. Maksymalna ilość, jaką z opadów długotrwałych podnieść i do głównego kanału „C“ przepompować wypadnie, obliczoną została na 900 litrów na sekundę

Wody ściekowe, odpływające kanałami w czasie pogody ilościowo określić można:

maksymalny odpływ podczas suszy	410	„	„
średni	270	„	„
minimalny	140	„	„

Wydajność pomp. Ze względu na tę okoliczność, że przedewszystkiem stacya pomp będzie miała do zwalczenia mniejsze ilości wód ściekowych, a dalej, że pożądanem jest, ażeby wydajność stosowała się jak można najdokładniej do ilości ścieków dopływających, przyjęto następujące stopniowanie wydajności pomp:

150, 300, 450, 600, 750, 900 litrów na sekundę.

Wydajność taka może być osiągnięta przez skombinowanie

2-ch pomp o wydajności 150 litrów na sekundę	
2-ch „ „ 450 „ „	

w razach nadzwyczajnych, gdyby wszystkie pompy znajdowały się w ruchu, wydajność sięgałaby 1200 litrów na sekundę, zatrzymując jednak dwie małe w rezerwie, wydajność równałaby się 900 litrów na sekundę.

Wysokość podnoszenia. Poziom wody w kamerze ssącej, przypuszczając deszcz długotrwały, znajduje się na + 1,30 m

poziom wód w głównym kanale C, przy wylocie dla wód ściekowych z dolnego miasta	+26,30 m
pożyteczna zatem wysokość podnoszenia wynosi	+25,00 „
przyjmując, że przewody tłoczące, przy nieznacznej długości, w rzadkich tylko wypadkach pracować będą w czasie deszczów długotrwałych, przyjmując dalej, że tarcie pochłonie 20% pożytecznej wysokości podnoszenia; linia ciśnień przy długości przewodów 550 m, ułoży się w spadku 1 : 100.	
Tarcie w przewodach, przy maksymalnej pracy (900 litrów)	5,50 m
przy połowie tej ilości (450 litrów)	1,50 „
Całkowita zatem wysokość podnoszenia równa się (w czasie deszczu) dla maksymalnego odpływu wód ściekowych	30,50 „ 26,50 „

Przewód tłoczący. Podług kilkakrotnie przeprowadzonego rachunku przybliżenia, otrzymano wymiary następujące: średnica rur 50 cm, promień hydrauliczny 0,125 m, chyżość przy nachyleniu 1 : 100, podług wzoru $T = k \frac{v^{1,8}}{R^{1,25}}$, przyjmując $k = 0,000165$, równa się 2,30 m.

Ilość wód tłoczonych jest: $0,196 \times 2,30 = 0,450 m^3$ na sekundę, czyli 450 litrów, dwa zatem przewody o średnicy 50 cm każda, odpowiadają przewidzianej w czasie długotrwałych deszczów ilości 900 litrów na sek.

Sprawność pomp i motorów.

a) Małe pompy o wydajności 150 litrów na sek.:

wydajność efektywna pomp $\frac{150 \times 30,5}{75} = 61$ efek. koni par., czyli 45 kilow.;
 stopień pożytecznego działania pomp 0,92
 „ „ „ przystawki wałowej 0,90 } skombinowane 0,83;
 wydajność efektywna elektromotoru $\frac{61}{0,83} = 73,5$ czyli okragło 75 ef. koni par.;
 stopień pożytecznego działania motoru 0,92;
 wprowadzona energia elektryczna $\frac{73,5 \times 0,736}{0,92} = 59$ kilowat.

b) Duże pompy o wydajności 450 litrów na sekundę:

wydajność efektywna pomp $\frac{450 \times 30,5}{75} = 183$ efek. koni parow., czyli 135 kilow.;
 stopień pożytecznego działania pomp 0,92
 „ „ „ przystawki wałowej 0,90 } skombinowane 0,83;
 wydajność efektywna elektromotoru $\frac{183}{0,83} = 220$, czyli okragło 225 koni par.;
 stopień pożytecznego działania motoru 0,93;
 wprowadzona energia elektryczna $\frac{220 \times 0,736}{0,93} = 174$ kilowat.

Wysokość podnoszenia ścieków przy wysokim stanie wód w rzece.

Stan wody w kamerze ssącej +2,25 do +2,50.

Stan wody w rzece +6,75.

Pożyteczna wysokość podnoszenia ścieków +4,25 do 4,50 m.
 Straty spowodowane przez tarcie w rurach i kanałach 0,50 do 0,75 m.
 Całkowita wysokość podnoszenia przy maksymalnym stanie wód w rzece 5,00 m.

Ilość wód ściekowych z deszczów ulewnych, podnoszonych w czasie wysokich wód.

a) przy wprawianiu w działanie zapomocą małego motoru:

wydajność efektywna motoru 75 koni par. efek.;
 stopień pożytecznego działania przystawki wałowej 0,95 }
 " przy 5 m " " " pompy odśrodkowej " " } skombinowano 0,57;
 " przy 5 m podnoszenia 0,60 }
 wydajność efektywna, wyrażona w ilościach podniesionej wody 42,5 koni par. efek., czyli 3200 sekund. m. kg;
 przy 5 m wysokości podnoszenia 640 litrów na sek.;
 wydajność pompy odśrodkowej 600 do 700 litrów na sekundę.

b) Przy wprawianiu w działanie zapomocą wielkich motorów:

wydajność efektywna motoru 225 koni par. efek.
 stopień pożytecznego działania przystawki wałowej 0,95 }
 " przy 5 m " " " pompy odśrodkowej " " } skombinowano 0,62;
 " przy 5 m wysokości podnoszenia 0,65 }
 wydajność efektywna wyrażona w ilościach podniesionej wody 140 koni par. efek., czyli 10500 sek. m. kg.
 przy 5 m wysokości podnoszenia 2100 litrów na sek.;
 wydajność pompy odśrodkowej 2000 do 2200 litrów na sekundę.

Maksymalna wydajność stacji pomp przy gwałtownym deszczu i najwyższym poziomie Wisły.

Kombinacja pierwsza:

	litrów na sekundę
2 małe pompy o 600 do 700 litrów	1200 do 1400
1 duża pompa o 2000 do 2200 "	2000 do 2200
1 " " " w rezerwie	— —
razem	3200 do 3600
okrągło	3500 litrów.

Kombinacja druga:

2 duże pompy o 2000 do 2200 litrów	4000 do 4400
2 małe w rezerwie po 600 do 700	— —
razem	4000 do 4400
okrągło	4200 litrów.

Kombinacja trzecia:

1 mała o 600 do 700 litrów	600 do 700
1 " " " " " w rezerwie	— —
2 duże o 2000 do 2200	4000 do 4400
razem	4600 do 5100
okrągło	4800 litrów

maksymalną wydajność stacji pomp możemy przyjąć na 3500 do 4500 litrów na sekundę.

Maksymalna wydajność, obliczona w stosunku do obszaru dolnego miasta, przyjmując obszar, jaki odwodnić zamierzamy na $346 + 88 = 434$ hektarów, to maksymalna wydajność na hektar i sekundę będzie 8 do 10 litrów.

Aneks 15, VIII.

Opis schematu rozdzielawego. (Rysunek № 12).

Rysunek 12 przedstawia schemat rozdzielawy z jednej strony dla światła i motorów, a z drugiej strony dla tramwajów. Schemat ten obejmuje, począwszy od maszyn, główną deskę rozdzielawą ze wszystkimi aparatami, instrumentami i szynami zbiornikowymi i deskę rozdzielawą dla kabli; następnie zaś przewodniki zasilające, pierwotną sieć rozdzielawą, transformatory i wtórną sieć rozdzielawą.

Z drugiej strony schemat ten przedstawia, wychodząc z głównej deski rozdzielawej, szyny zbiornikowe i przewodniki zasilające dla tramwajów, szyny dla prądu zmiennego stacyj transformacyjnych ze wszystkimi aparatami i instrumentami, transformatory prądu zmiennego na stały, szyny dla prądu stałego z aparatami i instrumentami, główne przewodniki zasilające prądu stałego, przewód bezpośrednio zasilający tramwaje (przewód doprowadzający), a wreszcie baterię wyrównującą (buforową), połączoną równolegle z transformatorami prądu zmiennego na stały wraz z maszynami dodatkowymi, przeznaczonymi do ładowania baterii.

Maszyny prądu zmiennego (W 1—8) zostają pobudzane przez maszyny pobudzające (pobudzacze *E 1—8*) i regulowane zapomocą oporników, włączonych w obwód magnesów pobudzaczy (regulatory szuntowe).

Przewodniki o wysokim napięciu prowadzą, jak widać z rysunku, od głównych zacisków maszyn do deski głównej i posiadają tam dwa przerywacze, pozwalające łączyć je bądź z szynami dla światła, bądź też z szynami dla tramwajów.

Na deskach rozdzielawych wszystkie przewodniki połączone z zewnętrznym biegunem kabli oznaczone są kolorem niebieskim, połączone zaś z zewnętrznym biegunem—kolorem czerwonym.

W głównym przewodniku każdej maszyny włączony został licznik kilowatt-godzin (*Z*), ampermetr (*A*) i transformator mierniczy (*T 1—8*).

Wszystkie przewodniki kontrolujące są oznaczone kolorem czarnym. Na schemacie sposób ich połączenia podany jest dla maszyn prądu zmiennego 5—7. Jak widać z tego, szyny zarówno dla światła jak i dla tramwajów posiadają wspólny transformator mierniczy dla dwóch maszyn (oznaczony przez *Te* i *Tb*). Przy pomocy komutatora dla woltmetru można połączyć woltmetr z transformatorem maszyny albo też szyn (światło lub tramwaje).

Prócz tego przewidziane zostały jeszcze 2 komutatory: jeden dla lamp fazowych u maszyn (*PUm*), a drugi—u szyn zbiornikowych (*PUs*). W ten sposób umożliwionem zostaje połączenie transformatora mierniczego dla maszyn np. *T 5* albo *7* z transformatorem dla szyn *Te* albo *Tb*, co pozwala przekonać się o tożsamości fazy maszyny przyłączanej z maszynami już pracującymi.

Woltmetr V jest podwójny. We wspólnej oprawie znajdują się dwa oddzielne instrumenty. Skala jednego służy do mierzenia napięcia, drugi zaś połączony jest równolegle z lampami fazowymi i skala jego pokazuje tożsamość faz z większą niż lampy fazowe dokładnością. Instrument ten służy więc specjalnie do równoległego łączenia maszyn.

Szyny zbiornikowe deski rozdzielowej urządzone są podług systemu pierścieniowego, mogą jednak być przerwane pośrodku i na obydwóch końcach, co pozwala bądź utrzymywać całą deskę w połączeniu, bądź podzielić ją na dwie niezależne połowy, bądź też zasilac całą sieć dowolnie z prawej lub lewej połowy deski.

