

ELEKTROTECHNIKA.

Organizacja pracowni elektrotechnicznej w średniej szkole technicznej.

Podał M. Pożaryski, inż.

W obecnym stanie techniki, szczególnie w dziale przemysłu mechanicznego, urządzenia elektryczne są stosowane wszędzie. Zasilane są one prądem z własnej dynamomaszyny lub też z centralnej elektrowni. Chyba tylko bardzo małe warsztaty, położone zdala od elektrowni, obywają się jeszcze bez napędu i światła elektrycznego.

Oświetlenie i napęd zazwyczaj odgrywają rolę równorzędną; zwykle gdy mamy jedno zastosowanie prądu elektrycznego, mamy i drugie.

Wobec takiego stanu rzeczy, szkoła techniczna ma obowiązek dać słuchaczom możliwość zdobycia zasadniczych wiadomości w tym przedmiocie i pewnego opanowania się z urządzeniami elektrycznymi.

Należy pamiętać, że napęd elektryczny jest tak różny od mechanicznego, że jest oparty na zupełnie innych własnościach ciała przyrody, że dla dokładnego zapoznania się z nim jest rzeczą konieczną poświęcić mu co najmniej tyleż czasu ile się udziela napędowi mechanicznemu; tem bardziej, że jednocześnie z nim omawiane są różne inne zastosowania elektryczności.

Wykład o pędach mechanicznych poprzedzamy mechaniką teoretyczną i nauką o wytrzymałości materiałów; podobnie i przed właściwą elektrotechniką należy wyłożyć ogólną teorię elektryczności, magnetyzmu i elektromagnetyzmu, a poza tem specjalny teoretyczny wstęp do elektrotechniki, przedstawiający poszczególne działy teorii, ujęte z punktu widzenia zastosowania technicznego.

Wykład ogólnej teorii może stanowić część fizyki i może być powierzony nauczycielowi, wykładającemu fizykę, natomiast część specjalną powinien koniecznie wykladać inżynier elektrotechnik.

Najsumienniejszy jednak wykład elektrotechniki, poprzedzony odpowiednim wstępem teoretycznym, lub też nauka z książki nie może dać zupełnie zadowalających wyników w żadnym dziale nauk technicznych, a w elektrotechnice w szczególności.

Elektrotechnika jest jednym z najnowszych działów techniki; stosuje ona siły i przejawy przyrody, mniej powszednie od innych. Słowa więc, określające rozmaite pojęcia w nauce tego przedmiotu, są dla słuchacza, nie znającego bliżej zjawisk, dźwiękami bez treści, które nie wywołują w jego umyśle żadnych zbliżonych do rzeczywistości wyobrażeń.

Wprawdzie są tu trochę pomocne pokazy na wykładach, całkowicie jednak nie mogą one osiągnąć celu, bo są zbyt pobieżne, krótkotrwałe i źle widzialne dla słuchacza, który z odległości kilku metrów widzi, albo nieraz i nie widzi co się dzieje na stole wykładowym.

Nigdy słuchacz nie spostrzeże wyraźnie czynników wywołujących zjawiska.

Słowem, pokazy na wykładach są wprawdzie potrzebne do ożywienia wykładu, skupienia uwagi słuchacza i uwydatnienia szczególnie charakterystycznych zjawisk, ale nie są one w żadnym razie wystarczające. Prawdziwe poznanie przedmiotu elektrotechniki może dać tylko pracownia elektrotechniczna.

Określmy przedewszystkiem cel, jaki zamierzamy osiągnąć przez zajęcia słuchaczy w pracowni.

Na stopniu początkowym nauczania, a więc we wstępie do elektrotechniki, rola pracowni polega na umożliwieniu słuchaczom samodzielnego przekonania się o ważniejszych własnościach prądu elektrycznego i na zdobyciu pewnego zasobu wiadomości praktycznych, składających się przeważnie z szeregu drobiazgów, o których na wykładzie zwykle się nie mówi. Poza tem w pracowni pozna słuchacz budowę wielu rozmaitych przyrządów, o których mówić na wykładzie niema, albo szkoda czasu.

Gdy słuchacze przerobią pewną liczbę zadań, to bez wątpienia łatwiej jest porozumieć się z nimi na wykładzie i wy-

kład sam może być podniesiony na poziom wyższy, obejmujący szerszy zakres wiedzy.

Dalej, gdy przechodzimy już do właściwej techniki elektrycznej, rola pracowni się zmienia. Wprawdzie i tutaj spełnia ona poprzednie zadanie, ale ważniejsze są sprawy jeszcze inne: osiągnięcie pewnej wprawy w przeprowadzaniu najważniejszych pomiarów i zapoznanie się z obsługą, działaniem i budową maszyn.

