

# PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY

ORGAN STOWARZYSZENIA ELEKTROTECHNIKÓW POLSKICH.

WYCHODZI 1-go i 15-go KAŻDEGO MIESIĄCA.

<b>PRZEDPŁATA:</b> na kwartał IV-ty. . . . . Mk. 3000,— Cena zeszytu pojedynczego Mk. 500.— Sprzedaż numerów pojedynczych we wszystkich większych księgarniach. Nakład pierwszego kwartału jest całkowicie wyczerpany.	Biuro Redakcji i Administracji: Warszawa, Czackiego № 5 m. 24, I piętro (Gmach Stowarzyszenia Techników), telefon № 90-23. Administracja otwarta codziennie od godziny 12 do 4 pp. i od 6 do 7 wieczorem. - Redaktor przyjmuje we wtorki od godziny 7-jej do 8-jej wieczorem. - Konto № 363 Pocztovej Kasy Oszczędności.	<b>CENNIK OGŁOSZEŃ:</b> Ogłosz. jednoraz. na 1/1 str. Mk. 60000 " " na 1/2 " " 35000 " " na 1/4 " " 20000 " " na 1/8 " " 12000 Strona tytułowa (I) 50 proc. drożej, " okładki zewn. (II) 20% " wewn. (II) i (III) 20% droż. Ogłoszenia strony tytułowej przyjmowane są tylko całostronicowe. Podwyżka cennika ogłoszeń obowiązuje wszystkie już złożone ogłoszenia od dnia zmiany cen bez uprzedniego zawiadom.
--	---	--

Rok IV.

Warszawa, dnia 1 Listopada 1922 r.

Zeszyt 21.

*Z dniem 27 października r. b. przy Bibliotece Koła Warszawskiego Stowarzyszenia Elektrotechników Polskich czynna jest Czytelnia w poniedziałki, środy i piątki od godziny 7<sup>1</sup>/<sub>2</sub> do 9<sup>1</sup>/<sub>2</sub> wieczorem.*

**KOMITET BIBLIJOTECZNY.**

## Przebiegi i urządzenia przeciwprzebiegowe.

Inż. pułk. **Kazimierz Drewnowski.**

(Dokończenie).

### V. Urządzenia, zapobiegające powstawaniu przebiegów oraz łagodzące ich skutki.

Ważniejszym, aniżeli stosowanie różnych przyrządów, mających na celu usuwanie wzgl. unieszkodliwianie przebiegów, jest zastosowanie takich urządzeń, któreby z góry zapobiegały powstawaniu przebiegów, wzgl. od razu ograniczały ich wielkość. Mogą to być osobne urządzenia ochronne, albo też celowa i racjonalna budowa sieci, maszyn i w ogóle wszelkich urządzeń elektrycznych i odpowiednie układy ich połączeń.

Pogląd, że tylko dokładnie pomyślane, obliczone i wykonane urządzenie elektryczne, przy uwzględnieniu dostatecznego stopnia bezpieczeństwa wszystkich jego części, a zaopatrzone tylko w najniezbędniejsze przyrządy ochronne, da należyta pewność ruchu — przenika coraz bardziej we wszystkie sfery elektrotechników w Niemczech, Ameryce, a ostatnio we Francji, jak o tem świadczy międzynarodowa konferencja w Paryżu z końca 1921 r.

Warto przeto, aby z tą kwestją — u nas prawie nieznaną — bliżej się zapoznać.