Deska do kabli składa się z 5-iu oddziałów, czterech dla światła i jednego, środkowego, dla tramwajów (niezależnie od systemu zasilania tramwajów).

W ten sposób otrzymuje się dla tramwajów deskę zupełnie niezależną, która w związku z deską główną pozwala zasilac tramwaje przez jedną lub większą ilość maszyn. Łącząc zaś pomiędzy sobą szyny przeznaczone dla światła i dla tramwajów, otrzymuje się możliwość wspólnego zasilania, co ważnem jest dla zmniejszenia kosztów eksploatacji.

Cztery oddziały deski dla kabli umieszczone są w dwóch skrzydłach; każdy oddział pozwala na przyłączenie 5 przewodników zasilających wraz z ich przerywaczami, bezpiecznikami i ampermetrami.

Przewód pierścieniowy dla światła utworzony zostaje przez połączenie prawego i lewego skrzydła przy pomocy przewodu, prowadzonego nad deską środkową, tramwajową i w ten sposób niezależnym zostaje od tej ostatniej. Przewód ten, jako ogniwo łączące oba skrzydła, zwykle zostaje w połączeniu z obydwoma stronami deski dla kabli, może on jednak znajdować się w połączeniu tylko ze stroną prawą lub lewą deski. Od tego przewodu łączącego odchodzi przewodnik pomocniczy $O-a$ do pomocniczego punktu węzłowego a , od którego znowu rozchodzą się trzy przewodniki pomocnicze $a-100$, $a-200$ i $a-300$ do trzech najważniejszych punktów węzłowych średnicy: 100, 200 i 300. Urządzenie takie pozwala—w razie potrzeby dokonania jakich robót przy prawej lub lewej połowie deski lub w razie wypadku—zasilac przewodnik pomocniczy $O-a$ od części deski, pozostałej w działaniu i zastąpić nim przewodniki zasilające nieczynne.

Prócz tego można, jak to widocznem jest z rysunku, odłączyć każdy z czterech oddziałów deski dla kabli od reszty zapomocą przerywaczy; w ten sposób jeden albo drugi oddział deski z jego 5-ma kablami zasilającymi może być dowolnie wyłączony, podczas gdy przewód pierścieniowy pozostaje w zupełności zamknięty, a zatem wszystkie maszyny i reszta kabli mogą być utrzymywane w związku ze sobą i w działaniu.

Połączenie kabli zasilających z pojedynczymi oddziałami deski jest w ten sposób projektowane, że punkty zasilające, które otrzymują prąd z jednego oddziału deski, równomiernie są rozmieszczone w obrębie miasta i położone są jak najdalej jeden od drugiego; w razie więc wyłączenia przewodników zasilających pewnego oddziału, dostarczanie prądu do odnośnych punktów zasilających może być uskutecznione przez przewodniki pomocnicze i wyrównywające, które są zasilane z pozostałych czynnych 3-ch oddziałów deski. Połączenie to zostało schematycznie przedstawione na rysunku 13, na którym oznaczono przewodniki, wychodzące z każdego oddziału deski innym kolorem, a mianowicie przewodniki, wychodzące z lewych oddziałów 1 i 3, oznaczono kolorem niebieskim i żółtym,

wychodzące zaś z prawych oddziałów 2 i 4 — czerwonym i zielonym. Okręgi zasilane oznaczone są tym samym kolorem, co odpowiadające im oddziały deski.

Połączenia sieci przewodników przedstawione są w górnym lewym kącie schematu rozdzielowego.

Widocznym jest z tego:

w jaki sposób każdy główny przewodnik zasilający prowadzi do głównego punktu zasilającego;

jak pierwotna sieć rozdzielowa doprowadza prąd zmienny o wysokim napięciu z głównych punktów zasilających do oddzielnych transformatorów;

jak w transformatorach prąd zmienny o wysokim napięciu zostaje przetwarzany w prąd o niskim napięciu i dostarczany odbiorcom przez wtórną sieć rozdzielową, prowadzącą również od jednego sztybu transformatorowego do drugiego i tworzącą, jak i sieć pierwotna, zupełnie w sobie zamkniętą siatkę.

Druty kontrolujące zostają doprowadzane do stacji centralnej z odpowiednio wybranych w każdym okręgu sztybów transformatorowych; w odnośnym sztybie druty kontrolujące przyłączone są do wtórnych zacisków transformatora; wszystkie te druty są doprowadzone w stacji centralnej do znajdującego się na środku deski komutatora (co zostało uwidocznionem na schemacie rozdzielowym zapomocą szarych linii) i przyłączone do oddzielnych kontaktów tegoż. Zapomocą tego komutatora, można każdy z kontaktów połączyć z *woltmetrem statycznym* (Pr. V.) i przekonać się w ten sposób, jakie napięcie panuje w dowolnym punkcie mierniczym sieci

Z drugiej strony można *wszystkie* druty kontrolujące połączyć równolegle zapomocą wyżej wzmiankowanego komutatora z woltmetrem zbiorowym (S. V.), który wskazuje wtedy średnie napięcie, panujące w sieci.

Wszystkie *instrumenty dla wysokiego napięcia*, t. j. liczniki i ampermetry włączone są, jak widać z schematu, w przewodnik zewnętrzny, t. j. w ten przewodnik, którego potencjał względem ziemi jest najniższy.

Dla każdego z 4-ch oddziałów deski kabli przewidziano możliwość przyłączenia 5-ciu przewodników zasilających, a więc razem 20-tu, z których 19 służy dla sieci projektowanej, a mianowicie dla punktów zasilających 100 — 1900, podczas gdy 20-ty przewodnik zasilający pozostaje w rezerwie.

Schemat dla *tramwajów elektrycznych* podany jest na prawej górnej połowie schematu rozdzielowego w przypuszczeniu bezpośredniego zasilania tramwajów zapomocą przewodnika nadziemnego lub podziemnego. Schemat ten pozostaje jednakże bez zmiany, ze względu na deskę w stacji centralnej, nawet wtedy, gdy zamiast bezpośredniego zasilania zostanie przyjęty system mieszany lub poruszanie tramwajów wyłącznie zapomocą akumulatorów bądź przy większej ilości stacji o szybkim ładowaniu, bądź też przy nieznaczej ilości głównych stacji transformacyjnych do ładowania.

Przewodniki zasilające dla tramwajów oznaczone są w liczbie 4-ch żółtym kolorem na schemacie rozdzielowym, aneks 12. Prowadzą one do szyny zbiornikowej prądu zmiennego na stacji transformacyjnej, a mianowicie po 2 przewodniki do każdej stacji. Szyny zbiornikowe stacji są również podzielone podług systemu pierścieniowego na 2 oddziały, z których każdy służy dla doprowadzania prądu do 2-ch transformatorów prądu zmiennego na stały.

Do każdej *linii prądu zmiennego* włączone są: przerywacz, ampermetr i transformator mierniczy (T1 — T4).

Cztery motory o prądzie zmiennym na stacji transformacyjnej oznaczone są przez $M1 - M4$, a odpowiadające im cztery dynamomaszyny o prądzie stałym — przez $D1 - D4$.

Dynamomaszyny o prądzie stałym są to maszyny szuntowe, urządzone w swej konstrukcyi z uwzględnieniem równoległego połączenia z baterią wyrównywającą.

Puszczanie w rach transformatorów prądu zmiennego na stały może być skuteczniejsze bądź zapomocą prądu stałego z bateryi wyrównywającej, bądź też z szyn zbiornikowych prądu stałego. Dla tego celu dynamomaszyna o prądzie stałym ($D1 - D4$) zostaje użyta, przy odpowiednim regulowaniu, jako motor, maszynę zaś o prądzie zmiennym ($M1 - M4$) pobudza się z szyn zbiornikowych, doprowadza się do tożsamości faz przy pomocy woltmetru fazowego, a następnie się włącza maszynę o prądzie zmiennym.

Do *głównej linii zasilającej prądu stałego* włączone są bezpieczniki, przerywacze, wskaźwacze kierunku prądu i ampermetry.

Zapomocą przerywaczy można każdą maszynę oddzielnie połączyć z szyną zbiornikową, z której się uskutecznia bezpośrednie zasilanie tramwajów, a to w ten sposób, że biegun dodatni zostaje połączony z przewodnikiem, doprowadzającym prąd do tramwajów, a ujemny — z szynami tramwajowymi, służącymi jako przewodnik powrotny, albo też z ziemią. Do głównych przewodników zasilających linii nadziemnej lub podziemnej włączono ampermetry, następnie przerywacze automatyczne i liczniki, jako też, stosownie do potrzeby, piorunochrony.

Bateria wyrównywająca (buforowa) połączona jest równolegle z maszynami. W głównym przewodniku je łączącym przewidziano również przerywacz automatyczny.

Dwie *maszyny dodatkowe* takie posiadają łączenia, że mogą one być użyte bądź dla zwiększenia napięcia do ładowania bateryi wyrównywającej, bądź też do współdziałania z baterią przy wyładowaniu.

Wszystkie inne szczegóły są widoczne z rysunku i z objaśnień na schemacie.

Aneks 15, IX.

Opis numeracyi, zastosowanej do systemu rozdzielawego.

Jest rzeczą nader ważną z góry obmyśleć i zastosować do całej sieci przewodników i jej części składowych system numeracyi, łatwej do przeprowadzenia i dającej się także bez trudności użyć przy stopniowem rozszerzaniu instalacyi.

System taki został właśnie użytym przy opracowaniu niniejszego projektu.

Wszystkie kotły i maszyny, umieszczone w stacji centralnej po lewej stronie, otrzymały numery nieparzyste (1, 3, 5 i t. d.), po prawej zaś stronie — parzyste (2, 4, 6 i t. d.).

Wszystkie przewodniki zewnętrzne, ich bezpieczniki i zaciski oznaczone są w stacji centralnej kolorem niebieskim, wewnętrzne zaś — czerwonym; przy systemie trzyczasowym zastosowanym został także odpowiedni dobór kolorów.

Wszystkie przerywacze, bezpieczniki i t. d. dla przewodnika wewnętrznego umieszczone są po *lewej* stronie widza, stojącego przed deską główną lub przed

deską w szybie transformatorowym, dla zewnętrznego zaś przewodnika — po jego *prawej* stronie.

Główne przewodniki zasilające otrzymały numery bieżące 1 — 20, odpowiednio do porządku kolejnego okręgów zasilanych.

Okręgi zasilane, jednakowo odległe od stacyi, t. j. leżące w jednym pasie, otrzymują numery kolejne w kierunku obrotu ziemi, a mianowicie: w pierwszym pasie leżą okręgi 1, 2 i 3, w drugim — 4, 5, 6 i 7, w trzecim 8 — 15. Okręgi 16 i 17 obejmują dolne miasto, a 18 i 19 — Pragę.

Główne punkty zasilające każdego okręgu otrzymują numery 100, 200, 300 i t. d., odpowiednio do numerów przewodników, przez które zostają zasilane.

