Inż. Elektryk ROMAN TRECHCIŃSKI.

OBWODY NIESTACJONARNE.

Dowolną sieć, złożoną z elementów, zawierających tylko oporność, będziemy nazywali obwodem stacjonarnym.

Dowolną sieć, złożoną z elementów, zawierających tylko oporność i indukcyjność albo tylko oporność i pojemność, będziemy nazywali obwodem quasistacjonarnym.

Dowolną sieć, złożoną z elementów, zawierających oporność, indukcyjność i pojemność, będziemy nazywali obwodem niestacjonarnym.

Linja elektryczna z równomiernie rozłożonemi własnościami będzie szczególnym wypadkiem obwodów niestacjonarnych.

Obwody elektryczne, stacjonarne, quasistacjonarne i niestacjonarne, mogą być w stanie ustalonym lub nieustalonym, w zależności od dodatkowych warunków w rozpatrywanej chwili.

Dla linji nieskończenie długiej z równomiernie rozłożonemi, niezmiennemi w czasie i przestrzeni, własnościami elektrycznemi, i aparatu nadawczego o stacjonarnem napięciu o przebiegu prostokątnem, można określić fale napięć i prądów w dowolnym czasie i w dowolnym punkcie na linji zapomocą wzorów, podanych przez K. W. Wagner'a.

Oznaczymy:

C — pojemność w F na km.
G — upływność w S na km.
L — indukcyjność w H na km.
R — oporność w Ω na km.

$$\beta = \frac{R}{2} \cdot \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}}; \qquad \gamma = 0{,}5 \cdot \left(\frac{R}{L} + \frac{G}{C}\right); \qquad \delta = 0{,}5 \cdot \left(\frac{R}{L} - \frac{G}{C}\right).$$

Do momentu $t = O$ wartość napięcia na początku linji była równą zeru; w momencie $t = O$ nastąpiło raptowne podniesienie do wartości $V_0 = \text{const}$; dla $t > O$ wartość napięcia jest stałą i równą V_0.

W powyższem założeniu wartość fali prądu dla dowolnego momentu t i punktu, odległego o x km. od początku linji, może być obliczona na zasadzie wzoru:

$$i_{x,\,t} = \frac{V_0}{\sqrt{\dfrac{L}{C}}} \,.\, e^{-\gamma t} \,.\, B_0\left(j\delta \,.\, \sqrt{t^2 - x^2 L C}\right) +$$

$$+ \frac{V_0 \,.\, G}{\delta \,.\, \sqrt{L C}} \,.\, e^{-\beta x} \,.\, \sum_{m=o}^{m=\infty} \frac{(2m)!}{m!} \,.\, \left(\frac{\delta}{\gamma}\right)^{m+1} \,.\, \left(\frac{1}{2\beta x}\right)^{m} \,.\, B_m\left(\delta x \sqrt{LC}\right) \,.\, \sum_{n=o}^{n=2m} \frac{(\beta x)^n}{n!} +$$

$$+ \frac{V_0 \,.\, G}{\delta \,.\, \sqrt{L C}} \,.\, e^{-\gamma t} \,.\, \sum_{m=o}^{m=\infty} \frac{(2m)!}{m!} \,.\, \left(\frac{\delta}{\gamma}\right)^{m+1} \,.\, \left(\frac{1}{2\beta x}\right)^{m} \,.\, B_m\left(\delta x \sqrt{LC}\right) \,.\, \sum_{n=o}^{n=2m} \frac{(\gamma t)^n}{n!} \;;$$

$B_0\,(u)$ oznacza funkcję Bessel'a rodzaju pierwszego i rzędu zerowego;
$B_m\,(u)$ tą samą funkcję rodzaju pierwszego i rzędu m.

Dla linji z doskonałą izolacją, kiedy $G = O$, pozostaje tylko pierwszy wyraz wzoru; drugi i trzeci są równe zeru.