Przekonał się, że chociaż zjawiska elektryczne są najmniej uchwytne dla zmysłów ludzkich i najpóźniej znalazły zastosowanie w technice, to jednak najłatwiej jest miarą śledzić ich przebieg. Z tego to względu w urządzeniach elektrotechnicznych są tak rozpowszechnione przyrządy miernicze i tak często z nich korzystamy.

Technik musi koniecznie umieć posługiwać się najważniejszymi przyrządami mierniczymi.

Własności maszyn elektrycznych można należycie odczuć i wiedzę o nich przyswoić tylko drogą osobistego doświadczenia.

Poznać obsługę można tylko mając do czynienia z maszynami.

Można byłoby wprawdzie spróbować postawić pracowni jeszcze inne zadania, a mianowicie zapoznanie słuchaczy praktyczne z wykonywaniem robót instalacyjnych i reparacją maszyn, lecz sądzę, że organizacja prawidłowa zajęć tego rodzaju jest trudna, cel może być osiągnięty tylko przy dużym nakładzie czasu ze strony słuchacza i przy wielkich wydatkach ze strony administracji.

Wobec tego wypada uzupełniać braki tego rodzaju praktyką wakacyjną. W czasie takiej praktyki odpowiednio wybranej i pokierowanej, słuchacz łatwiej i z lepszym skutkiem przeprowadzi zajęcia instalacyjne i warsztatowe.

Wracając do zajęć w pracowni elektrotechnicznej szkolnej, zaczniemy od szczegółów, dotyczących części pierwszej. Zadania w tej części są przeważnie pomiarowe, wybór zadań jest dość urozmaicony, ten, który przytoczę, jest wynikiem wieloletniej praktyki i został w szkole średniej mechaniczno-technicznej H. Wawelberga i S. Rotwanda ustalony po wielokrotnych zmianach i udoskonaleniach.

Pierwszą część zajęć w pracowni stanowią zadania następujące:

1) Wyznaczenie kierunku linii sił magnetycznych za pomocą opilek i znaku biegunów magnesu za pomocą igły magnesowej, a także, niezależnie od powyższego, wyznaczenie osi magnetycznej w okrągłym magnesie.

2) Mierzenie oporu grupy lampek żarowych za pomocą amperomierza i woltomierza przy rozmaitej liczbie lampek w grupie i różnej sile prądu.

Wynik pomiarów przedstawia się w postaci dwóch linii krzywych, wyrażających zależność oporu od liczby lampek i siły prądu.

3) Sprawdzanie pierwszego prawa Kirchhoffa. Zadanie to jest urządzone w następujący sposób. Na drewnianych tablicach rozciągnięte są druty, tworzące szereg gałęzi połączonych w jednolitą sieć. W taką sieć puszcza się prąd i za pomocą woltomierza o dużym oporze mierzy się w rozmaitych miejscach spadek potencjału. Opór jednostki długości drutów jest dany, więc według wskazówek woltomierza łatwo jest obliczyć siłę prądu i znaleźć jego kierunek.

Wynikiem zadania jest procentowo wyrażona niezgodność spostrzeżeń z prawem Kirchhoffa.

4) Wyznaczenie oporu właściwego różnych metali przez obliczenie oporu na podstawie wskazań amperomierza i woltomierza.

5) Wyznaczenie stałej busoli stycznych za pomocą woltametriu miedzianego.

6) Wyznaczenie zmiany potencjału w jednym obwodzie

Serya IV-ta.

1) Wzorcowanie technicznych amperomierzy i woltomierzy zapomocą przyrządów dokładnych.

2) Wzorcowanie watomierza.

3) Wzorcowanie licznika kilowatogodzin Thomsona.

4) Badanie akumulatorów.

5) Badanie regulatorów lamp łukowych prądu zmiennego i stałego.

6) Badanie spadku napięcia w linii obciążonej lampami żarowymi.

7) Badanie układu lamp żarowych, przyłączonych do sieci trójfazowej.

Badanie to zawiera wykonanie odpowiednich połączeń i mierzenie prądów i napięć przy połączeniach w trójkąt i w gwiazdę, gdy mamy różne obciążenie faz. Poza tem przeprowadza się sprawdzanie otrzymanych wyników przez obliczenie wykresne jednych wielkości według drugich.

Dla ułatwienia wykonywania tych zadań, wydane są krótkie objaśnienia, zawierające opis budowy przyrządów i układy połączeń.

Podane tu dwadzieścia pięć zadań wykonywane są w ciągu roku.