Punkt zasilający, znajdujący się w stacyi centralnej, otrzymuje znak *O*.

Punkt wyrównywający kable pomocniczego dla punktów zasilających 100, 200 i 300 oznaczonym został przez *a*. Łączący te dwa punkty kabel pomocniczy otrzymuje nazwę *O—a*; linie zaś pomiędzy punktem wyrównywającym i punktami 100, 200 i 300 oznaczone są przez *a—100*, *a—200* i *a—300*.

Pozostałe punkty wyrównywające oznaczone są przez *b*, *c*, *d* i t. d., odpowiednie zaś kable wyrównywające otrzymują nazwy od punktów przez nie łączonych, np. 100—400, *c—700* i t. d.

Szyby transformatorowe otrzymują numery bieżące odpowiednio do numeru głównego przewodnika, przez który zostają zasilane, kolejno podług ich rozmieszczenia na kablach rozdzielowych. W ten sposób szyby okręgu 1-go otrzymują numery 101, 102, 103 i t. d., okręgu drugiego—201, 202, 203 i t. d. Wobec tego wszystkie szyby transformatorowe okręgu 1-go posiadają numery 100—199, okręgu 3-go 300—399 i t. d.

Pierwotne kable rozprowadzające oznaczone są podług szybów, przez nie łączonych, np. kabel pomiędzy punktem zasilającym 100 a szybem 106, otrzymuje nazwę 100—106 i t. d.

Końcówki i bezpieczniki kabli o wysokim napięciu (kable pierwotnej sieci rozdzielowej i główne kable zasilające) umieszczone są zawsze z tej strony szybu transformatorowego, która przylega do ulicy; *końcówki zaś i bezpieczniki kabli o niskim napięciu*—ze strony szybu, przylegającej do domów.

Końcówki przewodników wtórnych oznaczone są na desce w szybach transformatorowych w kierunku z góry na dół, przez litery *a*, *b*, *c*, *d* i t. d.

Oddzielne części wtórnych kabli rozdzielowych oznaczone są przez numery szybów i przez litery, odpowiadające ich końcówkom w odnośnych szybach, tak, że np. kabel, łączący górną końcówkę w szybie 101 z 4-tą końcówką w szybie 102, oznaczony jest przez 101*a*—102*d* i t. d.

System ten daje się dowolnie rozszerzać przy powiększaniu całego urządzenia, bez zmiany numeracyi istniejących linii i części składowych.

Przeprowadzenie podobnego oznaczenia systematycznego głównych kabli i głównych punktów zasilających, kabli pierwotnej sieci rozdzielowej, szybów transformatorowych, końcówek i połączeń, w nich się znajdujących, i kabli wtórnych, posiada wielkie znaczenie nie tylko podczas projektowania i wykonania sieci, lecz przeważnie podczas eksploatacyi.

Daje ono możliwość łatwego orientowania się i stwarza podstawę do wydawania nie ulegających żadnej wątpliwości rozporządzeń co do włączania i wyłączania różnych części sieci.

Aneks 15, IX^{a-c}.

Zestawienie wyników głównych z tablic aneks 15, X^{a-c}, odnośnie do sieci przewodników i transformatorów w chwili wykończenia całej budowy.

Aneks 15, X^a.

Przewody główne, pomocnicze i wyrównywające.

Oznaczenie przewodów	Długość kabli				Sprawność		Specyjalne rowy dla kabli Krzyżowanie ulic	Zamknięcia końcowe	Bezpieczniki		
	pojedynczo	razem	200 mm ²	100 mm ²	70 mm ²	w kilow. na 4000 wolt				w lampach po 535 wat.	
<i>a</i>											
1	1090		1090	—	—	1200	22 430	194	7	1	2
2	1270		1270	—	—	1200	22 430	—	9	1	2
3	1290		1290	—	—	1200	22 430	150	7	1	2
4	2290		2290	—	—	840	15 700	20	13	1	2
5	1680		1680	—	—	1140	21 310	—	6	1	2
6	2400		2400	—	—	800	14 950	—	12	1	2
7	2220		2220	—	—	860	16 080	60	11	1	2
8	2800		2800	—	—	684	12 790	20	15	1	2
9	3430		3430	—	—	560	10 470	75	19	1	2
10	2600		2600	—	—	736	13 760	380	10	1	2
11	2980		2980	—	—	644	12 040	—	12	1	2
12	3540		3540	—	—	540	10 090	—	18	1	2
13	3360		3360	—	—	568	10 620	30	18	1	2
14	2460		2460	—	—	780	14 580	—	9	1	2
15	3900		3900	—	—	492	9 200	1100	9	1	2
16	870			870	—	600	11 220	—	6	1	2
17	1170				1170	400	7 850	20	10	1	2
18	2110		2110	—	—	—	—	—	—	—	—
	+ {480}			{480}	—	696	13 010	2020	8	1	2
	+ {980}			{980}	—	—	—	980	3	1	2
19	2840		2840	—	—	680	12 710	730	9	1	2
		45760									
<i>b</i>											
0—a	760		760	—	—	—	—	—	3	1	2
a—100	468		468	—	—	—	—	—	5	2	4
a—200	410		410	—	—	—	—	—	3	2	4
a—300	710		710	—	—	—	—	—	4	2	4
		2348									
<i>c</i>											
		26230		26230	—	—	—	5986	126	50	100
		74338	44608	28560	1170	14640	273 670	11765	352	77	154
		74338 metrów									

U w a g a. Tablice aneksu 15. X^{a-c} ze względu na obfitość cyfr, podano w skróceniu, a mianowicie przedstawiają wyniki główne.

Aneks 15, X^b.

Sieć rozdzielowa pierwotna.

Obszar	Długość			Specjalne rowy dla kabłów	Ilość		Transformatory zasilane			
	kable rozdzielowe		kable wyrównywane jąca 2 × 35 mm ²		spojen T	skrzyżo- wan ulicy	15 kilowat.	25 kilowat.	35 kilowat.	Razem kilowat.
	2 × 35 mm ²	2 × 10 mm ²								
100	3349	—	1800	655	—	38	5	9	17	895
200	2840	—	1600	915	1	25	1	13	16	900
300	5318	—	3195	778	—	50	—	22	20	1250
400	6340	—	4050	840	—	54	6	28	7	1035
500	5150	—	2550	725	—	44	—	17	24	1265
600	4945	—	2360	1210	1	49	3	26	9	1010
700	5895	—	2085	479	2	55	2	15	17	1000
800	4280	1550	1170	2430	—	40	—	24	—	600
900	9130	—	3070	175	5	46	12	26	—	830
1000	7855	—	2835	220	—	51	38	12	—	870
1100	7435	—	2635	2275	3	46	17	18	—	705
1200	5840	—	2075	1110	1	39	—	25	—	625
1300	8245	—	4320	1360	—	55	12	18	4	770
1400	6595	—	2505	1815	—	23	—	32	—	800
1500	(5000)	—	(2500)	(1250)	—	(25)	—	(23)	—	(575)
1600	4215	—	910	445	—	32	—	25	—	625
1700	3710	—	515	205	—	26	—	20	—	500
1800	(7000)	—	(3500)	(1750)	—	(25)	—	(31)	—	(775)
1900	(7000)	—	(3500)	(1750)	—	(25)	—	(31)	—	(775)
	91142	1550	38675	15637	13	673	96	330	114	13680
	(19000)	—	(9500)	(4750)	—	(75)	—	(85)	—	(2125)
	110142	1550	41175	20387	13	748	96	415	114	15805
		159 867					1	14	4	—
				Dodają się transform. w głównych punktach zasilających						
							97	429	118	16310
							644			

U w a g a Cyfry w nawiasach oparte są na rachunku przybliżonym.

Aneks 15, X^c.

Sieć rozdzielowa wtórna.

Nr. obszaru zasilanego	Sprawność całkowita transformatorów wyrażona w lampach	Ilość transform. rozmaitych wielkości			Sieć wtórna						
		15 kilow.	25 kilow.	35 kilow.	długość	wydajność kabli w			robocizna i mater.		
						kilow.	równocześnie palące się lamp	na metr bieżący	ilość skrzyżowań ulicznych	zamknięcia końcowe	
										razem	wtórne
1	18600	5	9	18	7631	1141	22821	2,99	54	81	94
2	18500	1	14	16	5088	963	19258	3,78	16	75	75
3	25700	—	22	21	10724	1557	31140	2,90	52	129	129
4	21200	6	29	7	17332	1361	27214	1,57	74	119	148
5	26000	—	17	25	12781	1788	35759	2,80	73	112	149
6	20700	3	27	9	14660	2127	42534	2,90	106	117	173
7	20700	2	15	18	15729	1241	24816	1,58	67	97	135
8	12500	—	25	—	11641	705	14092	1,21	57	62	88
9	17100	12	27	—	24893	1411	28215	1,13	104	109	182
10	17700	39	12	—	22918	2325	46508	2,03	127	136	227
11	14600	17	19	—	16837	1428	28567	1,70	91	97	152
12	13000	—	26	—	14248	1121	22424	1,57	74	75	122
13	15900	12	19	4	19788	1130	22593	1,14	90	116	145
14	16500	—	33	—	14101	860	17200	1,22	51	85	109
15	(12000)	—	(24)	—	(11500)	(650)	(13000)	(1,13)	(50)	(75)	(100)
16	13000	—	26	—	10712	1156	23124	2,16	66	62	112
17	10500	—	21	—	6575	894	17876	2,72	49	51	76
18	(16000)	—	(32)	—	(16000)	(900)	(18000)	(1,13)	(50)	(100)	(130)
19	(16000)	—	(32)	—	(16000)	(900)	(18000)	(1,13)	(50)	(100)	(130)
	282200	97	341	118	225658	21208	424141	—	1151	1523	2113
	(44000)	—	(88)	—	(13500)	(2450)	(49000)	—	(150)	(275)	(360)
	326200	97	429	118	269158	23658	473141	—	1301	1798	2473
		1455	10725	4130							
		16310									

U w a g a. Cyfry w nawiasach oparte są na rachunku przybliżonym.

Aneks 15, XI^{a-c}.

Zestawienie głównych wyników z tablic 15, XI^{a-c}, odnośnie do sieci przewodników i transformatorów.

Pierwszy okres budowy. — Aneks 15, XI^a.

Przewodniki główne, pomocnicze i wyrównywające.