Dla linji zrównoważonej, kiedy spółczynnik deformacji w czasie $\delta = O$, pozostaje również tylko pierwszy wyraz, $B_0\,(o) = 1$, więc wzór upraszcza się i przyjmuje postać:

$$\Big[i_{x,\,t}\Big]_{\delta = o} = \frac{V_0}{\sqrt{\dfrac{L}{C}}} \,.\, e^{-\gamma t} \,.$$

Dla obliczeń technicznych wzory z funkcjami Bessel'a mogą stworzyć manipulacyjne trudności; niżej przytoczone przybliżone wzory, skombinowane na podstawie prawa przejścia, analogicznie do wzorów w obwodach quasistacjonarnych w stanie nieustalonym, pozwalają z dokładnością techniczną określić w dowolnym czasie i miejscu wartość fali napięć, fali prądów i chwilowej oporności falowej.

W wyżej wspomnianej pracy*) K. W. Wagner wykazał, że strome czoło fali, biegnąc wzdłuż linji ze stałą szybkością $v_\sim = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$ km . s^{-1} zachowuje swą względną formę, to jest raptowny podskok, z tem, że wartość tego podskoku maleje w czasie według wzoru $e^{-\gamma t}$ lub w przestrzeni według wzoru $e^{-\beta x}$; dla czoła fali oba powyższe wzory są identyczne, ponieważ czas, potrzebny dla przebiegu czoła do punktu obserwacji x równa się $x\sqrt{LC}$, skąd mamy:

$$\gamma t = 0{,}5\left(\frac{R}{L} + \frac{G}{C}\right) .\, x\sqrt{LC} = 0{,}5 \,.\, \left(R\sqrt{\frac{C}{L}} + G\sqrt{\frac{L}{C}}\right) .\, x = \beta \,.\, x \quad . \; . \; . \quad 1.$$

*) K. W. Wagner E. T. Z. 1911. S. 283.

Na podstawie powyższego dla stromego czoła fali mamy:

$$\left[v_{x,t}\right]_{t=x\sqrt{LC}} = V_0 \,.\, e^{-\gamma t} = V_0 \,.\, e^{-\beta x} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 2.$$

$$\left[i_{x,t}\right]_{t=x\sqrt{LC}} = \frac{V_0}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \,.\, e^{-\gamma t} = \frac{V_0}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \,.\, e^{-\beta x} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 3.$$

$$\left[z_{x,t}\right]_{t=x\sqrt{LC}} = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 4.$$

Wzór 4-ty wskazuje, że chwilowa wartość oporności falowej dla stromego czoła fali jest stałą.

Założymy linję zrównoważoną i zastąpimy ją obwodem stacjonarnym o tych samych wartościach oporności i upływności na km.

Momentalną pozorną oporność falową stromego czoła fali zastępujemy opornością rzeczywistą o wartości $\sqrt{\frac{L}{C}}$ i przypuścimy, że oporność ta z szybkością $\frac{1}{\sqrt{LC}}$ km s^{-1} biegnie wzdłuż zamienionej stacjonarnej linji. W tych warunkach dla czasu $t > x\sqrt{LC}$ i dowolnego punktu x momentalne wartości napięć i prądów obwodu stacjonarnego będą identyczne do wartości fal napięć i prądów linji zrównoważonej. Abstrahując fizyczną możliwość takiej zamiany, widzimy, że proces falowy można wyobrazić, jako odtworzony przez ruchomą oporność.

Jeżeli w pewnym momencie ta ruchoma oporność, którą możemy traktować jako aparat odbiorczy A_z, zatrzymała się, to wartość napięć i prądów można obliczyć według wzorów dla procesu ustalonego:

$$v_x = V_0 \,.\, e^{-x\sqrt{RG}} \;; \qquad i_x = \frac{V_0}{\sqrt{\frac{R}{G}}} \,.\, e^{-x\sqrt{RG}} \,.$$

Dla danego objektu, jak wiadomo, napięcia i prądy pierwszej bieżącej fali będą równe napięciom i prądom ustalonym.

Założymy linję z doskonałą izolacją, to jest $G = O$.