Dla zmniejszenia kosztów nabycia przyrządów mierniczych jednocześnie są czynne tylko zadania jednej seryi, więc te same przyrządy można stosować przy rozmaitych zadaniach. Zarazem jest możność przeprowadzenia chociaż niewielkiego stopniowania w wykonaniu zadań.

Podany wyżej rozdział na cztery serye przystosowany jest do rozkładu semestralnego zajęć w szkole. Jedni słuchacze przerabiają zadania w kolejce: serya I, II, III, IV, a inni serya III, IV, I, II, zależnie od tego, kiedy wchodzi na odpowiedni kurs, w jesieni czy na Nowy Rok. Wykłady elektrotechniki wypadają równolegle z powyższymi zadaniami, wstęp zaś teoretyczny poprzedza te zadania.

Zadania każdej części słuchacze przerabiają w pewnej kolejności, z góry oznaczonej, w ten sposób, aby każda grupa słuchaczy zawsze miała odpowiednie zadanie. A więc np. gdy jest 6 zadań i 6 grup słuchaczy, to za pierwszym razem pierwsza grupa robi pierwsze zadanie, 2-ga—drugie i t. d., a w następnym dniu pierwsza grupa robi 2-gie zadanie, 2-ga grupa 3-ie zadanie i t. d.

W jednej grupie pracuje od 2 do 3 słuchaczy. Przy wykonywaniu powyższych pomiarów główna uwaga jest zwrócona na zrozumienie zadania, celu czynności wykonywanych przy robocie i zaznajomienie się z budową przyrządów i maszyn. W niektórych tylko zadaniach oblicza się stopień dokładności wyników na zasadzie możliwych błędów przy odczytywaniu przyrządów.

Z wykonanych zadań słuchacze opracowują sprawozdania, zawierające obliczenia i wykresy. Wymagane jest oddawanie sprawozdań po upływie tygodnia od daty wykonania zadania.

Zasadnicze dane, dotyczące urządzenia pracowni w szkole średniej mechaniczno-technicznej H. Wawelberga i S. Rotwanda, są następujące:

Pracownia rozporządza prądem miejskim trójfazowym 120 wolt do 30 amp. i prądem stałym z własnej baterii akumulatorów 110 wolt do 30 amp. Do ładowania baterii służy przetwornica z prądu trójfazowego na stały, moc dynamomaszyny prądu stałego wynosi 2 kw, motor jest silniejszy, ponieważ porusza jednocześnie warsztaty mechaniczne szkoły. Poza tem mamy jeszcze przetwornicę z prądu stałego na prąd trójfazowy o mocy 1,8 kw prądu trójfazowego, prądnicę bocznikową, obracaną silnikiem jednokonnym prądu stałego.

Jest jeszcze silnik bocznikowy na $\frac{3}{4}$ konia, silnik szeregowy na $\frac{3}{4}$ konia, silnik trójfazowy krótkospięty na $\frac{1}{2}$ konia i silnik trójfazowy z pierścieniami na 2 konie, a także trzy transformatory z przekładnią ze 120 wolt na 500 wolt i kilka lamp łukowych, poza tem jedenaście amperomierzy i woltomierzy precyzyjnych, z których cztery ze skalą lusterkową, dokładny amperomierz typu elektrodynamicznego do 5 i 10 amp., watomierz precyzyjny do 5 i 10 amp. z opornikiem do 300 wolt, woltomierz precyzyjny na prąd zmienny do 60 i 120 wolt, watomierz dla prądu trójfazowego, prosty fazomierz według Doliwo Dobrowolskiego, wskazujący prąd jałowy i następnie kilka amperomierzy i woltomierzy technicznych, mniej dokładnych, na stały i zmienny prąd. Oprócz tego jest kilka oporników skrzynkowych, dwa mostki Wheatstona, trzy galvanometry i fotometr Bunzena z ławą umieszczoną w odpowiednio zaciemnionym i pomalowanym na czarno pokoju.

Lokal zajmowany przez pracownię jest niewielki i składa się z dwóch pokoi po 38 m², dwóch pokoi po 14 m², pokoju maszynowego 50 m² i warsztatu reparacyjnego 14 m².

Na zakończenie muszę zaznaczyć, że z mego wieloletniego doświadczenia widzę, że przytoczone powyżej zajęcia praktyczne są wykonywane przez wszystkich słuchaczy dość chętnie, a jednostki szczególnie interesujące się elektrotechniką, przeprowadzają pomiary bardzo uważnie i opracowują je dokładnie i szczegółowo.

Należy więc przypuszczać, że wiedza zdobyta przy studyowaniu przedmiotu w pracowni daje znaczne korzyści w życiu praktycznym, a że jest najtrwalsza, to wiemy wszyscy z własnego doświadczenia.