Oznaczenie przewodników	Długość przewodników				Sprawność		Specjalne ro- wy dla ułoże- nia przewod.	Krzyżowanie ulic	Zamknięcia końcowe	Bezpieczniki
	pojedyn- czo	razem	200 mm ²		w kilow. na 4000 wolt	w lam- pach po 535 wat				
<i>a) Przewody zasilające.</i>										
1	1090		1090	—	1200	22 430	854	7	1	2
2	1270		1270	—	1200	22 430	—	9	1	2
3	1290		1290	—	1200	22 430	880	7	1	2
4	2290		2290	—	840	15 700	20	13	1	2
7	2220		2220	—	860	16 080	60	11	1	2
		8160								
<i>b) Przewody pomocnicze.</i>										
0—a	760		760	—	—	—	—	3	1	2
a—100	468		468	—	—	—	—	5	2	4
a—200	410		410	—	—	—	—	3	2	4
a—300	710		710	—	—	—	—	4	2	4
		2348								
<i>c) Przewody wyrównywające.</i>										
100 400	1060		—	1060	—	—	—	3	2	4
300—700	924		—	924	—	—	—	4	2	4
		1984								
		12 492	10 508	1 984	5 300	99 070	1 814	69	16	32
			12 492							

Aneks 15, XI^b.

Sieć pierwotna.

Obszar	Długość				Specjalne rowy dla przewodników sieci pierwotnej	Ilość		Transformat. zasilane			
	przew. rozprov.	przew. wyrów.	pgtlic	razem		spojen T	skrzyżowań ulicznych	15 kilowat.	25 kilowat	35 kilowat.	Razem kilowat.
100	1893	600	45	2538	355	2	18	—	6	5	325
200	2750	1065	45	3860	290	1	23	—	13	9	640
300	4438	2610	45	7093	1018	7	39	1	19	10	840
400	4575	1120	75	5770	930	4	28	5	8	2	390
500	1710	625	30	2365	310	—	18	4	6	3	315
600	1335	1475	25	2835	460	3	23	2	6	1	215
700	3255	790	20	4065	254	3	30	5	10	4	465
1300	995	1125	10	2130	750	—	10	1	4	2	185
20951	9410	295	30656	4367	20	189	21	72	36	3375	
30656 metrów				Dodają się transform w głównych punktach zasilających			1	1	3	145	
							22	73	39	3520	
							134 sztuk				

Aneks 15, XI^c.

Sieć wtórna.

№ obszaru zasilanego	Ilość transform. sztuk	Ilość transform. rozmaitych wielk.			Wydajność całkowita transformator. w lampach	Sieć wtórna						
		15 kilowat.	25 kilowat.	35 kilowat.		Długość łącznie z pętlami	Sprawność w kilow.			robocizna i materiały		
							kilowat	równocześnie paląc. się lamp	na metr bieżący	skrzyżowanie ulic	zamknięcie końcowe	
						razem			pierw.	wtórne		
100	12	—	6	6	7200	2236	267	5335	2,39	10	27	24
200	21	—	13	8	12100	5008	650	13006	2,60	20	54	56
300	28	—	18	10	16000	6871*)	723	14463	2,10	26	86	69
400	17	7	8	2	7500	6775	350	7004	1,03	28	48	49
500	14	3	7	4	7200	3328	293	5851	1,76	18	34	30
600	12	3	7	2	5800	3770	530	10604	2,81	26	35	45
700	19	5	10	4	9300	5106	552	11042	2,16	27	52	53
800	2	2	—	—	600	290	12	249	0,86	—	4	2
1000	1	1	—	—	300	429	9	170	0,40	1	1	2
1300	8	1	4	3	4400	1495	134	2672	1,79	9	18	14
134	22	73	39	70400	35308	3520	70396	—	165	359	344	
	330	1825	1365	3520 kilowat.	292	—	—	—	12	—	23	
	dodaje się dla połączeń sieci pierw.				35600	3520	70396	—	177	359	367	

*) Dwa spojenia.

Aneks 15, XII.

Obliczenie przewodów zasilających i rozprowadzających.

$$E = \frac{l \times i}{60 \times q} \quad \begin{array}{l} E \text{ oznacza stratę napięcia wyrażoną w woltach,} \\ l \text{ — długość przewodnika (tam i z powrotem),} \\ L = \frac{l}{2} \text{ — długość kabla,} \\ i \text{ — siłę wyrażoną w amperach,} \\ q \text{ — przekrój poprzeczny przewodnika w } mm^2. \end{array}$$

$$E = \frac{L \times i}{30 \times q}$$

Sieć pierwotna. a) Kable zasilające:

- maksymalna strata napięcia 2%
- napięcie 4000 wolt.
- przekrój poprzeczny $2 \times 200 \text{ mm}^2$

$$l \times i = 80 \times 60 \times 200 = 960\,000$$

$$L \times i = 80 \times 30 \times 200 = 480\,000.$$

Długość kabli	Siła w amperach na mm^2	Długość kabli	Siła w amperach na mm^2
1600	300	3200	150
1700	282	3600	133
1800	267	4000	120
2000	240	4500	117
2200	218	5000	96
2400	200	5500	87
2600	185	6000	80
2800	171	7000	68
3000	160	8000	60

Przy długościach poniżej 1600 m siła prądu jest stałą i wynosi 300 amperów.

b) Sieć rozprowadzająca: maksymalna strata napięcia $\frac{1}{2}\%$ czyli 20 woltów, przekrój $2 \times 35 \text{ mm}^2$.

Kable rozprowadzające w sieci pierwotnej oddają swą energię elektryczną po drodze, a mianowicie conajmniej w 5-ciu punktach (szachty dla transformatorów).

Strata napięcia w sieci rozprowadzającej wynosi zatem

$$\frac{5 + 4 + 3 + 2 + 1}{5 \times 5} = 0,6$$

tej straty napięcia, z którąby się liczyć należało na wypadek gdyby cała energia doprowadzona do końca także musiała być oddawaną.

$$E = 0,6 \frac{l \times i}{60 \times q} = \frac{l \times i}{100 \times q}$$

$$l \times i = 20 \times 100 \times 35 = 70\,000$$

$$L \times i = 35\,000$$

Długość kabla	Siła w amperach *) na mm ²	Długość kabla	Siła w amperach *) na mm ²		
667	52,5	1,50	1700	20,5	0,58
800	43,7	1,25	2000	17,5	0,50
1000	35,0	1,00	2500	14,0	0,40
1200	29,2	0,83	3000	11,7	0,33
1400	25,0	0,71	3500	10,0	0,28

Sieć wtórna dwu- lub trójprzewodowa. Maksymalna strata napięcia jaką dopuszczamy 1¹/₄%, napięcie przy lampie 120 czyli 2 × 120 volt., strata napięcia w sieci dwuprzewodowej 1¹/₂ volt., w trójprzewodowej — 3 volt.

Kabel rozdzielowy w sieci wtórnej oddaje również energię elektryczną co najmniej w 5-ciu punktach lub w połączeniach domowych. Należy zatem i w tym wypadku liczyć się z zmniejszoną stratą napięcia, dochodzącą do 0,6, któraby nastąpiła wówczas tylko, gdyby całkowitą energię doprowadzono i oddawano w punkcie końcowym.

Według stosowanego już wzoru:

$$E = \frac{l \times i}{100 \times q}$$

strata napięcia E , jaka już poprzednio oznaczona została, równa się 1,5 do 3.

Przekrój kabla w sieci dwuprzewodowej . . . 2 × 100 mm²
 „ „ „ trójprzewodowej . . . 2 × 50 + 35 mm².

Stąd wynika:

dla kabla dwuprzewodowego $l \times i = 15\ 000$ albo $L \times i = 7500$
 „ „ trójprzewodowego $l \times i = 15\ 000$ „ $L \times i = 7500$

Przyjmując liczbę lamp równą n , a natężenie na lampę

przy dwuprzewodach $\frac{50}{120} = 0,416$ amperów

„ trójprzewodach $\frac{50}{240} = 0,208$ „

otrzymuje się

dla kabla dwuprzewodowego $L \times n = 18\ 000$
 „ „ trójprzewodowego $L \times n = 36\ 000$

Maksymalna liczba lamp, którą zapomocą kabla zasilac możemy przy

1¹/₄ amp. 1¹/₂ amp. na mm²

wynosi przy systemie dwuprzewodowym:

$\frac{100 \times 1\frac{1}{4}}{0,416}$ lub $\frac{100 \times 1\frac{1}{2}}{0,416}$. . . 300 360

przy systemie trójprzewodowym:

$\frac{50 \times 1\frac{1}{4}}{0,208}$ lub $\frac{50 \times 1\frac{1}{2}}{0,208}$. . . 300 360

a odpowiadająca granica długości kabla, poniżej której dopuszczalna siła prądu nie może być zwiększona, wynosi:

dla dwuprzewodowego kabla 60 50
 „ trójprzewodowego 120 100

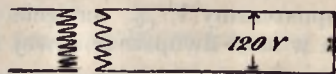
*) Licząc od głównego punktu zasilającego.

Aneks 15, XIII.

Przewodniki równoważeniowe pod względem sprawności przy rozmaitych systemach rozdziału.

1) *Prąd zmienny jednofazowy z dwoma przewodnikami, $2 \times 100 \text{ mm}^2$.* Napięcie 120 volt.; maksymalna strata napięcia 1,5 volt. przy stracie napięcia 1,5 volt., kabel długości 100-metrowej może przepuścić:

$$i = \frac{E \times 60 \times 100}{2 \times 100} = 45 \text{ amperów}$$



czyli przy napięciu 120 volt. 5400 watów.

Ilość potrzebnej miedzi oblicza się:

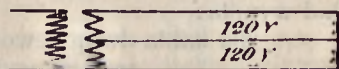
$$2 \times 100 \text{ mm}^2 \times 100 \text{ m} = 20\,000 = 100\%.$$

2) *Prąd zmienny jednofazowy z 3-ma przewodnikami.* Energia przenoszona, podana na 5400 watów przy napięciu 240 volt., daje siłę prądu 22,5 amperów.

Dopuszczalna strata napięcia, jak wyżej, wynosi 1,5 volt. na jeden przewo-
dnik, zatem 3,00 volt.

