

Władysław Paszek
Zakład Maszyn Elektrycznych
Politechniki Śląskiej

Zdzisław Janson, Zygmunt Rozewicz
ZPBE "Energopomiar"

ŁUKOWE POSPIESZNE ODWZBUDZANIE TURBOGENERATORA Z LITYM WIRNIKIEM

Streszczenie. Obliczono przebiegi nieustalone przy pospiesznym łukowym odwzbudzeniu turbogeneratora z litym wirnikiem, na podstawie dwóch różnych schematów zastępczych maszyny z jednej strony zwykle stosowanego schematu klasycznego z dwoma obwodami wirnika o stałych skupionych, a z drugiej strony schematu uwzględniającego stałe rozłożone bloku litego. Porównano przebiegi obliczone i rejestrowane. Otrzymano dobrą dokładność przy wyzyskaniu zaproponowanego schematu zastępczego maszyny z rozłożonymi stałymi bloku litego wirnika.

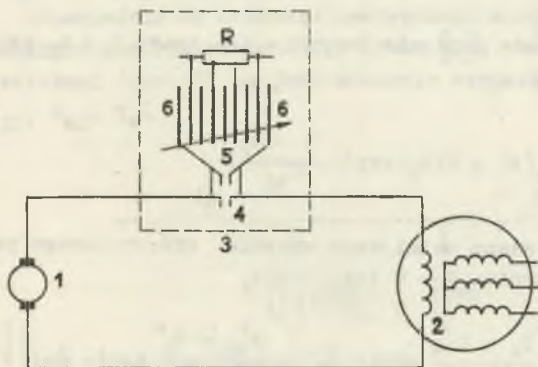
1. Wstęp

Układ łukowego pospiesznego odwzbudzenia [1] stosowany w kraju we wszystkich generatorach 200 MW oraz w wielu

mniejszej mocy przedstawiony

jest schematycznie na rys.

1. Wyłącznik odwzbudzenia 3 zostaje pobudzony z przełącznika wyjściowego zabezpieczeń lub ze sterownika. Wówczas otwierają się styki główne 4, a następnie styki łukowe 5. Powstały między nimi łuk, wskutek działania pola magnetycznego wytworzonego przez magnesy stałe zostaje wdmuchany do komory łukowej, stanowiącej szeregowo połączenie kilkudziesięciu małych komór. Gaszenie no-



Rys. 1. Schemat łukowego pospiesznego odwzbudzenia generatora synchronicznego

ła przebiega odpowiednio do napięcia łuku skierowanego przeciwnie niż napięcie na zaciskach uzwojenia wzbudzenia przed zadziałaniem AGP.

2. Analiza przebiegów pospiesznego odzwzbudzenia przy przyjęciu schematu zastępczego turbogeneratorsa uwzględniającego blok lity wirnika o stałych skupionych

Przebiegi prądów i napięć przy łukowym pospiesznym odzwzbudzeniu wyznacza się przy wykorzystaniu zasady superpozycji stanu ustalonego poprzedzającego odzwzbudzenie na stan zakłóceńowy, będący wynikiem załączenia [2] w obwód magniesnicy napięcia łuku, tj. $-U_{\lambda} \cdot f(t)$.

Przy odzwzbudzeniu łukowym należy rozróżnić dwa okresy: do chwili zgaśnięcia łuku, tj. dla $t \leq t_{\lambda}$ i po zgaśnięciu łuku, tj. dla $t > t_{\lambda}$.

Przyjęto transmitancje operatorowe i oznaczenia identyczne jak w pracy [2] odpowiednio do schematu zastępczego maszyny synchronicznej w której blok lity aproksymowano dwoma zastępczymi obwodami magniesnicy o stałych skupionych.

Przy odzwzbudzeniu łukowym ze stanu ustalonego biegu jałowego: dla $t \leq t_{\lambda}$ przy założeniu, że napięcie na łuku ma wartość stałą

$$I_w(t) = I_{wo} \left[1 - \frac{U_{\lambda}}{U_{wo}} + \frac{U_{\lambda}}{U_{wo}} \left[\frac{T'_{do} - T_{td}}{T'_{do} - T''_{do}} \exp\left(-\frac{t}{T'_{do}}\right) + \frac{T_{td} - T''_{do}}{T'_{do} - T''_{do}} \exp\left(-\frac{t}{T''_{do}}\right) \right] \right]$$

$$U(t) \approx U_q(t) =$$

$$= U_{qo} \left[1 - \frac{U_{\lambda}}{U_{wo}} + \frac{U_{\lambda}}{U_{wo}} \left[\frac{T'_{do} - T_{std}}{T'_{do} - T''_{do}} \exp\left(-\frac{t}{T'_{do}}\right) + \frac{T_{std} - T''_{do}}{T'_{do} - T''_{do}} \exp\left(-\frac{t}{T''_{do}}\right) \right] \right]$$