#### A. Urządzenia ochronne, usuwające przebiegi.

1. Urządzenia osłonowe. — Polegają one na działaniu podobnym do odgromników w budynkowych. Przez zastosowanie kółców (rys. 28), kabłąków, linek lub siatek uzimionych, znajdujących się w pobliżu przewodów elektrycznych, następuje „ścią-

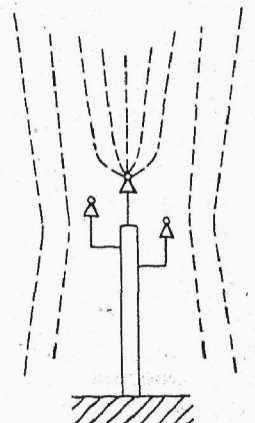
ganie” linii pola elektrycznego i osłanianie w ten sposób przewodów od wpływów zmian tego pola. Poza tem linka zwiększa pojemność linii wobec ziemi, co wpływa korzystnie na wyrównanie ładunków statycznych. Od pobliskich wyładowań piorunowych to nie chroni, bo odgałęzienia piorunu mogą trafić w każdy przewód. Poza tem potencjał przewodów i potencjał linki ochronnej są wobec ogromnej różnicy potencjałów między chmurą a ziemią prawie jedakowe. Koniecznym warunkiem dobrego działania linki osłonowej jest dobre i częste jej uzimienie. Grubość drutu (linki) nie ma wpływu na działanie; jest ona uwarunkowana względami mechanicznymi.

Według Petersena najskuteczniejsze działanie jest wtedy, gdy linka leży pionowo nad przewodem. Skuteczność działania może dojść wtedy do 40%, t. j. o tyle można zniżyć napięcie, spowodowane wpływami elektrostatycznymi.

Ze względu na znaczne koszty stosuje się zwykle jedną linkę, zawieszoną u szczytu masztów.

2. Wyłączniki ochronne z dodatkowym opornikiem. — Opornik taki, wbudowany w wyłącznik, a połączony szeregowo z jego nożami, zrobiony jest z metalu o znikomym współczynniku termicznym, doskonale izolowany i mogący wytrzymać pełne obciążenie w chwili włączania lub wyłączania. Działa on tłumiąco na fale wędrownie i drgania swobodne i ogranicza uderzenie prądu przy włączaniu transformatorów.

Wielkość opornika dodatkowego oblicza się tak, aby zniwieczył napięcie:



Rys. 28.

25% — przy włączaniu transformatorów,  
30% — " " przewodów,  
50% — " " silników asynchronicznych.

Zalecają stosowanie takich wyłączników:

— przy transformatorach — jeżeli iloczyn mocy w  $kVA$  i napięcia w  $kV$  przekracza 10000, wzgl. jeżeli  $P > 1000 kVA$ ;

— przy przewodach napowietrznych — ponad 35  $kV$ , a kablach — ponad 15  $kV$ ;

— przy przewodach, zasilających duże stacje — ponad 10  $kV$ ;

— przy silnikach asynchronicznych — jeżeli  $PV > 200$  albo  $P > 100$ .

Wyłączniki takie nie zapobiegają jednak przecięzonom i przepięciom, powstającym przy fałszywym synchronizowaniu.

3. Kable ochronne. — W rozdziale II wyłuszczone została zasada działania indukcyjności i pojemności rozłożonej na przebieg fal wędrownych. Jasne jest z tego, jak dodatni wpływ ma kabel, odpowiednio załączony np. między generator a transformator. Nowoczesne urządzenia wykazują właśnie takie połączenia, doskonale w praktyce działające. Zalecają również prowadzenie części linii daleko-nośnej kablem, zwłaszcza w miejscach wystawionych na wpływy atmosferyczne, jak np. przejście przez pasma górskie i t. p.

Kabel taki nie tylko zapobiega tworzeniu się przepięć atmosferycznych, ale stanowi także przeszkodę dla fal wędrownych, nadbiegających z jednej części przewodów napowietrznych do drugiej, zmniejszając znacznie ich amplitudę.

4. Oporniki obejściowe. — Ażeby uniknąć drgań rezonansowych lokalnych, trzeba starannie zbadać możliwość ich powstawania oraz dążyć do wytworzenia obwodu aperiodycznego. W tym celu stosuje się bezindukcyjne oporniki obejściowe, połączone równolegle do wszelkich przyrządów o skupionej indukcyjności, jak cewki i dławiki ochronne, transformatorów prądowe, cewki przekładników i t. p.

