

więc

$$\lambda_{m+1} \sec \varphi_{m+1} = s_{m+1},$$

$$t_m = \frac{M_{m-1} + M_m}{2} \frac{s_m}{EZ_m}$$

$$t_{m+1} = \frac{M_m + M_{m+1}}{2} \frac{s_{m+1}}{EZ_{m+1}}$$

Jeżeli część płaszczyzny obciążeń o rzędnych  $\zeta_m$ , zależną od wpływu momentów zgięcia  $M$ , zechcemy zastąpić pewną ilością ciężarów skupionych, działających w punktach węzłowych, to na przykład, na punkt węzłowy  $m$  wypadnie ciężar skupiony

$$w_m' = \frac{t_m c_m}{\lambda_m} + \frac{t_{m+1} c_{m+1}'}{\lambda_{m+1}},$$

gdzie  $c_m$  i  $c_{m+1}'$  są to odległości punktów ciężkości trapezów  $t_m$  i  $t_{m+1}$  od punktów węzłowych  $m - 1$  i  $m + 1$ .

Lecz

$$t_m c_m = f_{m-1} \cdot \frac{\lambda_m^2}{6} + f_m \cdot \frac{2 \lambda_m^2}{6} = \frac{\lambda_m^2}{6} (f_{m-1} + 2 f_m) =$$

$$= \frac{\lambda_m^2}{6} \left( \frac{M_{m-1}}{E_m Z_m} \sec \varphi_m + \frac{2 M_m}{E_m Z_m} \sec \varphi_m \right) =$$

$$= \frac{\lambda_m^2 \sec \varphi_m}{6 E_m Z_m} (M_{m-1} + 2 M_m) = \frac{\lambda_m s_m}{6 E_m Z_m} (M_{m-1} + 2 M_m);$$

podobnie

$$t_{m+1} c_{m+1}' = \frac{\lambda_{m+1} s_{m+1}}{6 E_{m+1} Z_{m+1}} (M_{m+1} + 2 M_m).$$

Wobec tego

$$w_m' = \frac{1}{6} \left[ \frac{s_m}{E_m Z_m} (M_{m-1} + 2 M_m) + \frac{s_{m+1}}{E_{m+1} Z_{m+1}} (M_{m+1} + 2 M_m) \right] \quad (20).$$

(D. n.)

## Wiatraki i zastosowanie ich do popędu elektrycznego.

Napisał Stanisław Wysocki, inżynier.

(Ciąg dalszy do 583 str. w № 48 r. b.)

### IV.

Zastosowanie do popędu elektrycznego (trzy sposoby łączenia; system la Cour'a; huśtawka; automat; instalacja w Askor; typy urządzeń wiejskich w Danii; wspólna elektrownia; ferma z własną stacją; zastosowanie wiatraków u nas; koszta wiatraków).

Na początku niniejszego artykułu wyliczyliśmy wiele przykładów zastosowania wiatraków do popędu elektrycznego. W jaki sposób to urządzone? Kapryśna siła wiatru nie łatwo daje się przetworzyć na energię elektryczną. Elektrotechnika jednak przewycięzała już znacznie większe trudności. Między innymi, przy oświetlaniu pociągów kolejowych, gdy chodziło o poruszanie prądnic wprost z osi wagonowych, napotkano już na podobne trudności. I tu i tam mamy nierównomierne obroty tudzież przerwy w biegu. Dzięki temu niektóre urządzenia, wynalezione dla uniezależnienia prądnicy od prędkości pociągu, mogły być zastosowane do wiatraków jeżeli nie w całej rozciągłości, to przynajmniej w swej zasadzie. Różnice pomiędzy prądnicą w pociągu a prądnicą pędzoną wiatrakiem polegają przede wszystkim na tem, że pierwsza musi obracać się w obie strony, że zwykle pracuje przy normalnej prędkości pociągu i z krótkimi przerwami w czasie postoju, gdy tymczasem przy wiatraku kierunek obrotu jest stały, ale zato prędkość zmienia się w znacznie szerszych granicach, a przerwy trwać mogą nawet kilka dni z rzędu. Oprócz tego w pierwszym wypadku mamy obciążenie prawie stałe (palą się wszystkie lampki), elektrownia zaś z wiatrakiem musi być przystosowana — jak każda stacja blokowa — do częstych zmian obciążenia. To też niektóre systemy oświetlenia wagonów zupełnie nie dają się zastosować do wiatraków i odwrotnie.

Nim przystąpimy do wyliczenia kilku ważniejszych sposobów łączenia wiatraków z urządzeniem elektrycznym, musimy zaznaczyć, że w zasadzie akumulatory są zawsze niezbędne bez względu na system. Nie o wyrównywanie napięcia tu chodzi, to bowiem można osiągnąć inną drogą, — lecz głównie o możliwość zbierania i przechowywania energii.