Jeśli wyznaczone z tego równania napięcie twornika dla czasu $t = t_{\lambda}$ oznaczyć przez $U(t_{\lambda})$, to dla $t > t_{\lambda}$

$$U(t) \approx U_q(t) = U(t_{\lambda}) \exp\left(-\frac{t - t_{\lambda}}{T_{td}}\right)$$

Przy odzwzbudzeniu łukowym ze stanu ustalonego swarcia symetrycznego przy założeniu, że rezystancja twornika $R = 0$ dla $t \leq t_{\lambda}$

$$I_w(t) = I_{wo} \left[1 - \frac{U_{\lambda}}{U_{wo}} + \frac{U_{\lambda}}{U_{wo}} \left[\frac{T'_{d} - T'_{td}}{T'_{d} - T''_{d}} \exp\left(-\frac{t}{T'_{d}}\right) + \frac{T'_{td} - T''_{d}}{T'_{d} - T''_{d}} \exp\left(-\frac{t}{T''_{d}}\right) \right] \right]$$

$$I(t) \approx I_d(t) =$$

$$= I_{do} \left[1 - \frac{U_{\lambda}}{U_{wo}} + \frac{U_{\lambda}}{U_{wo}} \left[\frac{T'_{d} - T_{std}}{T'_{d} - T''_{d}} \exp\left(-\frac{t}{T'_{d}}\right) + \frac{T_{std} - T''_{d}}{T'_{d} - T''_{d}} \exp\left(-\frac{t}{T''_{d}}\right) \right] \right]$$

Jeśli wyznaczony z tego równania prąd twornika dla czasu $t = t_2$ oznaczyć przez $I(t_2)$, to dla $t > t_2$

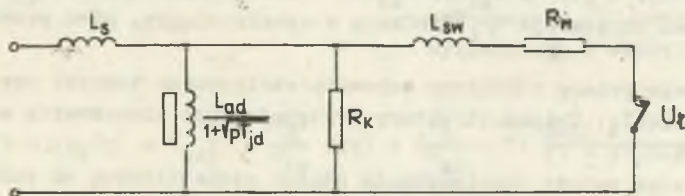
$$I(t) \approx I_d(t) = I_d(t_2) \exp\left(-\frac{t - t_2}{T_{td}}\right)$$

W okresie $t > t_2$ przebiegi prądów i napięć twornika determinuje wyłącznie obwód tłumiący.

Dla obliczenia przebiegów przy łukowym pospiesznym odzwbudzeniu niezbędne jest wyznaczenie z pomiaru próbnego stałej czasowej T_{td} . Warunki, w jakich ta stała czasowa jest wyznaczana, wpływają zasadniczo na przebiegi obliczeniowe. Wyznaczając T_{td} z przebiegów odzwbudzenia przy otwartym uzwojeniu wzbudzenia (tj. praktycznie w warunkach w jakich jest przeprowadzane odzwbudzenie) otrzymuje się dobrą zbieżność przebiegów zarejestrowanych i obliczonych. Jeśli T_{td} wyznacza się przy określonej skończonej rezystancji obwodu wzbudzenia występują znaczne rozbieżności, przy czym przebiegi zarejestrowane tym bardziej odbiegają od obliczonych, im mniejsza była wartość rezystancji obwodu wzbudzenia, przy której wyznaczono T_{td} .

3. Analiza przebiegów pospiesznego odzwbudzenia przy przyjęciu schematu zastępczego turbogeneratorsa uwzględnijącego stałe rozłożone bloku litego

Odpowiednio do schematu zastępczego maszyny synchronicznej, w której uwzględniono rozłożone stałe bloku [3], parametry turbogeneratorsa w osi wzdłużnej (rys. 2) są jednoznacznie wyznaczone przez zbiór: X_d , σ_s , σ_w , T_{jd} , T_{kd} , T_w .



Rys. 2. Schemat zastępczy w osi α maszyny synchronicznej z blokiem litym o parametrach rozłożonych przy łukowym pospiesznym odzwbudzeniu

Analizę łukowego pospiesznego odzwbudzenia ze stanu ustalonego biegu jałowego przeprowadza się w dwóch przedziałach czasowych: dla $t \leq t_2$ i $t > t_2$, w którym przebieg odzwbudzenia determinuje wyłącznie blok lity i klatka tłumiąca.