Ma to jeszcze inną stronę dodatnią, a mianowicie, pozwala na swobodne przebieganie fal wędrownych przez opornik zamiast przez cewkę indukcyjną, przez co następuje absorpcja ich energii.

Oporniki można zastąpić iskiernikiem, czule nastawionym, o ile nie jest możliwe włączenie oporu na stałe do cewki pierwotnej transformatora pomiarowego, gdyż przez to zmienić się może jego przekładnia.

5. Dławiki przeciwzwarciowe. — Dławik przeciwzwarciowy załącza się do punktu zerowego transformatora wzgl. generatora.

Musi on być tak dobrany, aby pod napięciem fazowym przepuszczał prąd, równy prądowi zwarcia sieci z ziemią. Jeżeli tak jest, to w rezultacie przez miejsce zwarcia płynie prąd watowy, odpowiadający stratom, oraz prąd zwarciovowy, spowodowany wyższymi harmonicznymi; nie wystarcza on jednak do powstrzymania łuku.

Zdolność gaszenia, jak praktyka wykazuje, występuje nawet przy różnicach  $\pm 30\%$  nastrojenia, tak, że normalnie nie trzeba stale regulować indukcyjności cewki.

Wielkość indukcyjności oblicza się z wyniku najlepszego stosunku  $L$  i  $C$ , który, jak łatwo wyprowadzić, wynosi dla układów trójfazowych  $\omega L_d =$

$= \frac{1}{3\omega C}$ , gdzie  $L_d$  jest indukcyjnością dławika, a  $C$  — pojemnością sieci względem ziemi.

Dławiki stosują się, o ile prąd zwarcia z ziemią przekracza 5  $A$ , i to w sieciach napowietrznych i kablowych (przy tych ostatnich prąd zwarcia dochodzi 40 — 100  $A$ ).

B. Racjonalna budowa urządzeń elektrycznych.

1. Zwiększenie stopnia bezpieczeństwa. — Urządzenia elektryczne budowane są dotąd jeszcze bez należytej przemyślanego i dobranego stopnia bezpieczeństwa wszystkich ich części.

Idealnym byłby stan wówczas, każda część urządzenia wykonana tak wysokim stopniem bezpieczeństwa, że wytrzymałaby wszelkiego rodzaju przecięcia. Jest to nie do przeprowadzenia, gdyż każde prawie urządzenie posiada zawsze pewne punkty słabe pod względem izolacji, nie dające się mocniej izolować.

Dalszym dążeniem jest przede wszystkim ochrona transformatorów i generatorów, co jest szczególnie ważne dla pewności ruchu. Jeżeli więc transformator będzie posiadać stopień bezpieczeństwa większy, niż jego izolatory przepustowe albo przewodowe, to raczej nastąpi przeskok iskry przez izolator, niż przebiecie izolacji transformatora. O ile więc ponadto w urządzeniu jest dławik przeciwzwarciowy, można uważać ochronę transformatora za zapewnioną.

Tymczasem jeszcze do tego ideału dosyć daleko. Nawet najnowsze normy niemieckie z r. 1922, przepisują np. następujące stopnie bezpieczeństwa dla transformatorów, izolatorów przepustowych i izolatorów przewodowych napowietrznych:

kV	Transformator	Izol. przep.	Izol. przew.
25	2.3	2.7	3.0
35	2.16	2.6	2.8
60	2.0	2.5	2.7
100	1.9	2.5	2.6

Jest to wprawdzie w stosunku do transformatorów postęp, gdyż przedtem przyjmowano stopień bezpieczeństwa 2, jako wystarczający, ale nowoczesne dążenia idą jeszcze dalej w kierunku jego zwiększenia i ujednostajnienia. Ponieważ jest to często bardzo trudno urzeczywistnić, dążymy do unikania zbyt rażących różnic w ustosunkowaniu stopnia bezpieczeństwa dla różnych części urządzenia. Niepożądane jest stosowanie zbyt słabych izolatorów, aby w ten sposób uzyskać stosunkowo większą pewność dla transformatorów, gdyż powoduje to częste przeskakiwanie iskry przez izolator; unikać jednak należy i zbyt silnych izolatorów przy małych stopniach bezpieczeństwa transformatorów, gdyż wtedy pozwolimy na wytworzenie się przepięć atmosferycznych o wysokości niebezpiecznej dla transformatora.