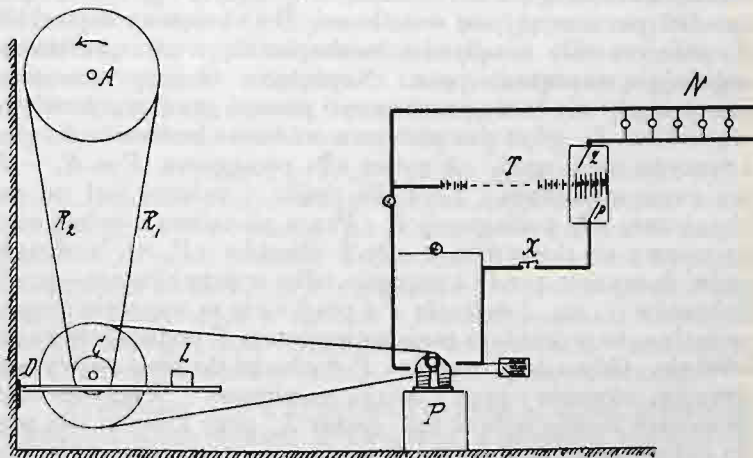
1) Podług systemu „Masc Gehr”, prądnicą ładująca akumulatory pędzona jest nie wprost przez wiatrak, lecz pośrednio. W ten sposób urządzona jest stacja centralna w Büsum i latarnia morska nad brzegami m. Północnego. Wiatrak amerykański podnosi ciężary, które wyłączają się samoczynnie na pewnej wysokości i poruszają prądnicę. Prądnicą obraca się zupełnie równomiernie, lecz z przerwami. W przerwach czynne są akumulatory. Przy latarni morskiej wyjątkowo nie zależało na stałym świetle i dlatego zupełnie obyło się bez akumulatorów. Lampa łukowa zapala się i gaśnie, przyczem długość przerw w świetle zależy od prędkości wiatru. Przy tym systemie od wiatraka wymagany jest łatwy rozruch i dlatego wiatraki wielośmigłowe mają pierwszeństwo.

2) Drugi system polega na urządzeniu przekładni pasowej względnie tarciowej pomiędzy wiatrakiem a prądnicą w ten sposób, by siła pociągowa nie przekraczała pewnej oznaczonej wielkości. Poślizg reguluje się zapomocą ciężarka,

hamulca tarciowego lub elektromagnesów. System ten, znany pod nazwą „STONE'A”, jest często używany przy oświetleniu wagonów, a przystosowany do wiatraków jako „system prof. LA COUR” również okazał się bardzo praktycznym. Poniżej opiszemy go szczegółowo, tymczasem zaznaczymy tylko, iż rozruch wiatraka jest w tym wypadku bardzo łatwy i że można stosować zarówno wiatrak czterośmigłowy, jak i amerykański.

3) Wreszcie przy trzecim systemie, napięcie prądnicy wyrównywa się wyłącznie drogą elektryczną. Można to wykonać w najrozmaitszy sposób. Jeden z nich polega na samoczynnym regulowaniu wzbudzenia prądnicy w zależności od obrotów, drugi — na redukowaniu napięcia przy pomocy maszyny dodatkowej odwrotnie połączonej, trzeci — na włączeniu maszyny dodatkowej do obwodu bocznikowego dla zmniejszania wzbudzenia, czwarty — na użyciu prądnicy odwrotnie sprzężonej (wzbudzenie bocznikowe zmniejsza pole magnetyczne), piąty — na użyciu dynamomaszyny systemu ROSENBERG'A, nadzwyczaj prostej w swej budowie<sup>1)</sup> i t. p. Sposoby te w rozmaitych odmianach zostały zastosowane do oświetlenia pociągów, a niektóre z nich przechodzą obecnie próbę przy wiatrakach. Tak np. w Husum próbowano maszynę ROSENBERG'A i zwykłą prądnicę odwrotnie sprzężoną. Druga pracowała znacznie lepiej. Ponieważ wyrównywanie napięcia drogą wyłącznie elektryczną nie może być zupełnie

System la Cour'a.



Rys. 15.