W przedziale czasu $t \leq t_x$ i przy założeniu, że napięcie na łuku jest stałe

$$I_w(p) = I_{w0} - \frac{U_x}{R_w} H(p) = I_{w0} \left[1 - \frac{U_x}{U_{w0}} H(p) \right]$$

Przebieg czasowy prądu wzbudzenia

$$I_w(t) = I_{w0} \left\{ 1 - \frac{U_x}{U_{w0}} + \frac{U_x}{U_{w0}} \left[K_{24}^{II}(w) \mathfrak{F}_1(\rho_{1do}^2 t, \theta_{1do}) - K_{34}^{II}(w) \mathfrak{F}_2(\rho_{1do}^2 t, \theta_{1do}) + K_{44}^{II}(w) \mathfrak{F}_1(\rho_{2do}^2 t, \theta_{2do}) - K_{54}^{II}(w) \mathfrak{F}_2(\rho_{2do}^2 t, \theta_{2do}) \right] \right\}$$

Tablice współczynników K^{II} podano w pracy [3].

W chwili $t = t_x$ łuk gaśnie i $I_w = 0$.

Napięcie twornika w przedziale czasowym $t \leq t_x$

$$U(p) \approx U_q(p) = U_{q0} + U_{qz}(p) = U_{q0} \left[1 - \frac{U_x}{U_{w0}} G(p) \right]$$

Przebieg czasowy napięcia twornika

$$U_q(t) = U_{q0} \left\{ 1 - \frac{U_x}{U_{w0}} + \frac{U_x}{U_{w0}} \left[K_{24}^{II}(q) \mathfrak{F}_1(\rho_{1do}^2 t, \theta_{1do}) - K_{34}^{II}(q) \mathfrak{F}_2(\rho_{1do}^2 t, \theta_{1do}) + K_{44}^{II}(q) \mathfrak{F}_1(\rho_{2do}^2 t, \theta_{2do}) - K_{54}^{II}(q) \mathfrak{F}_2(\rho_{2do}^2 t, \theta_{2do}) \right] \right\}$$

Liniozwoje $\psi_d(p) = I_{ad}(p) I_{ad}(p)$ wyznaczają napięcie $U_q(p)$. Po zgaśnięciu łuku liniozwoje ψ_d zanikają w sposób ciągły, mimo przzerwania prądu I_w .

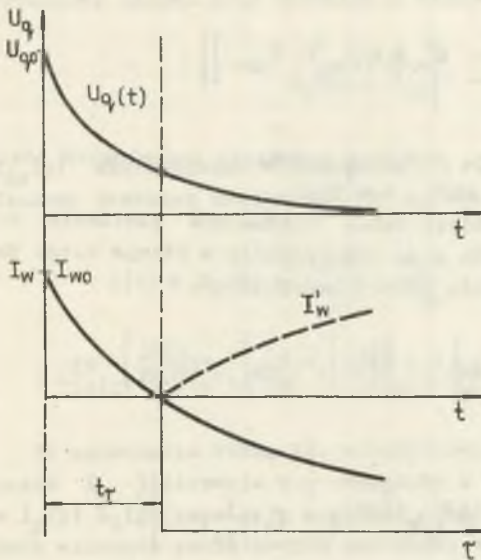
Następuje zmiana struktury schematu zastępczego wskutek przzerwania obwodu wzbudzenia. Zmiana struktury występuje przy niezerowych warunkach początkowych.

Brak dotąd metody rozwiązywania stanów nieustalonych na podstawie schematu zastępczego maszyny o rozłożonych stałych bloku litego magnesnicy przy niezerowych niestacystycznych warunkach początkowych. Dlatego posłużono się następującym rozważaniem. Symuluje się, że w obwodzie wzbudzenia prąd płynie dalej, lecz od chwili $t = t_x$ na prąd ten nakłada się umyślony prąd I'_w będący jego zwierciadlanym odbiciem (rys. 3). W konsekwencji suma prądów jest równa zero, jak to narzuca fakt zmienionej struktury schematu zastępczego. Stanu nieustalonego generowanego przez umyślony prąd I'_w

nie można przedstawić w przydatnej formie w postaci operatorowej, bowiem $I'_w(p)$ określa funkcja

$$I'_w(p) = \mathcal{L}\{I'_w(t)\} = \mathcal{L}\{I_w(t) \delta(t - t_r)\} =$$

$$= \frac{-1}{2\pi j} \int_{c-j\infty}^{c+j\infty} \frac{p}{s} I_w(s) \frac{e^{-t_r(p-s)}}{p-s} ds = - \frac{1}{2\pi j} \int_{c-j\infty}^{c+j\infty} \frac{p}{s} I_w(s) \frac{e^{-t_r(p-s)}}{p-s} ds$$