Abstrahując od zmian energji elektrostatycznej i elektromagnetycznej, zachodzących w linji podczas przebiegu fali, zamienimy strome czoło bieżącej fali aparatem odbiorczym o oporności $R_z = \sqrt{\frac{L}{C}}$; gdyby w pewnym momencie ten fikcyjny aparat A_z zatrzymał się w punkcie l, to wartości ustalonych napięć i prądów mogą być otrzymane ze wzorów:

$$v_x = V_0 - \frac{V_0}{lR + \sqrt{\frac{L}{C}}} \,.\, R \,.\, x \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 5.$$

$$i_x = \frac{V_0}{lR + \sqrt{\frac{L}{C}}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 6.$$

Czas Θ, w przeciągu którego fale elektryczne dobiegną do punktu odległego o l km od początku linji równa się:

$$\Theta = l \, . \sqrt{LC} \; ; \qquad l = \frac{\Theta}{\sqrt{LC}} \; .$$

$$v_x = V_0 \, . \left[1 - \frac{R_x}{\frac{R \, . \, \Theta}{\sqrt{LC}} + \sqrt{\frac{L}{C}}} \right] \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 7.$$

$$i_x = \frac{V_0}{\frac{R \, . \, \Theta}{\sqrt{LC}} + \sqrt{\frac{L}{C}}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 8.$$

W punkcie obserwacji, oddalonym o x km od początku linji dla interwału czasu od 0 do $t = x \sqrt{LC}$ nie mamy wcale zjawisk elektrycznych.

W momencie $t = x \, . \sqrt{LC}$ fale napięć i prądów zjawiają w postaci stromego czoła o wartości:

$$\Big[v_{x,t} \Big]_{t = x\sqrt{LC}} = V_0 \, . \, e^{-\gamma t} = V_0 \, . \, e^{-\gamma x \sqrt{LC}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; 9.$$

$$\Big[i_{x,t} \Big]_{t = x\sqrt{LC}} = \frac{V_0}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \, . \, e^{-\gamma t} = \frac{V_0}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \, . \, e^{-\gamma \, . \, x \sqrt{LC}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; 10.$$

Dla czasu $t > x \sqrt{LC}$ strome czoło fali napięć i prądów będzie się oddalało od początku linji w dalszym ciągu i w punkcie obserwacji pozostanie ogon fali.

Dla określenia chwilowych wartości za pomocą prawa przejścia przypuścimy, że realna wartość ogona fali w miejscu x równa się sumie dwóch składowych, z których pierwsza równa się wartości stromego czoła, zanikającego w dalszym ciągu według prawa $e^{-\gamma t}$; druga składowa ma wartość napięcia, względnie prądu ustalonego w danem miejscu w przypuszczeniu, że fikcyjny aparat odbiorczy znajduje się w miejscu $\frac{t}{\sqrt{LC}}$, przyczem składowa druga powstaje według prawa: $\left[1 - e^{-(\gamma t - \beta x)}\right]$.

Na zasadzie powyższego otrzymamy wzory:

$$v_{x,t} = V_0 \, . \, e^{-\gamma t} + V_0 \, . \left[1 - \frac{R \, x}{\frac{R \, t}{\sqrt{LC}} + \sqrt{\frac{L}{C}}} \right] . \left[1 - e^{-\gamma t + \beta x} \right] \quad . \; . \; . \; . \; 11.$$

$$i_{x,t} = \frac{V_0}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \cdot e^{-\gamma t} + \frac{V_0}{\frac{Rt}{\sqrt{LC}} + \sqrt{\frac{L}{C}}} \cdot \left[1 - e^{-\gamma t + \beta x}\right] \quad \ldots \ldots \quad 12.$$

$$z_{x,t} = \frac{v_{x,t}}{i_{x,t}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 13.$$

Wzory te są aktualne z warunkiem: $\gamma t > \beta x$ i pozwalają zapomocą prostych manipulacyj określić chwilowe wartości napięć prądów i oporności.