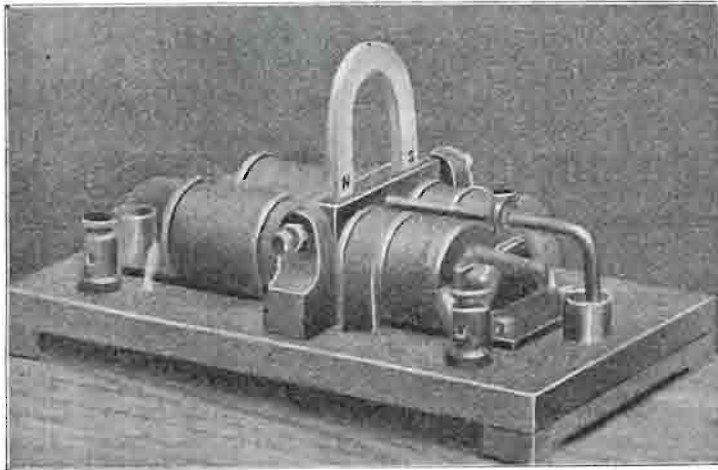
dokładne przy wielkich wahaniami prędkości obrotowej, przeto w tym wypadku można zalecić tylko wiatraki amerykańskie z regulacją obrotów.

Z trzech systemów opisanych powyżej, pierwszy zupełnie wykorzystuje siłę wiatru. Bateria akumulatorów ładuje się tem prędzej, im silniejszy wiatr wieje i to bez żadnego ogra-

<sup>1)</sup> Por. E.-T. Z. 1905 r., str. 393; 1906 r., str. 1035.

niczenia. Najśłabszy wiatr z chwilą, gdy wiatrak zaczyna się obracać, nie idzie na marne. Również i przy najsilniejszym wietrze cała praca wiatraka przetwarza się w energię elektryczną. Inaczej rzecz się ma przy dwóch ostatnich systemach. Dopóki wiatrak nie osiągnie pewnej z góry określonej prędkości w systemie LA COUR'a, część energii ztraca się przez poślizg. Tych ostatnich strat w systemie trzecim moglibyśmy nie mieć, gdyby nie ta okoliczność, że akumulatory mają przepisaną najwyższą siłę prądu, której nigdy nie wolno przekraczać. Gdy wydajność wiatraka dojdzie do tej granicy zarówno w systemie drugim jak i trzecim, część pracy musi

*Automat.*



Rys. 16.

być w ten lub inny sposób zniszczoną. Natomiast przy systemie pierwszym mamy straty, od których dwa następne systemy są zupełnie wolne. Mamy na myśli straty powstające wskutek pośrednictwa pomiędzy wiatrakiem a prądnicą.

Nie będziemy się dalej zapuszczać w teoretyczne analizowanie powyższych systemów, natomiast zatrzymamy się nieco dłużej nad jednym z nich, mianowicie nad systemem LA COUR'a, który został już należycie wypróbowany i uznany za praktyczny.

LA COUR posiłkuje się tylko dwoma bardzo prostymi urządzeniami: elektrycznym i mechanicznym. Rys. 15 pokazuje schemat połączeń. Wiatrak obraca oś  $A$ , a przy pomocy podwójnej przekładni pasowej porusza prądnicę  $P$ . Prądnica ładuje akumulatory  $T$ , które pracują na sieć  $N$ . Przyrząd elektryczny t. zw. „automat“  $x$  łączy prądnicę z akumulatorami, ilekroć napięcie pierwszej wzrasta do tego stopnia, że możliwe jest ładowanie baterii i odwrotnie rozłącza, gdy wskutek słabszego wiatru napięcie prądnicy spada. Drażek zaś  $DC$  poruszający się wokoło osi  $D$  i obciążony ciężarkiem  $L$ , stanowi całe urządzenie mechaniczne, t. zw. „huśtawkę“, regulującą naprężenie pasa. Naprężenie to przy wzmożonej pracy nigdy nie może przekroczyć pewnej granicy, określonej ciężarkiem  $L$ , gdyż pas podrywa wówczas huśtawkę do góry i zaczyna się ślizgać. A zatem siła pociągowa  $P = R_1 - R_2$  ma swoje maximum. Lecz siła prądu  $i$  zależną jest od mechanicznej siły pociągowej  $P$ . Praca albowiem z jednej strony mierzy się iloczynem z siły i obrotów ( $P \cdot n$ ), z drugiej znów iloczynem prądu i napięcia, albo w przybliżeniu—prądu i obrotów ( $i \cdot n$ ). Jeżeli siła  $P$  i prąd  $i$  nie są zupełnie proporcjonalne, to w każdym razie ze wzrostem  $P$  podnosi się  $i$  i odwrotnie. Gdy siła pociągowa  $P$  dochodzi do swej najwyższej granicy, również i prąd  $i$  osiąga maximum. Wypływa stąd, że zawsze można dobrać taki ciężar  $L$ , przy którym siła prądu ładującego nie przekroczy wielkości przepisanej pojemnością danych akumulatorów.