Stąd otrzymujemy poprzeczny przekrój miedzi:

$$q = \frac{2 \times 100 \times 22,5}{3 \times 60} = 25 \text{ mm}^2$$



Ilość potrzebnej miedzi wyraża się:

a) jeżeli przewo-
dnik obojętny otrzyma przekrój $17,5 \text{ mm}^2$:

$$[(2 \times 25) + 17,5] \times 100 \text{ m} = 6750 = 33,75\%;$$

b) jeżeli przewo-
dnik obojętny otrzyma przekrój $12,5 \text{ mm}^2$:

$$[(2 \times 25) + 12,5] \times 100 \text{ m} = 6250 = 31,25\%.$$

Uwaga. Jeżeli kabel o dwóch przewodnikach będzie urządzony dla zdwo-
jonej sprawności, natenczas przekrój i ilość miedzi otrzyma się następujący:

$$\text{a) } 2 \times 50 + 35 = 13500 = 67,5\%;$$

$$\text{b) } 2 \times 50 + 25 = 12500 = 62,5\%.$$

3) *Prąd zmienny trójfazowy z 3-ma przewodnikami.* Energia, jaką prze-
prowadzić należy, podana wyżej na 5400 watów przy napięciu 120 volt pomię-
dzy przewodnikami, da siłę prądu:

$$i = \frac{5400}{1,73 \times 120} = 26 \text{ amperów}$$



Ogólna strata napięcia równa się 1,73 razy zwiększonej stracie każdego
przewo-
dnika, oddzielnie biorąc; a ponieważ strata całkowita w napięciu nie po-
winna przewyższać 1,5 volt, to przekrój poprzeczny miedzi wyrazić można przez:

$$q = \frac{1,73 \times 26 \times 100}{1,5 \times 60} = 50 \text{ mm}^2.$$

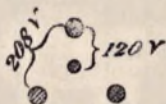
Ilość potrzebnej miedzi będzie:

$$3 \times 50 \text{ mm}^2 \times 100 \text{ m} = 15000 = 75\%$$

Uwaga. Jeżeli kabel będzie urządzony dla zdwojonej sprawności typu o 2-ch przewodnikach, a więc o sprawności 3-ch przewodników (por. punkt 2) $50 + 35 + 50$, natenczas otrzymamy przekrój $3 \times 100 \text{ mm}^2$, a ilość potrzebnej miedzi będzie:

$$3 \times 100 \text{ mm}^2 \times 100 \text{ m} = 30000 = 150\%$$

4) *Prąd zmienny trójfazowy z czterema przewodnikami.*



napięcie pomiędzy przewodnikami zewnętrznymi i obojętnymi . 120 volt.

" " " " 120 \times 1,73 = 208 "

Energia, jaką przeprowadzić należy, równająca się 5400 wattom, daje przy napięciu 208 volt., między przewodnikami zewnętrznymi, siłę prądu:

$$i = \frac{5400}{1,73 \times 208} = 15 \text{ amperów.}$$

Strata maksymalna w napięciu bądź przewodników zewnętrznych z jednej strony, bądź przewodników obojętnych z drugiej, nie powinna przechodzić 1,5 volt., a zatem maksymalna strata napięcia, jaką dopuszczamy pomiędzy przewodnikami zewnętrznymi, nie powinna być większą po nad:

$$1,5 \times 1,73 \times 2,6 \text{ volt.},$$

a stąd otrzymujemy przekrój poprzeczny miedzi:

$$q = \frac{1,73 \times 15 \times 100}{26 \times 60} = 16,7 \text{ mm}^2.$$

Potrzebną ilość miedzi obliczamy w sposób następujący:

a) jeżeli przewodnik obojętny otrzyma przekrój przewodnika zewnętrznego:

$$4 \times 16,7 \text{ mm}^2 \times 100 \text{ m} = 6666 = 33,3\%;$$

b) jeżeli przewodnik obojętny otrzyma 70% przekroju przewodnika zewnętrznego:

$$[(3 \times 16,7) + 12] \text{ mm}^2 \times 100 \text{ m} = 6200 = 31\%;$$

c) jeżeli przewodnik obojętny otrzyma połowę przekroju przewodnika zewnętrznego:

$$[(3 \times 16,7) + 8,33] \text{ mm}^2 \times 100 \text{ m} = 5833 \times 29,17\%.$$

Uwaga. Jeżeli kabel będzie urządzony dla zdwojonej sprawności typu kabla o 2-ch przewodnikach, a zatem o sprawności 3-ch przewodników: $50 + 35 + 50$, natenczas przekrój poprzeczny i ilość miedzi potrzebnej określimy w sposób następujący:

$$\text{a) } 4 \times 33,3 \text{ mm}^2 13333 = 66,7\%$$

$$\text{b) } 3 \times 33,3 \text{ " 12400 = 62,0 "}$$

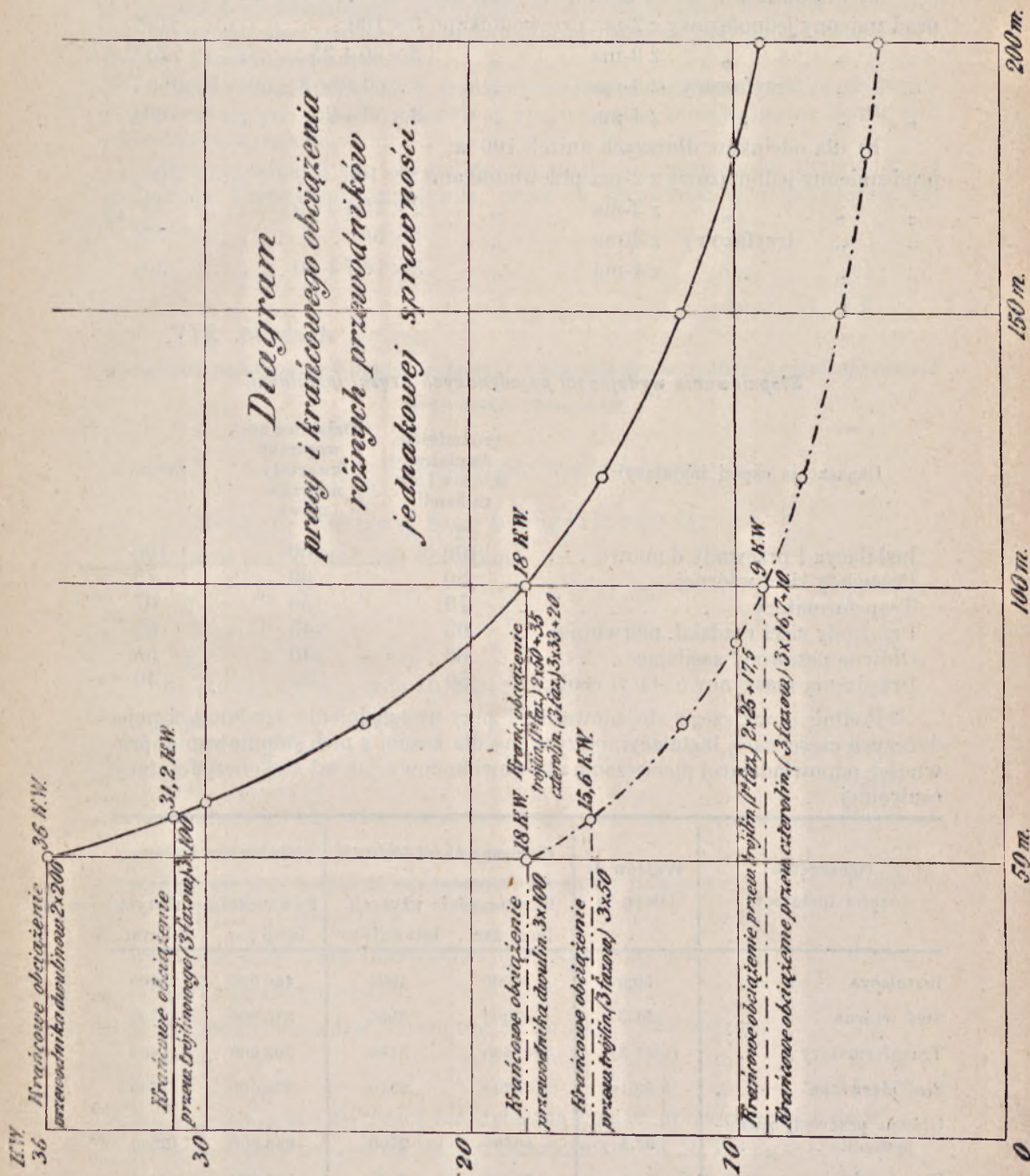
$$\text{c) } 3 \times 33,3 \text{ " 11666 = 58,3 "}$$

Z cyfr tych ułożoną została następująca tablica, zawierająca równowartościowe pod względem sprawności zestawienie przewodników rozmaitych systemów rozdzielowych. Znalezione cyfry dla przekrojów poprzecznych odpowiednio zostały zaokrąglone.

Oznaczenie kabla	Prąd zmienny jednofazowy				Prąd zmienny trójfazowy			
	Kabel dwuprzewodowy		Kabel trójprzewodowy		Kabel trójprzewodowy		Kabel czteroprzewodowy	
	przekrój poprzecz.	%	przekrój poprzecz.	%	przekrój poprzecz.	%	przekrój poprzecz.	%
<i>Sieć pierwotna, 4000 volt.</i>								
Kable główne	2×200	100	—	—	3×100	75	—	—
„ pomocnicze i wyrównywające . .	2×100	100	—	—	3×50	75	—	—
„ rozprowadzające	2×35	100	—	—	3×20	86	—	—
<i>Sieć wtórna.</i>								
Kable rozprowadzające dwuprzewodnikowe	2×100	100	25 + 17,5 + 25	34	3×50	75	3×16,7 + 10	30
Kable rozprowadzające trójprzewodn. o sprawności zdwojonej	—	—	50 + 35 + 50	68	3×100	150	3×35 + 20	62

Rodzaj przewodu	Siła prądu w amperach	Liczba i przekrój poprz. przewodników głównych	Gęstość prądu, wyrażona w amperach na mm ²	Maksymalne dopuszczalne obciążenie przy		Granica długości przy maksymalnym obciążeniu				
				1,25 amper. na mm ²	1,50 amper. na mm ²	przy 1,25 amp.		przy 1,50 amp.		
						wydajność prądu		wydajność prądu		
				na końcu przew.	w drodze	na końcu przew.	w drodze			
a) Przy 5400 watach, prąd jednofazowy:										
z dwoma przewodnikami	45	2 × 100	0,45	15000	18000	36	60	30	50	
z trzema „	22,5	2 × 25	0,90	7500	9000	72	120	60	100	
prąd trójfazowy:										
z trzema przewodnikami	26	3 × 50	0,52	13000	15600	41,5	69	34,6	58	
z czterema „	15	3 × 16,7	0,90	7500	9000	72	120	60	100	
b) Przy 10 800 watach, prąd jednofazowy:										
z dwoma przewodnikami	90	2 × 200	0,45	30000	36000	36	60	30	50	
z trzema „	45	2 × 50	0,90	15000	18000	72	120	60	100	
prąd trójfazowy:										
z trzema przewodnikami	52	3 × 100	0,52	26000	31200	41,5	69	34,6	58	
z czterema „	30	3 × 33	0,90	15000	18000	72	120	60	100	

*Diagram
pracy i krańcowego obciążenia
różnych przewodników
jednakowej sprawności.*



Stąd otrzymujemy przewody jednakowej sprawności:

a) dla odcinków do 60 m długości albo pomiędzy 60 i 100 m:

prąd zmienny jednofazowy z 2-ma przewodnikami 2×100	100%
" " " z 3-ma " $2 \times 50 + 35$	$67\frac{1}{2}\%$
" " trzyfazowy z 3-ma " 3×60 albo 3×50	90 albo 75%
" " " z 4-ma " $3 \times 33 + 20$	60%

b) dla odcinków dłuższych aniżeli 100 m:

prąd zmienny jednofazowy z 2-ma przewodnikami 2×100	100%
" " " z 3-ma " $2 \times 25 + 17,5$	$33\frac{3}{4}\%$
" " trzyfazowy z 3-ma " 3×50	75%
" " " z 4-ma " $3 \times 16,7 + 10$	30%

Aneks 15, XIV.