Z dwojga złego to drugie jest jednak lepsze.

2. Wzmocnienie izolacji transformatorów i generatorów. — To łączy się ściśle z poprzednim. Rozróżniamy dwojakiego rodzaju izolację transformatorów: zewnętrzną — uzwojenia względem żelaza i wewnętrzną — zwojów sąsiednich względem siebie.



Stopień bezpieczeństwa izolacji zewnętrznej należałoby więc podnieść, — przynajmniej do wysokości, odpowiadającej wytrzymałości na przeskok iskry izolatorów przepustowych. Prócz tego trzeba odpowiednio wzmocnić izolację wewnętrzną, ale tylko w odniesieniu do pierwszych i ostatnich zwojów. Cewki krańcowe transformatora są wystawione przede wszystkim na działanie fal uskokowych, powinny mieć zatem zwoje, izolowane względem siebie i to na pełne napięcie fazowe. Praktyka wskazuje, że fale, wpadające do transformatora, rozciągają się, tracą stromy charakter, tak że wystarczy nie więcej, niż w 10% uzwojeń dać silniejszą izolację, wytrzymałą na napięcie międzyfazowe przez 5 sek. Koszt takiego transformatora zwiększa się ok. o 15%, a generatora o 40 do 45%, co jednak opłaca się przez zwiększenie pewności ruchu i zmniejszenie uszkodzeń.

Najnowsze przepisy niemieckie (1922) przewidują już dwojakiego rodzaju próbę izolacji transformatorów i generatorów:

1. Próba izolacji całego uzwojenia względem żelaza lub drugiego, normalnie nie połączonego z nim uzwojenia; napięcie probiercze wynosi dla transformatorów ok.  $1.75 \times V + 15 \text{ kV}$ , dla generatorów około  $2 \times V + 5 \text{ kV}$ ;

2. Próba wytrzymałości na fale uskokowe, którą wykonywa się, poddając maszynę działaniu fal wędrownych.

3. Próba izolacji zwojów sąsiednich przy napięciu  $2 \times V$  dla transformatorów, a  $1.3 \times V$  dla generatorów.

Dla izolatorów przepustowych natomiast przepisują normy niemieckie  $2 \times V + 20 \text{ kV}$ , a więc wyżej, niż dla transformatorów, co według poprzedniego — nie jest wskazane.

3. Unikanie odkształcenia krzywej napięcia w sieci. — Odkształcenie krzywych napięcia może mieć swe źródło w generatorze, transformatorze lub w sieci. Przy takim odkształceniu, może zająć wypadek rezonansu ze względu na którąś z wyższych harmonicznych, podczas którego napięcie tej harmonicznej może tak podskoczyć, że stanie się niebezpiecznym dla izolacji uzwojeń.

Trzeba przeto unikać wszystkiego, co krzywą nadmiernie odkształca, względnie starać się o taką konstrukcję generatora, aby jego krzywa napięcia była prawie sinusoidalna, w każdym razie, aby wyższe harmoniczne nie przenosiły przy pewnym obciążeniu 3% głównej fali

Transformatory o dużym nasyceniu mogą również — jak o tem była mowa wyżej — wywołać, przy nagłym odłączeniu obciążenia, znaczne odkształcenie krzywej prądu, co pociąga za sobą odkształcenie krzywej napięcia generatora. Wobec tego zaleca się stosowanie mało nasyconych transformatorów w podstacjach oraz wyłączników z opornikiem dodatkowym.