Zakładając dla liczbowego przykładu: $V_0 = 10\,V$.

$$C = 0{,}01\,\mu . F . \mathrm{km}^{-1}; \quad G = 0\,\mu . S . \mathrm{km}^{-1}; \quad L = 0{,}01 . H . \mathrm{km}^{-1}; \quad R = 10\,\Omega . \mathrm{km}^{-1};$$

mamy:

$$\beta = 0{,}005; \quad \gamma = 500; \quad \delta = 500; \quad v_{\sim} = 100000\ \mathrm{km} . s^{-1}.$$

$$\Theta = \frac{1}{\gamma} = 0{,}002\ s.$$

Dwie niżej przytoczone tablice dają chwilowe wartości bieżącej fali prądu, przyczem pierwsza jest obliczona na podstawie wzoru:

$$i_{x,t} = \frac{V_0}{\sqrt{\frac{L}{C}}} . e^{-\gamma t} . B_0 \left(j . \delta . \sqrt{t^2 - x^2 LC}\right);$$

a druga według wzoru 12.

	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0 $= \beta x$
i_0	10,00	—	—	—	—	—
i_Θ	4,66	3,68	—	—	—	—
$i_{2\Theta}$	3,08	2,58	1,35	—	—	—
$i_{3\Theta}$	2,43	2,15	1,35	0,50	—	—
$i_{4\Theta}$	2,07	1,87	1,31	0,66	0,18	—
$i_{5\Theta}$	1,84	1,69	1,25	0,76	0,34	0,07.

i_0	10,00	—	—	—	—	—
i_Θ	5,80	3,68	—	—	—	—
$i_{2\Theta}$	3,07	2,62	1,35	—	—	—
$i_{3\Theta}$	1,86	1,73	1,40	0,50	—	—
$i_{4\Theta}$	1,29	1,23	1,14	0,88	0,18	—
$i_{5\Theta}$	0,98	0,96	0,93	0,85	0,64	0,07.

Analogiczną metodą, jak i dla linji z doskonałą izolacją, możemy skombinować wzory na podstawie prawa przejścia i dla linji z upływnością.

Dla punktu obserwacji, oddalonego o x km od początku linji i w momencie t, kiedy fikcyjny aparat odbiorczy będzie odległy o l km, wartości ustalonych napięć i prądów określimy według wzorów:

$$v_x = \frac{i_l}{2} \cdot \left[(Z_s + Z) \, . \, e^{p(l-x)} + (Z_s -) \, Z \, . \, e^{-p(l-x)}\right] \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 14.$$

$$i_x = \frac{i_l}{2 \, . \, z} \cdot \left[(Z_s + Z) \, . \, e^{p(l-x)} - (Z_s - Z) \, . \, e^{-p(l-x)}\right] \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 15.$$

$$i_l = \frac{V_0}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \, . \, e^{-\gamma t} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 16.$$

$$Z_s = \sqrt{\frac{L}{C}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 17.$$

$$Z = \sqrt{\frac{R}{G}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 18.$$

$$p = \sqrt{R \, . \, G} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 19.$$

$$l = \frac{t}{\sqrt{LC}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 20.$$

Stosując prawo przejścia, otrzymujemy:

$$v_{x,t} = V_0 \, . \, e^{-\gamma t} + v_x \, . \, (1 - e^{-\gamma t + \beta x}) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 21.$$

$$i_{x,t} = \frac{V_0}{\sqrt{\frac{L}{C}}} \, . \, e^{-\gamma t} + i_x \, . \left(1 - e^{-\gamma t + \beta x}\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 22.$$

$$z_{x,t} = \frac{v_{x,t}}{i_{x,t}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 23.$$

Zakładając dla liczbowego przykładu: $V_0 = 10 \; V$.

$C = 0{,}01 \; \mu F \; \mathrm{km}^{-1}$; $G = 1 \; \mu S \; \mathrm{km}^{-1}$; $L = 0{,}01 \; H \; \mathrm{km}^{-1}$; $R = 10 \; \Omega \; \mathrm{km}^{-1}$.

mamy:

$\beta = 0{,}0055$; $\gamma = 550$; $\delta = 450$; $v_{\sim} = 100000 \; \mathrm{km} \; s^{-1}$;

$\Theta = 0{,}00182 \, s$; $Z_s = 1000 \, \Omega$; $Z = 3160 \, \Omega$; $p = 0{,}00316$.