Rys. 3. Objaśnienia do wyprowadzenia przebiegu nakładanego po zaniku łuku w czasie odzwbudzenia

Trzeba więc korzystać z twierdzenia o splocie 2 funkcji w dziedzinie operatorowej. Występuje skomplikowany problem matematyczny, pogłębiający się jeszcze koniecznością znalezienia funkcji czasowej, będącej odwrotną transformata iloczynu funkcji operatorowej $I'_w(p)$ i odpowiedniej transmitancji generatora.

Omówione problemy ominięto aproksymując przebieg czasowy $I'_w(t)$ sumą krzywych wykładniczych, dla których spłot w dziedzinie operatorowej, sprowadza się do zastosowania twierdzenia o przesunięciu w rachunku operatorowym.

W rozważanym przykładzie aproksymowano fikcyjny prąd zwbudzenia I'_w krzywą jedno-wykładniczą o stałej czasowej T.

$$U_q(p) = \omega \psi_d(p) = U_{q0} \left[1 - \frac{U_r}{U_{w0}} G(p) + \left(\frac{U_r}{U_{w0}} - 1 \right) \frac{G(p) e^{-t_r p}}{(1 + pT)H(p)} \right]$$

W dodatku zamieszczono objaśnienie przejścia z formy operatorowej do postaci czasowej.

Postać czasowa napięcia twornika:

$$\begin{aligned}
 U(t) \approx U_q(t) = U_{q0} \left[\frac{U_k}{U_{w0}} \left[K_{24}^{II}(q) \gamma_1(\rho_{1d0}^2 t, \theta_{1d0}) - K_{34}^{II}(q) \gamma_2(\rho_{1d0}^2 t, \theta_{1d0}) + \right. \right. \\
 \left. \left. + K_{44}^{II}(q) \gamma_1(\rho_{2d0}^2 t, \theta_{2d0}) - K_{54}^{II}(q) \gamma_2(\rho_{2d0}^2 t, \theta_{2d0}) \right] - \right. \\
 \left. - \left(\frac{U_k}{U_{w0}} - 1 \right) \left[K_{24}^V \gamma_1(\rho_{1x0}^2 T, \theta_{1x0}) - K_{34}^V \gamma_2(\rho_{1x0}^2 T, \theta_{1x0}) + \right. \right. \\
 \left. \left. + K_{44}^V \gamma_1(\rho_{2x0}^2 T, \theta_{2x0}) - K_{54}^V \gamma_2(\rho_{2x0}^2 T, \theta_{2x0}) \right] \right],
 \end{aligned}$$

gdzie $T = t - t_x$.

ρ_{1x0} , ρ_{2x0} , θ_{1x0} , θ_{2x0} oznaczają moduły i argumenty zespolonych pierwiastków wielomianu $(1 + q^2 T)(1 + q\sqrt{T_{jd}} + q^2 T_{kd})$.

Jeśli w czasie trwania łuku zachodzi tylko nieznaczne obniżenie się napięcia twornika (zachodzić to może przy odwzбудzaniu w stanie biegu jałowego generatora), można posłużyć się relacją przybliżoną

$$U_q(p) = \omega_N Y_d^*(p) = I_{w0} X_{ad} \left[1 - \frac{G(p)}{H(p)} \right] = U_{q0} \left[1 - \frac{G(p)}{H(p)} \right]$$

Po przejściu na postać czasową

$$U_q(t) = U_{q0} \left[\gamma_1\left(\frac{t}{T_{kd}}, \alpha\right) + \sqrt{\frac{T_{jd}}{4T_{kd} - T_{jd}}} \gamma_2\left(\frac{t}{T_{kd}}, \alpha\right) \right],$$

gdzie $\alpha = \arccos \frac{1}{2} \sqrt{\frac{T_{jd}}{T_{kd}}}$.

Przy odwzбудzaniu łukowym ze stanu ustalonego zwarcia symetrycznego prąd wzбудzenia

$$I_w(p) = I_{w0} \left[1 - \frac{U_k}{U_{w0}} Y_{ww}(p) \right],$$

gdzie $Y_{ww}(p)$ podano w pracy [3] i w dodatku.