4. Uziemienie punktu zerowego. — Uziemienie punktu zerowego generatorów wzgl. transformatorów ma na celu odprowadzenie ładunków statycznych do ziemi za pomocą ochronników wpływowych oraz przejście od zwarcia z ziemią do zwarcia przewodów, co jest znacznie mniej niebezpieczne. Także w razie przebicia izolacji między uzwojeniem wysokiego a niskiego napięcia, generator z uziemionym punktem zerowym jest znacznie mniej narażony na uszkodzenie, niż bez tego.

Dławik przeciwzwarciový zapobiega pewnym niemiłym skutkom uziemienia, podobnym do skutków trwałego zwarcia, gdyż usuwa odrazu możliwość jego powstania.

Uziemienie punktu zerowego transformatorów powinno się odbywać po stronie niskiego napięcia. Ze względu na występowanie trzecich harmonicznych w przewodach przy połączeniu w gwiazdę, nie można tego robić po stronie wysokiego napięcia, gdyż wtedy mogą występować zaburzenia w liniach telefonicznych, biegnących w pobliżu linii dalekonośnej. Dla uzwojenia wyższego napięcia zaleca się połączenie w gwiazdę.

5. Racjonalne założenie sieci elektrycznej. — Dążeniem obecnym przy projektowaniu sieci elektrycznych jest takie ich ukształtowanie, aby fale wędrownie, jakie mogą w nich się zjawić, mogły się spokojnie „wyszumieć“ i stopniowo zanikać, nie dochodząc do obiektów, których izolację mogłyby uszkodzić. Stąd z jednej strony przeszkadzamy im w dostaniu się do transformatorów i t. p. cewkami lub kondensatorami, a z drugiej — ułatwiamy im drogę do sieci, wprowadzając oporniki obejściowe, równoległe do wszelkiego rodzaju cewek, transformatorów pomiarowych i t. p., oraz prowadząc linie elektryczne okrężnie.

Linje, które wychodzą ze stacji centralnej lub wtórnej, najlepiej jest przyłączać wprost do szyn zbiorczych bez wstawiania po drodze przyrządów indukcyjnych, nawet cewek ochronnych, które lepiej włączać przed szynami.

Pozatem zaleca się unikać bezpieczników, a na ich miejsce stosować wyłączniki ochronne; unikać jednobiegunowego łączenia, aby nie dopuścić do powstawania obwodów oscylacyjnych; łączniki muszą działać rzeczywiście jednocześnie wszystkimi biegunami. Odłączniki jednobiegunowe są szkodliwe.

Sprawa ochrony urządzeń elektrycznych od przepięć i poglądy na istotę tych zjawisk w ostatnich paru latach doznały znacznego skryształizowania. U nas naogół jest to dziedzina prawie że nieznaną; może skutkiem mało rozwiniętej elektryfikacji kraju. Gdy jednak przy sprzyjających warunkach elektryfikacja szybko ruszy naprzód, jest rzeczą konieczną, aby te sprawy nie zastały nas nieprzygotowanymi. Jeżeli narazie nie mamy odpowiednich warsztatów pracy, gdzieby kwestje, związane z techniką wysokich napięć, można badać naukowo i przyczynić się do ich pogłębienia, to trzeba, aby przynajmniej istniało u nas zrozumienie tych kwestji o tyle, abyśmy nie stawali bezkrytycznie wobec importu zagranicznego.

## O zjawisku Johnsen'a-Rahbek'a i jego zastosowaniach technicznych.

Napisał por. Jan Machcewicz,  
z Centralnych Zakładów Wojsk Łączności.

W naukowych kołach fizycznych i elektrotechnicznych ogromne zainteresowanie wywołało zjawisko, odkryte przez inżynierów duńskich A. Johnsen'a i K. Rahbek'a, w istocie swej polegające na prawie Coulomb'a. Zjawisko to zasługuje na uwagę nie tyle może ze względu na swą treść,