Podając ten treściwy opis organizacji pracowni elektrotechnicznej, prowadzonej przeze mnie w szkole pp. H. Wawelberga i S. Rotwanda, miałem na myśli zapoznanie ogółu techników naszych ze stanem tej sprawy w powyższej szkole, w celu usłyszenia krytycznych uwag, ułatwienia pracy kolegom początkującym w pedagogice i wreszcie zwrócenie uwagi młodzieży naszej, że nie opuszczając kraju, przy sumiennej pracy w czasie studyów może osiągnąć podstawy wiedzy elektrotechnicznej.

DROBNE WIADOMOŚCI.

Sprawozdanie Tow. kolei elektr. Łódzkiej za r. 1912. W roku sprawozdawczym powiększono liczbę wagonów ze 152 na 182 i rozszerzono elektrownię przez wstawienie nowych maszyn (obecnie pracują 3 maszyny parowe leżące, sprzężone, z kondensacją, każda o mocy 450 k. m., z odpowiednimi prądnicami i 1 przetwornicą o mocy 300 kw) i nowej chłodni. W ciągu roku przebieżono 5863512 wagonokilometrów (w r. ub. 4782142), przewieziono 29340794 pasażerów (w r. ub. 27286101) i osiągnięto dochód 1454881 rb. (w r. ub. 1353683 rb.). Dochód na wagonokilometr wypadł 24,8 kop. (w r. ub. 28,3 kop.) a stosunek liczby pasażerów do liczby miejsc rozporządzalnych 77,7 (w r. ub. 86,7). Spadek wartości średnich w porównaniu z rokiem ubiegłym tłumaczy się zwiększeniem taboru. Zyski Towarzystwa pozwoliły na wypłacenie 16% dywidendy (w r. ub. 15%) i przepisanie na amortyzację przeszło 76 tysięcy rubli.

Z danych, dotyczących się eksploatacji elektrowni, przytoczymy następujące. W ciągu roku wytworzono 3929690 kw-godz. (w r. ub. 3487090), t. j. 941 wato-godzin na 1 pociągo-kilometr (w r. ub. 1001), czyli 681 wato-godzin na 1 wagonokilometr (w r. ub. 716), licząc 3 wagony przyczepne za 2 motorowe. Ogólny koszt eksploatacji elektrowni wyniósł 89037 rb. i 3102 rb., zapłacone za prąd pomocniczy z elektrowni miejskiej (w r. ub. 86846 rb.). Licząc na 1 wytworzony kw-godz., wypada całkowity koszt eksploatacji 2,27 kop. (w r. ub. 2,49), a koszt spalonego węgla—1,67 kop. (w r. ub. 1,8 kop.). Węgla spalono na 1 kw-godz. 1,76 kg (w r. ub. 1,87 kg).

Spalanie śmieci dla wytwarzania energii elektrycznej. Według prof. Deguisne, 1 kg śmieci daje od 1500 do 2500 jednostek ciepła

przy spalaniu. Ilość ciepła jest tem większa, im wyższa jest temperatura spalania. W piecach najnowszej konstrukcyi temperatura spalania przewyższa 1000° C.

Według statystyki, w miastach z 10 000 — 20 000 mieszkańców przyjąć można, iż na każdego mieszkańca na jeden dzień wypada około $\frac{1}{2}$ kg śmieci, czyli że na jednego mieszkańca wypada na rok około 9 kw-godzin energii elektrycznej, jakoby wytworzyć można było w zakładach do spalania śmieci.

Np. we Frankfurcie nad Menem, gdzie się podobny zakład znajduje, na 400 000 mieszkańców wypada około 3 000 000 kw-godzin.

Elektrownia i sieć, dostarczające prąd o 100 000 woltach napięcia z Shawinigan do Montreal. Sieć ta została wykonana dla wzmocnienia istniejącej już o 50 000 woltów napięcia. Jako maszynę napędową zastosowano turbinę wodną firmy „Morris & Co.” o 20 000 k. m. przy 225 obrotach na minutę; sprzężono ją bezpośrednio z trójfazową prądnicą dla 6600 woltów i 25 c. Transformator 14 000 kw-godz. przetwarza 6600 woltów na 100 000 woltów.

Sieć ma 136 km długości. Przewodniki aluminiowe o 160 mm² przekroju wiszą na izolatorach przymocowanych do stalowych masztów o wysokości 21 m. Nad przewodnikami po obu stronach są zawieszone druty stalowe 9 mm średnicy, ochraniające sieć od wyładowań atmosferycznych. Odległość między masztami wynosi 160 m.

Każdy jedenasty maszt jest specjalnie umocowany u podstawy. Przy przejściu przez rzekę Ottawę zastosowano specjalne maszty, między którymi odległość wynosi 390 m.