Stopniowanie wydajności pojedynczych części instalacji.

Oznaczenie części instalacji	Śródmieście, dzielnic sklepów i biu- ra handl.	Dzielnice ze- wnętrzne kwaterły mieszka- niowe	Średnio
	%		
Instalacja i przewody domowe	100	100	100
Przewody sieci wtórnej	80	60	75
Transformatory	70	50	67
Przewody sieci rozdział. pierwotnej	65	45	60
Główne przewody zasilające	60	40	55
Urządzenia maszynowe stacyi centr.	50	30	40

Podług powyższego stopniowania i przy uwzględnieniu działalności pojedynczych części całej instalacji, otrzymamy dla każdej z nich stopniowanie sprawności, odpowiadającej pierwszemu okresowi budowy, jak też wykończonej stacyi centralnej.

Oznaczenie części instalacji	Wattów na lampę *)	Pierwszy okres budowy		Skończona budowa	
		Równocześnie użytych lamp żar.	kilowattów	Równocześnie użytych lamp żar.	kilowat.
Instalacja	50,0	92000	4600	460 000	23000
Sieć wtórna	51,3	69000	3550	345 000	17700
Transformatory	51,3	61600	3160	308 000	15800
Sieć pierwotna	53,1	55200	2940	276 000	14700
Główne przewody zasilające	53,4	50600	2700	253 000	13500
Urządzenia maszynowe	54,5	36800	2000	184 000	10000

*) Por. aneks 15, XV.

Przy porównaniu tych cyfr z wynikami projektu dla pierwszego i drugiego okresu budowy sieci, należy przypomnieć, że przez tymczasowe opuszczenie pojedynczych transformatorów, oraz przez zastąpienie większych typów mniejszymi, sprawność sieci wtórnej i transformatorów zostanie zharmonizowaną z obliczeniem zasadniczym konsumpcyj.

Przez zamianę mniejszych transformatorów na większe, oraz przez dopełnienie brakujących transformatorów w miejscu pętlic kabli, można będzie sieć rozdzielnicową wzmocnić.

Równocześnie z tem wypadnie dla wielkich konsumentów (hotele i t. p.) powiększyć liczbę transformatorów, przez co sprawność w sieci wtórnej się wzmoże.

Aneks 15, XV.

Wydajność pojedynczych części instalacji i skombinowana tychże części sprawność przy maks. obciążeniu.

1. *Wydajność pojedynczych części.*

a) Maszyny parowe, bieg bezużyteczny 6%:		
wydajność przy $\frac{1}{4}$ pełnego obciążenia		0,760
„ „ $\frac{2}{4}$ „ „		0,840
„ „ $\frac{3}{4}$ „ „		0,875
„ „ $\frac{4}{4}$ „ „		0,890
b) Maszyny dla prądu zmiennego:		
wydajność przy $\frac{1}{4}$ obciążenia		0,850
„ „ $\frac{2}{4}$ „ „		0,920
„ „ $\frac{3}{4}$ „ „		0,940
„ „ $\frac{4}{4}$ „ „		0,945
c) Główne kable zasilające:		
wydajność przy maksym. obciążeniu i 2% straty napięcia		0,980
d) Sieć pierwotna:		
wydajność przy maks. obciążeniu i $\frac{1}{2}$ % straty napięcia		0,995
e) Transformatory:		
praca bezużyteczna transformatora na 15 kw. — 300 watów		2%
„ „ „ „ 25 „ — 400 „		1,6%
„ „ „ „ 35 „ — 500 „		1,43%
strata napięcia pomiędzy pracą bezużyteczną i maks. obciążeniem 1,6 do 2%		
wydajność przy pełnem obciążeniu transformatorów 15 kw.		96,0%
„ „ „ „ „ 25 „		96,5 „
„ „ „ „ „ 35 „		97,0 „
średnia wydajność transformatorów przy pełnem obciążeniu		96,5 „

f) Sieć wtórna:

wydajność przy napięciu 120 lub przy 240 woltach, przy pełnem obciążeniu, oraz przy stracie napięcia $1\frac{1}{4}\%$, czyli 1,5 do 3,0 wolt 0,9875

g) Przewody domowe:

wydajność przy pełnem obciążeniu równa się wydajności sieci wtórnej, to jest 0,9875

II. *Wydajność skombinowana przy maksymalnym obciążeniu.*

a) maszyn parowych i maszyn dla prądu zmiennego $0,89 \times 0,945 =$ 0,841

b) systemu rozdzielowego od tablicy rozdzielowej do transformatorów $0,975 \times 0,965 =$ 0,941

c) sieci wtórnej i przewodów domowych od transformatorów do lamp (strata napięcia $2 \times 1\frac{1}{2}$ wolt) 0,975

d) całego systemu rozdzielowego od tablicy rozdzielowej do lamp $0,975 \times 0,965 \times 0,975 =$ 0,917

e) systemu rozdzielowego od głównych punktów zasilających do lamp $0,995 \times 0,965 \times 0,975 =$ 0,936

Na każde 50 watów w lampach praca w transformatorach

wyraża się cyfrą 51,3 watów

w głównych punktach zasilających 53,4 „

na tablicy rozdzielowej 54,5 „

Kosztorys pierwszego okresu budowy.

3 maszyny o sprawności maksymalnej 1000 kilowat. każda, z kotłami, siecią przewodników, transformatorami i t. d.

№ pozycji	PRZEDMIOT	Metrów lub sztuk	Cena jednostkowa	Wydatek cząstkowy na każdy pa- ragraf oddzielnie	Wydatek zbiorowy na każdy rozdział oddzielnie	Potrąca się	
						W sto- sunku	ruble
			Ruble	Ruble	Ruble		
	A) Stacja centralna.						
	<i>I. Nabycie gruntu.</i>						
1	Przestrzeń zajęta przez stary wodociąg przy ulicy Dobrej m ²	14300	—	—	45 000	—	—
	<i>II. Zabudowania.</i>						
	a) budynki.						
1	Budynek dla 4-ch maszyn po 1000 kilowat., obszar zabudowany . . . m ²	1612	—	130 000		—	—
2	Przybudówka do gmachu maszyn, obszar zabudowany m ²	160	—	30 000		—	—
3	Przestrzeń dla pomp m ²	288	—	20 000		—	—
4	Kotłownia dla 10 kotłów o wielkiej zawartości wody i 10 kotłów wodnorurkowych, powierzchnia ogrzewalna 950+2560 m ² , obszar zabudowany .	1728	—	80 000		—	—
5	Przybudówka dla ekonomizera, łącznie z budową fundamentów obszar zabudowany m ²	150	—	10 000		—	—
6	Skład węgla, o zawartości 7000 ton, obszar zabudowany m ²	2296	—	55 000		—	—
7	Komin 4 m średnicy wysokość 70 m .	—	—	30 000		—	—
8	Budynek służbowy łącznie z warsztatami	—	—	12 000		—	—
9	Fundament pod 4 maszyny, każda 1000 kilowat.	—	—	24 000		—	—
10	Podmurowanie dla 10 kotłów o wielkiej zawartości wody i 4 kotłów wodnorurkowych łącznie z kanałami dymowymi doprowadzonymi do komin	—	—	42 000		—	—
11	Urządzenie kolejek i wind w kotłowni	—	—	5 000		—	—
	Do przeniesienia	—	—	438 000	45 000	—	—

№ pozycji	P R Z E D M I O T	Metrów lub sztuk	Cena jednostkowa	Wydatek czasiko- wy na każdy pa- ragraf oddzielnie	Wydatek zbiorowy na każdy rozdział oddzielnie	Potrąca się	
						w sto- sunku	ruble
			Ruble	Ruble	Ruble		
	Z przeniesienia . . .	—	—	438 000	45 000	—	—
12	Kolejka i windy w składzie węgla kompletnie umontowane	—	—	22 000	460 000	2%	9 200
	Razem	—	—	—	505 000	—	9 200
	b) Urządzenia budowlane.						
1	Doprowadzenie wody kondensacyjnej łącznie ze studniami do czerpania wody i wngkami dla pomp odsrodko- wych	—	—	18 000		—	—
2	Odprowadzenie wody kondensacyjnej po za budynkiem maszyn, łącznie z ka- nałami, studniami i wylotem	—	—	8 000		—	—
3	Nawadnianie i odprowadzanie wód . .	—	—	6 000		—	—
4	Bruk, drogi i plantowanie powierzchni .	—	—	12 000		—	—
5	Oparkanie 260 m, łącznie z bramami.	—	—	6 000		—	—
					50 000	2%	1 000
	<i>III. Urządzenia maszynowe i elektryczne.</i>						
1	3 maszyny parowe o sile 1200 do 1500 koni parowych przy 75 obrotach na minutę, z kołami rozpędowymi i kon- densatorami powierzchniowymi, po .	—	140 000	420 000		8%	33 600
2	3 maszyny do prądu zmiennego o spr- awności 1000 kilowat., prąd jednofa- zowy przy napięciu 4000 wolt, z ma- szyną pobudzającą, kompletnie po .	—	60 000	180 000		8%	14 400
3	10 kotłów o dużej zawartości wody, ci- śnieniu 12 atmosfer, o powierzchni ogrzewalnej 95 do 100 m ² , z przegrze- waczem, po	—	15 000	150 000		8%	12 000
4	4 kotły wodnorurkowe, o ciśnieniu 12 atm. i pow. ogrzewalnej 250 do 260 m ² , z przegrzewaczem po	—	20 000	80 000		8%	6 400
5	4 pompy odśrodkowe dla kondensacji, z elektr. wprawianiem w ruch, po .	—	4 000	16 000		8%	1 280
6	Doprowadzenie i odprowadzenie wody kondensacyjnej w budynku maszyn.	—	—	15 000		4%	600
7	Przewody rurowe i przybory zasilające	—	—	70 000		5%	3 500
8	Dwa ekonomizery, każdy o pow. ogrze- walnej 200 m ² , z przyborami i prze- wodami, po	—	9 000	18 000		8%	1 440
	Do przeniesienia	—	—	949 000	555 000	—	83 420