Niżej przytoczona tablica daje chwilowe wartości prądów, napięć i oporności falowych.

	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0 $= \beta x$.
i_0	10,00	—	—	—	—	—
i_θ	6,45	3,68	—	—	—	—
$i_{2\theta}$	4,38	2,59	1,35	—	—	—
$i_{3\theta}$	3,58	2,10	1,15	0,50	—	—
$i_{4\theta}$	3,30	1,89	1,07	0,54	0,18	—
$i_{5\theta}$	3,21	1,82	1,02	0,56	0,27	0,07
v_0	10,00	—	—	—	—	—
v_θ	10,00	3,68	—	—	—	—
$v_{2\theta}$	10,00	4,90	1,35	—	—	—
$v_{3\theta}$	10,00	5,35	2,50	0,50	—	—
$v_{4\theta}$	10,00	5,51	2,91	1,30	0,18	—
$v_{5\theta}$	10,00	5,57	3,07	1,60	0,70	0,07
z_0	1000	—	—	—	—	—
z_θ	1550	1000	—	—	—	—
$z_{2\theta}$	2280	1890	1000	—	—	—
$z_{3\theta}$	2780	2530	2170	1000	—	—
$z_{4\theta}$	3030	2930	2720	2420	1000	—
$z_{5\theta}$	3100	3060	3000	2860	2600	1000

Mając napięcia i prądy dla linji nieskończenie długiej, możemy, stosując prawo lustrzanych odbić, określić napięcia dla linji o określonej długości z dowolnym aparatem odbiorczym na końcu.

Założymy stacjonarne napięcie aparatu nadawczego, jako funkcję czasu o stałych zmianach według wzoru: $v_{0,t} = K\,t$.

Traktując powyższe napięcie jako sumę nieskończenie wielkiej ilości nieskończenie małych podskoków, możemy na podstawie wyżej przytoczonych wzorów znaleźć chwilowe wartości napięć i prądów w dowolnym punkcie.

Przypuścimy linję z doskonałą izolacją: $G = O\,\mu\,S\,\mathrm{km}^{-1}$.

Dla $x = O$ wzory 11 i 12 przybierają postać:

$$v_{0,t} = K\,.\,t \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 24.$$

$$i_{0,t} = \frac{K\,.\,t}{\sqrt{\frac{L}{C}}}\,.\,e^{-\gamma t} + \frac{K\,.\,t}{\frac{R\,t}{\sqrt{LC}} + \sqrt{\frac{L}{C}}}\,(1 - e^{-\gamma t}) \quad \ldots\ldots \quad 25.$$

$$lim \left[\frac{K\,.\,t}{\frac{R\,t}{\sqrt{LC}} + \sqrt{\frac{L}{C}}}\,.\left(1 - e^{-\gamma t}\right) \right]_{t=\infty} = \frac{K\,.\sqrt{LC}}{R}\,.$$

Wartość prądu naturalnego dla procesu nieskończenie długiego:

$$\left[i_{0,t} \right]_{t=-\infty}^{t=+\infty} = \frac{K \, . \sqrt{LC}}{R} = \frac{\sqrt{LC}}{R} \cdot \frac{d v_{0,t}}{d t} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \qquad 26.$$

Prąd naturalny będzie posiadał stałą wartość dla dowolnego momentu i dowolnego punktu na linji:

$$\left[i_{x,t} \right]_{t=-\infty}^{t=+\infty} = \frac{\sqrt{LC}}{R} \cdot \frac{d v_{0,t}}{d t} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \qquad 27.$$

$$\left[v_{x,t} \right]_{t=-\infty}^{t=+\infty} = v_{0,t} - x \, . \sqrt{LC} \, . \frac{d v_{0,t}}{d t} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \qquad 28.$$

Zakładając dla liczbowego przykładu: $v_{0,t} = 5000 \, t \, V$.