Rozpatrzmy działanie całego urządzenia. Przypuśćmy, że prąd wzrasta i prądnica obraca się coraz prędzej. Dopóki obroty prądnicy będą za małe, by wytworzyć napięcie wyższe od napięcia baterii, automat się nie otworzy. Gdy napięcie dojdzie do tej wysokości, automat zamyka obwód i bateria zaczyna się ładować coraz to większym prądem. Wiatr ciągle wzmaga się. Siła prądu ładującego dochodzi do swej naj-

wyższej dopuszczalnej granicy. Odtąd rozpoczyna się ślizganie pasa, przez co siła pociągowa  $P$ , ilość obrotów, napięcie i siła prądu pozostają stałe. Wiatrak może jeszcze powiększyć swe obroty; wszystko jedno, prądnica obracać się będzie ze swą prędkością stałą. Zmienia się tylko poślizg.

Gdy do ładowanych elementów dodamy jeszcze jeden lub kilka, czyli przesuniemy rączkę ładownicy  $p$  na prawo, wówczas spada na chwilę prąd  $i$  i siła pociągowa  $P$ , poślizg zmniejsza się, obroty prądnicy wzrastają i znów siła  $P$  i prąd  $i$  wracają do dawnej wysokości. Trwa to tylko część sekundy. Stan równowagi bynajmniej nie jest przez to naruszony. Tylko woltmierz wskazuje wzrost napięcia, amperomierz pozostaje bez zmiany.

Przytoczymy tu kilka przeczytów, zanotowanych na stacji elektrycznej w Askor w różnych chwilach ładowania baterii, przy zmiennym lecz dosyć silnym wietrze:

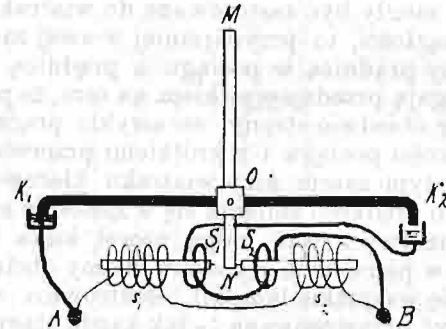
Napięcie prądnicy w woltach . . .	110	133	139	160
Siła prądu ładowania w amperach.	41	40	41	40
Ilość obrotów prądnicy na minutę .	837	950	992	1060

Za każdym przesunięciem rączki ładownicy powiększały się natychmiast obroty, co dało się nawet słyszeć w zmianie tonu. Prąd ładowania jednak pozostawał stały, pomimo nawet zmiennej siły wiatru.

A zatem, przyrząd huśtawkowy 1) samodzielnie reguluje obroty prądnicy w zależności od akumulatorów tak, że nawet regulator magnesów jest zbędny; 2) utrzymuje siłę prądu ładowania na pewnej wysokości. Nie znaczy to jednak, żeby siła prądu wcale nie zmieniała się w czasie ładowania. Tak bywa tylko w czasie silnego wiatru. W zwykłych warunkach ładowanie odbywa się przy rozmaitym prądzie tudzież z przerwami w zależności od wiatru.

Kilka uwag praktycznych. Koła pasowe powinny być żelazne, z wieńcem gładkim i zupełnie płaskim. Przepis ten stosuje się głównie do najmniejszego koła na osi  $C$ . Dla zmniejszenia tarcia pas skórzany od strony wewnętrznej smaruje się oliwą, a od spadania zabezpiecza się kilkoma widelkami.

*Schemat połączeń w automacie.*



Rys. 17.

Co się tyczy automatu, to rys. 16 przedstawia go w zdjęciu fotograficznym, zaś rys. 17 wskazuje układ połączeń. Na osce  $O$  umocowany jest pręt miedziany  $k_1 k_2$  i magnes stały  $MN$ . Końce magnesu  $N$  wiszą pomiędzy biegunami elektromagnesów  $S_1 S_2$ ; pręt zaś miedziany zanurza się swoimi końcami w naczyniach napełnionych rtęcią. Kierunek prądu jest następujący:

$$A \left\{ \begin{array}{l} k_1, \text{ pręt}, k_2 / \text{naczynie}, S_2, S_1 \\ s_1, s_2 \end{array} \right\} B.$$

Koniec pręcika  $k_1$  zawsze jest zanurzony w rtęci,  $k_2$  zaś tylko wówczas, gdy elektromagnes  $S_1$  przyciąga do siebie magnes. Gdy zmniejszy się napięcie prądnicy, prąd zmienia kierunek, magnes przechodzi do bieguna  $S_2$  i przerywa kontakt  $k_2$ . Zwoje  $s_1$  i  $s_2$ , łączące stale akumulatory z prądnicą mają tak wielki opór, że prąd przechodzący przez nie jest minimalny,

Zamiast automatu może być użyty akumulator glinowy, który, jak wiadomo, przepuszcza prąd tylko w jednym kierunku. Również i huśtawka opisana powyżej mogłaby być zastąpiona przez inne urządzenie, np. przez kłocę hamulcowe, które w miarę wzrostu prędkości ścisłałyby specjalne koło umieszczone na osi prądnicy.

(D. n.)