№ pozycji	P R Z E D M I O T	Metrów lub sztuk	Cena jednostkowa	Wydatek cząstko- wy na każdy pa- ragraf oddzielnie	Wydatek zbiorowy na każdy rozdział oddzielnie	Potrąca się	
						w sto- sunku	ruble
			Ruble	Ruble	Ruble		
	Z przeniesienia . . .	—	—	949 000	555 000	—	83 420
9	Winda mostowa, w świetle 24,5 m, ob- ciążenie 25 ton — elektrycznie wpra- wiana w ruch	—	—	20 000		5%	1 000
10	Tablice rozdzielnicowe dla maszyn i kabli, łącznie z instrumentami i przybora- mi, oraz przewodami wewnątrz bu- dynku maszyn	—	—	50 000		5%	2 500
11	Oświetlenie stacji centralnej	—	—	6 000		5%	300
12	Laboratorium, instrumenty, części za- pasowe	—	—	25 000		5%	1 250
	Razem . . .				1 050 000		
	B) Sieć przewodników.						
	<i>I. Roboty uliczne.</i>						
1	Roboty uliczne, łącznie z wyłamaniem bruku, wykopaniem rowów, zasypa- niem i uporządkowaniem powierzchni, łącznie z materiałem, stanowiącym łożysko i ochronę przewodników pod chodnikami <i>m</i>						
	rowy dla sieci wtórnej	35 630	—	—			
	" " " pierwotnej	4 367	—	—			
	" " przewodów zasilających, oraz sieci pomocniczej i wyrówny- wającej	1 815	—	—			
	Razem . . .	41 812	2,50	104 530			
2	Dodatek na specjalne rozszerzenie ro- wów, przeznaczonych dla większej ilości niż 2—3 przewodników	6 000	3,00	18 000			
3	Krzyżowanie ulic, ochrona przewodni- ków zapomocą rur żelaznych dla przewodów zasilających, sztuk	69	—	—			
	w sieci pierwotnej	189	—	—			
	w sieci wtórnej 20%	177	—	—			
	Razem . . .	435	40	17 400			
4	Rury zapasowe, założyc się mające w przewidywaniu dla przewodów w przyszłości dodatkowo	—	—	3 480			
					143 410	2%	2 870
	Do przeniesienia . . .	—	—	—	1 748 410	—	91 340

№ pozycji	PRZEDMIOT	Metrów lub sztuk	Cena jednostkowa	Wydatek cząstko- wy na każdy pa- ragraf oddzielnie	Wydatek zbiorowy na każdy rozdział oddzielnie	Potrąca się	
						w sto- sunku	ruble
			Ruble	Ruble	Ruble		
	Z przeniesienia . . .	—	—	—	1 748 410	—	91 340
	<i>II. Przewody zasilające dla napięcia 4000—5000 wolt.</i>						
1	Przewody zasilające. № 1 1090 " 2 1270 " 3 1290 " 4 2290 " 7 2220 Razem 8160 m po 2×200 mm ² , po .	—	12	97 920		—	
2	Przewody pomocnicze od stacyi centralnej do punktu węzłowego po- mocniczego a, oraz połączenia do gł. punktów zasilających 100, 200, 300, razem 2348 m po 2×200 mm ²	—	12	28 176		—	—
3	Przewody wyrównywające od punktów zasilających 100 — 400 i 300—700, 1984 m, 2×100 mm ² , po .	—	8	15 872		—	—
4	Punkt wyrównywający a — urządzenie kompletne	—	—	600		—	—
5	Zamknięcia końcowe przy tablicy roz- działowej, 6 sztuk, po	—	35	210		—	—
6	Zamknięcia końcowe w szybach z częściami połączeniowymi, komplet 2×35 mm ² , 12 sztuk	—	80	960		—	—
	<i>III. Sieć pierwotna o napięciu 4000 do 5000 wolt.</i>				143 738	4%	5 750
1	Przewody rozprawadzające, łącznie z ułożeniem i zmontowaniem 59 pierścieni ślizgających się 21246 m 2×35 mm ²	—	5	106 230		—	—
2	Przewody wyrównywające jak wyżej 9410, m 2×35 mm ²	—	5	47 050		—	—
3	Części połączeniowe spojenia formy T, 20 sztuk po Zamknięcia końcowe i połączenia w szybach 2×35 mm ² , 359 sztuk, po .	—	40	800		—	—
		—	70	25 130		—	—
	<i>IV. Sieć wtórna.</i>				179 210	4%	7 170
1	Sieć wtórna, ułożenie i montaż 35630 m, 2×100 mm ² , po	—	5,50	195 965		—	—
	Do przeniesienia	—	5,50	195 965	2 071 358	—	104 260

№ pozycji	P R Z E D M I O T	Metrów lub sztuk	Cena jednostkowa	Wydatek czasoko- wy na każdy pa- ragraf oddzielnie	Wydatek z biorowy na każdy rozdział oddzielnie	Potrąca się	
						w sto- sunku	ruble
	Z przeniesienia . . .	—	Ruble 5,50	Ruble 195 965	Ruble 2 071 358	—	104 260
2	Części połączeniowe: spojenia T, 2×35	—	—	70			
	zamknięcia końcowe i połączenia w szy- bach dla transformatorów 2×100 mm ² , 367 sztuk, po	—	60	22 020			
3	Przewód kontrolujący z ilości drutów 1—4 z połączeniami	7 200	—	4 900			
	<i>V. Transformatory.</i>				222 955	4%	8 920
1	Szyby dla transformatorów z pokryciem, wentylacją, płytami szklanymi, strzemionami do wejścia, drzwiami i t. d., 134 szt., po	—	500	67 000		2%	1 340
2	Pierwotne i wtórne sztaby zbior- nikowe i izolatory, łącznie z prze- wodami i połączeniami pojedynczych części transformatorów, szt. 134, po	—	160	21 440		4%	860
3	Transformatory w skrzyniach napęcznionych oliwą, łącznie z montażem i oliwą: po 15 kilowat. 22 sztuki " 25 " 73 " " " 35 " 39 " "	— — —	650 900 1 200	14 300 65 700 46 800		5% 5% 5%	715 3285 2340
	C) Kierownictwo ludowy i wydatki nie- dające się przewidzieć, około 10% . . .	—	—	—	215 240 240 447	—	—
	Razem . . .	—	—	—	2 750 000	—	121 720
	Zestawienie.						
	<i>A) Stacja centralna.</i>						
	I. Nabycie gruntu	—	—	—	45 000	—	—
	II. Zabudowania:						
	a) budynki	—	—	460 000			
	b) urządzenia budowlane	—	—	50 000	510 000	—	10 200
	III. Urządzenia maszynowe i elek- tryczne	—	—	—	1 050 000	—	78 270
	<i>B) Sieć przewodników.</i>						
	I. Roboty uliczne	—	—	143 410		—	—
	II. Przewody zasilające	—	—	143 738		—	—
	III. Sieć pierwotna	—	—	179 210		—	—
	IV. Sieć wtórna	—	—	222 955		—	—
	V. Transformatory	—	—	215 240	904 553	—	33 250
	C) Kierownictwo budowy i nieprzewidziany (dodatek około 10 procent.) . . .	—	—	—	240 447	—	—
	Całkowity kapitał nakładowy . . .	—	—	—	2 750 000	—	—
	Amortyzacja	—	—	—		—	121 720
	Procenta 5 od sta od sumy 2 750 000 rs.	—	—	—		—	137 500
	W ogóle procenty i amortyzacja . . .	—	—	—		—	259 220

Budżet wydatków rocznych podczas pierwszego okresu budowy.

N. pozycji	P R Z E D M I O T	Cena jednostkowa	Wydatek czasiko- wy na każdy pe- riod oddzielnie	Wydatek zbiorowy na każdy rozdział oddzielnie
1	Procenta	—	—	137 500
2	Amortyzacja łącznie z utrzymaniem	—	—	121 720
3	Zarząd	—	—	20 000
4	Lista płacy: a) Służby stałej.			
	Stacja centralna: 1 starszy maszynista (dzienny)	—	1 500	
	1 pomocn. starsz. maszyn. (noc.)	—	1 200	
	2 maszynistów, po	900	1 800	
	3 stróży, po	540	1 620	
	4 palaczy (2 dzien., 2 nocn), po .	480	1 920	
	1 pomocnik palacza	—	360	
	2 monterów, po	1 140	2 280	
	1 pomocnik montera	—	960	
	2 stróży, po	300	600	12 240
	b) służba dodatkowa			
	1 maszynista (6 miesięcy)	—	480	
	1 stróż "	—	300	
	1 palacz "	—	270	
	1 monter "	—	540	1 590
	Sieć przewodników: 1 starszy monter	—	1 200	
	2 monterów, po	960	1 920	
	2 pomocników, po	720	1 440	
	4 robotników, po	300	1 200	
	1 stróż	—	300	6 060
5	Materyał opałow. 6 500 ton węgla na 5 970 000 koniogodzin, po	8,50	—	55 250
6	Smary i materiały do czyszczenia, dla 8760 + 960 go- dzin=9720 godzin biegu maszyny, 1000 kilowat., po .	0,60	—	5 832
7	Różne materiały: woda, rozdzielacz oliwy, reparacje i nieprzewidziane wydatki około 10% od pozycji 3 do 6	—	—	9 808
	W ogóle wydatków rocznych	—	—	<u>370 000</u>

Aneks 16^b.

Kosztyors drugiego okresu budowy.

Koszty dodatkowe dla 4-ej maszyny o sprawności maksymalnej 1000 kilowat. i przynależnych urządzeń kotłowych.

№ pozycji	P R Z E D M I O T	Cena jednostki	Wydatek szacunkowy na każdy paragraf oddzielnie	Wydatek zbiorowy na każdy rozdział oddzielnie	Potrąca się	
					w sto-sunku	ruble
		Ruble	Ruble	Ruble		
	A) Stacja centralna.					
	<i>I. Zakup gruntu.</i>					
	(Niepotrzebny)					
	<i>II. Urządzenia budowlane.</i>					
	a) B u d y n k i.					
10	Obmurowanie dwóch kotłów wodnorurkowych. Różne urządzenia budowlane	—	3 500 2 500	6 000	2%	120
	<i>III. Urządzenia maszynowe i elektryczne.</i>					
1	Jedna maszyna parowa o sile 1200 do 1500 koni par. przy 75 obrotach na minutę łącznie z kołami rozpędowymi, kondensatorem i t. d.	—	140 000		8%	11 200
2	Jedna maszyna prądu zmiennego o sprawności 1000 kilowat., prąd jednofazowy z maszyną pobudzającą, kompletna	—	60 000		8%	4 800
4	Dwa kotły wodnorurkowe, o ciśnieniu 12 atm, powierzchni ogrzewalnej 250 do 260 m ² , z przegrzewaczem	20 000	40 000		8%	3 200
6	Doprowadzenie i odprowadzenie wody kondensacyjnej wewnątrz budynku maszyn . .	—	3 000		4%	120
7	Przewody rurowe i urządzenia zasilające . .	—	14 000		5%	700
10	Połączenia z tablicą rozdzielczą i aparaty .	—	2 000	259 000	5%	100
	B) Sieć przewodników.					
	(Niepotrzebna)					
	Do przeniesienia . .	20 000	—	265 000	—	20 240

№ pozycji	P R Z E D M I O T	Cena jednostki	Wydatek czasiko-	Wydatek zbiorowy	Potrąca się	
		Ruble	wy na każdy pa- ragraf oddzielnie	na każdy rozdział oddzielnie	w sto- sunku	ruble
	Z przeniesienia . . .	20 000	—	265 000	—	20 240
	C) Kierownictwo budowy i nieprzewidziane.					
	Dodatek na kierownictwo budowy oraz wydatki nie dające się przewidzieć, około 10%.	—	—	25 000	—	—
	Dodatkowy kapitał nakładowy	—	—	290 000	—	20 240
	Suma do odpisania	—	—			20 240
	Procenta 5% od 290 000 rub.	—	—			14 500
	W ogóle procentów i amortyzacji	—	—			34 740

Kosztyorys budżetu rocznego dla drugiego okresu budowy.