$C = 0{,}01 \, \mu \, F \, \text{km}^{-1}$; $G = O \, \mu \, S \, \text{km}^{-1}$; $L = 0{,}01 \, H \, \text{km}^{-1}$; $R = 10 \, \Omega \, \text{km}^{-1}$.

mamy prąd naturalny:

$$\left[i_{x,t} \right]_{t=+\infty}^{t=+\infty} = 5 \, m \, A.$$

Stosując prawo przejścia, znajdziemy chwilową wartość prądu przejściowego między dwiema wartościami naturalnemi:

$$i_{0,t} = \frac{\sqrt{LC}}{R} \cdot \left[K_1 \, . \, e^{-\delta \, . \, (t - \Theta_1)} + K_2 \, . \left(1 - e^{-\delta t + \delta \Theta_1} \right) \right]_{t > \Theta_1} \quad . \; . \; . \; . \qquad 29.$$

Jeżeli do momentu $t = O$ napięcie aparatu nadawczego $v_{0,t} = O$ i po momencie $t = O$ równa się $v_{0,t} = K t$, to prąd początkowy może być określony według wzoru:

$$i_{0,t} = \frac{K \, . \sqrt{LC}}{R} \cdot \left(1 - e^{-\delta t} \right) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \qquad 30.$$

Dla punktu x:

$$i_{x,t} = \frac{\sqrt{LC}}{R} \cdot \left[K_1 \, . \, e^{-\delta t + \delta \Theta_1 + \beta x} + K_2 \, . \left(1 - e^{-\delta t + \delta \Theta_1 + \beta x} \right) \right] \quad . \; . \; . \; . \qquad 31.$$

Dla linji zrównoważonej wartość prądów naturalnych będzie:

$$\left[i_{0,t} \right]_{t=-\infty}^{t=+\infty} = \frac{K \, . \, t}{\sqrt{\frac{R}{G}}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \qquad 32.$$

$$\left[i_{x,t} \right]_{t=-\infty}^{t=+\infty} = \frac{K \, . \left(t - x \sqrt{LC} \right)}{\sqrt{\frac{R}{G}}} \, . \, e^{-\beta x} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \qquad 33.$$

Dla linji z dowolnym stosunkiem stałych:

$$\Big[i_{0,t} \Big]_{t=-\infty}^{t=+\infty} = \frac{K \, . \sqrt{LC}}{R} \cdot \frac{\delta}{\gamma} + \frac{K \, . \, t}{\sqrt{\frac{R}{G}}} \cdot \frac{\gamma - \delta}{\gamma} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 34.$$

$$\Big[i_{x,t} \Big]_{t=-\infty}^{t=+\infty} = \frac{K \, . \sqrt{LC}}{R} \cdot \frac{\delta}{\gamma} + \frac{K \, . \, (t - x\sqrt{LC})}{\sqrt{\frac{R}{G}}} \cdot \frac{\gamma - \delta}{\gamma} \cdot e^{-\beta x} \quad . \; . \; . \; . \quad 35.$$

Stosując prawo przejścia otrzymujemy:

$$i_{x,t} = \Big[i_{1;x;t} \Big]_{t=-\infty}^{t=+\infty} \cdot e^{-[\delta] \, . \, t} + \Big[i_{2;x;t} \Big]_{t=-\infty}^{t=+\infty} \cdot \left(1 - l^{-[\delta] \, . \, t} \right) . \quad . \; . \; . \; . \quad 36.$$

$[\delta]$ oznacza wartość bezwzględną.

Zastosowanie wyżej przytoczonych przybliżonych wzorów dla celów technicznych daje rezultaty z dokładnością, dostateczną dla obliczeń linij telegraficznych.

RÉSUMÉ.

La règle du passage aux circuits quasistationnaires peut être adaptée aussi pour les circuits non stationnaires. L'auteur se sert de cette méthode pour établir les formules permettantes de trouver les valeurs approximatives des courants télégraphiques.