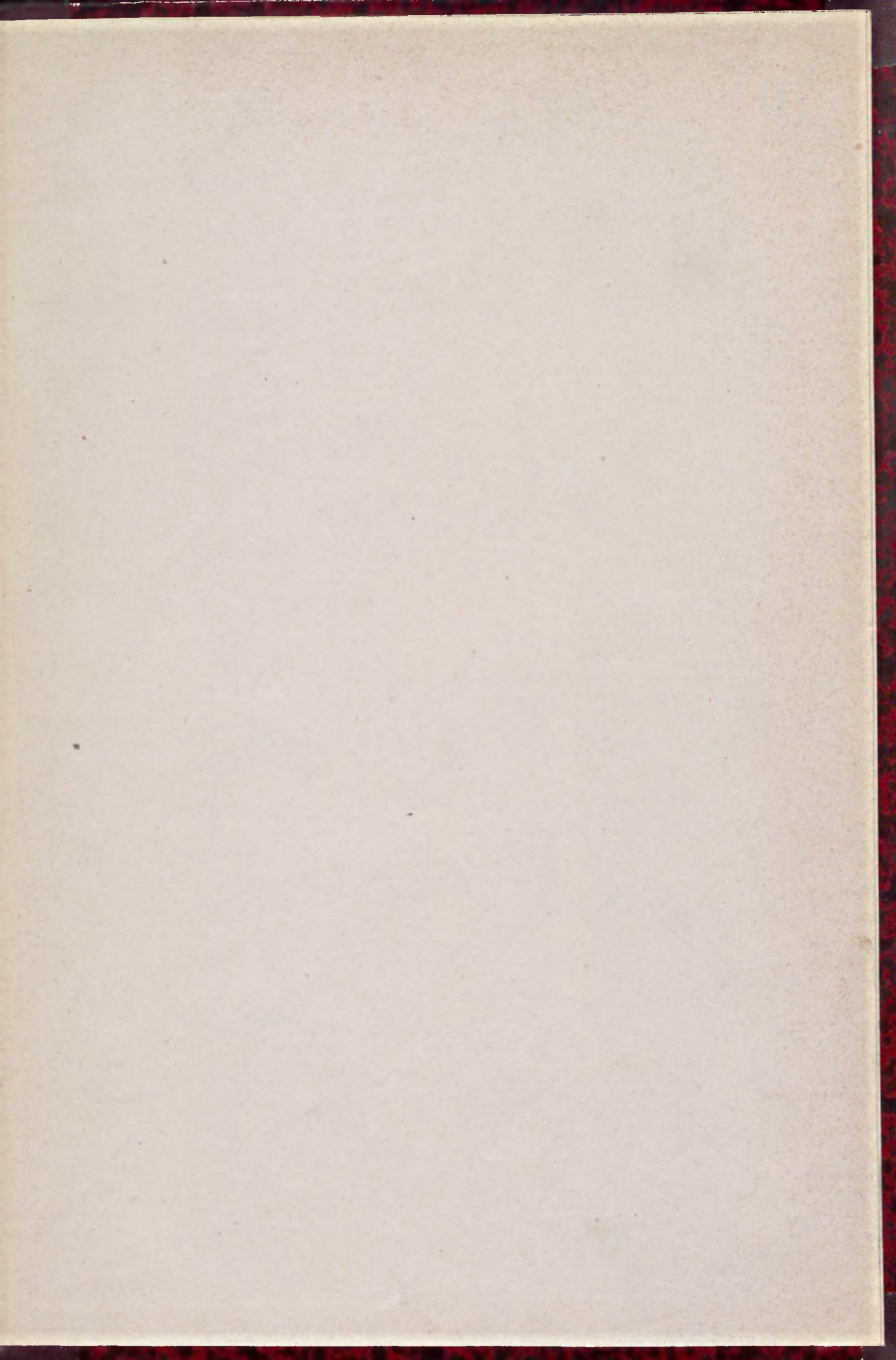
№ pozycji	P R Z E D M I O T	Cena jednostkowa	Wydatek czasiko-	Wydatek zbiorowy
		Ruble	wy na każdy pa- ragraf oddzielnie	na każdy rozdział oddzielnie
1	Procenta dla pierwszego okresu	—	137 500	
	„ „ „ drugiego „ „ „ „	—	14 500	152 000
2	Amortyzacja i konserwacja: dla pierwszego okresu	—	121 720	
	„ „ „ drugiego „ „ „ „	—	20 240	141 960
3	Zarząd	—	—	25 000
4	Lista płacy: a. Służby stałej.			
	Stacya centralna: 1 starszy maszynista	—	1 500	
	2 maszynista zastępca jego	—	1 200	
	3 maszynistów po	900	2 700	
	4 stróży po	540	2 160	
	6 palaczy po	480	2 880	
	1 palacz pomocnik	—	360	
	2 monterów po	1140	2 280	
	1 monter pomocnik	—	960	
	2 stróży po	300	600	14 640
	b. służby dodatkowej			
	2 maszynistów (6 miesięcy) po	480	960	
	1 stróż „ „ „ „	—	300	
	2 palaczy po	270	540	
	1 monter	—	540	2 340
	Sieć przewodników:			
	1 starszy monter	—	1 200	
	2 monterów po	960	1 920	—
	Do przeniesienia	—	3 120	335 940

№ pozycji	PRZEDMIOT	Cena	Wydatek cząstkowy na każdy paragraf oddziału	Wydatek zbiorowy na każdy rozdział oddziału
		jednostkowa	rubie	rubie
	Z przeniesienia . . .	—	3 120	335 940
	2 pomocników po	720	1 440	
	4 robotników po	300	1 200	
	1 stróż	—	300	6 060
5	Materyał opałowy 9 000 tonn węgla dla 8 360 000 koniogodzin po	8,50		76 500
6	Smary i materyały do czyszczenia dla 8 760 + 1 440 + 960 = 11 160 godzin biegu, maszyny 1 000 kilowat., po	0,60		6 696
7	Rozchód na rozmaite materyały, oddzielacz tłuszczów, reparacje i nieprzewidziane wydatki około 10% pozycji 3 — 6			14 804
	W ogóle wydatków rocznych			440 000

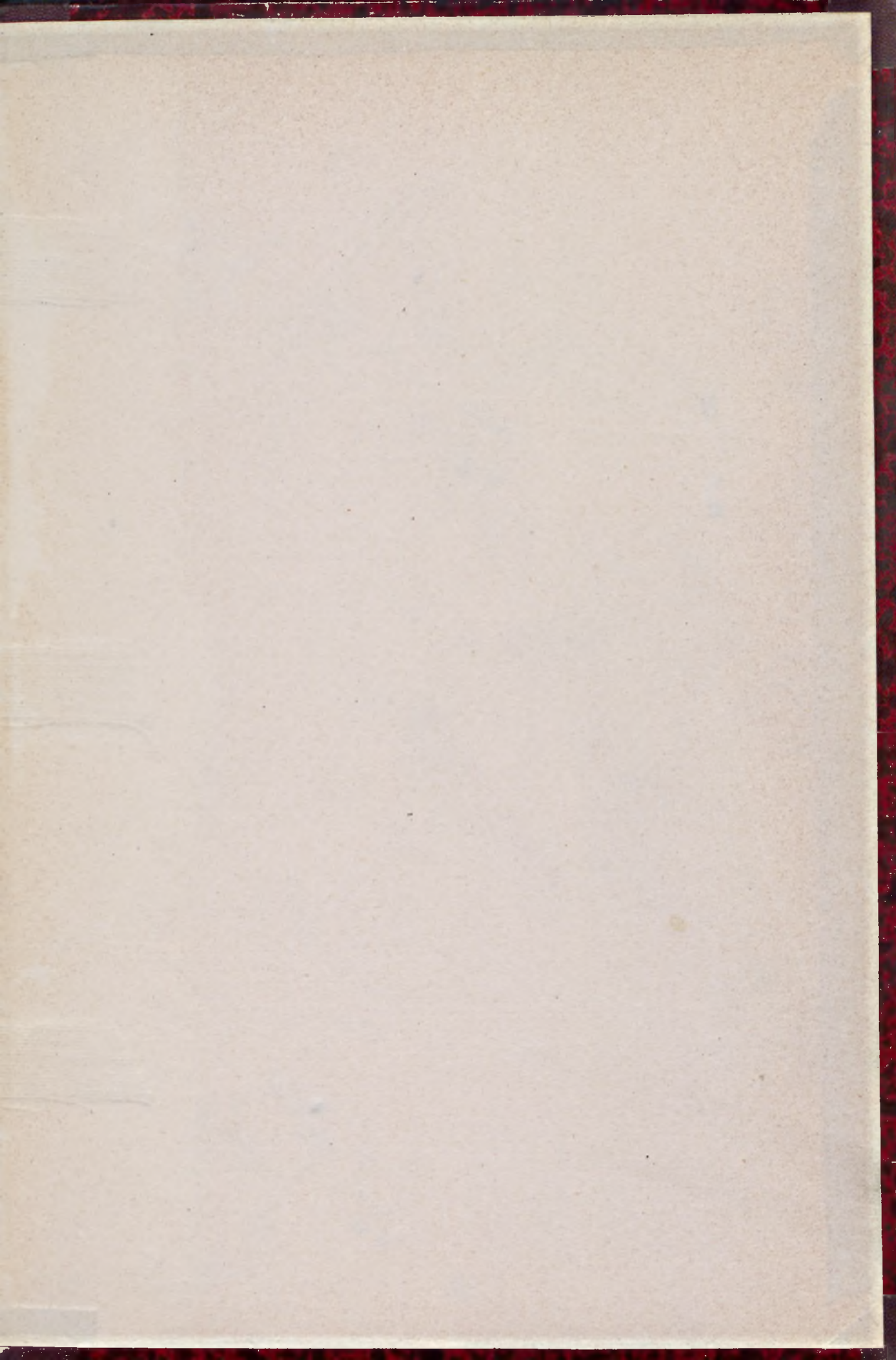
Aneks 16^c.

Obliczenie rentowności eksploatacji w pierwszym i drugim okresie budowy.

I okres	{	a) 1000 kilowat. odpowiadających	18000 — 19000	} Równocześnie palącym się lampom o sile 16 świec normalnych.
		b) 1500 " "	27000 — 28000	
		c) 2000 " "	36000 — 38000	
II okres	{	d) 2500 " "	45000 — 47000	
		e) 3000 " "	54000 — 56000	



20



2777