Przebieg czasowy

$$I_w(t) = I_{wo} \left\{ 1 - \frac{U_z}{U_{wo}} + \frac{U_z}{U_{wo}} \left[K_{24(w)}^{IV} \gamma_1(\rho_{1d}^2 t, \theta_{1d}) - K_{34(w)}^{IV} \gamma_2(\rho_{1d}^2 t, \theta_{1d}) + \right. \right. \\ \left. \left. + K_{44(w)}^{IV} \gamma_1(\rho_{2d}^2 t, \theta_{2d}) - K_{54(w)}^{IV} \gamma_2(\rho_{2d}^2 t, \theta_{2d}) \right] \right\}$$

Wartości współczynników K^{IV} podano w pracy [3].Dla $t = t_x$ łuk gaśnie i $I_w(t_x) = 0$.Wypadkowy osiowy prąd twornika w czasie $t \leq t_x$

$$I_d(p) = I_{do} \left[1 - \frac{U_z}{U_{wo}} Y_{dw}(p) \right]$$

 $Y_{dw}(p)$ zdefiniowano w dodatku.Czasowy przebieg prądu twornika w czasie $t \leq t_x$ przy założeniu $R \approx 0$

$$I(t) \approx I_d(t) = I_{do} \left\{ 1 - \frac{U_z}{U_{wo}} + \frac{U_z}{U_{wo}} \left[K_{24(d)}^{IV} \gamma_1(\rho_{1d}^2 t, \theta_{1d}) - \right. \right. \\ \left. \left. - K_{34(d)}^{IV} \gamma_2(\rho_{1d}^2 t, \theta_{1d}) + K_{44(d)}^{IV} \gamma_1(\rho_{2d}^2 t, \theta_{2d}) - K_{54(d)}^{IV} \gamma_2(\rho_{2d}^2 t, \theta_{2d}) \right] \right\}$$

Po zgaśnięciu łuku, tj. w przedziale czasowym $t > t_x$, mimo przerwania prądu I_w liniozwoje ψ_d związane z prądem osiowym relacją $\psi_d(p) = I_d(p) L_d(p)$ zanikają w sposób ciągły. Wobec niewystępowania statycznych warunków początkowych nie można ułożyć nowego równania $I_d(p)$ obowiązującego dla $t > t_x$. Przeprowadza się identyczne rozumowanie jak przy odzwubdzaniu z biegu jałowego, aproksymując przebieg umyślonego prądu zakłócenowego do krzywej wykładniczej o stałej czasowej T'

$$I_d(p) = I_{do} \left\{ \left[1 - \frac{U_z}{U_{wo}} \frac{G(p)}{X_d(p)} \right] + \left(\frac{U_z}{U_{wo}} - 1 \right) \frac{Y_{dw}(p) e^{-t_x p}}{(1 + pT') Y_{ww}(p)} \right\}$$

Czasowy przebieg osiowego prądu twornika dla czasów $t > t_x$

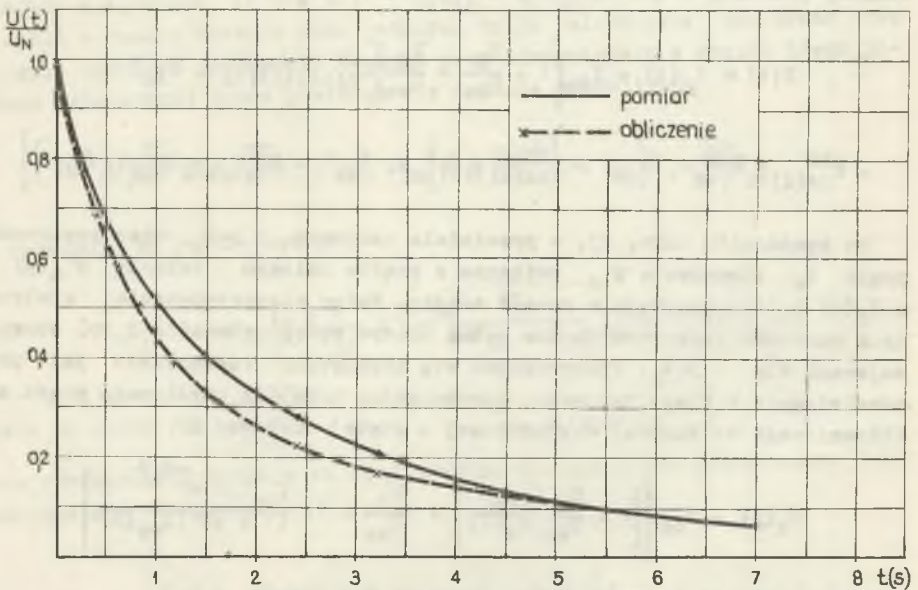
$$I_d(t) = I_{do} \left\{ \left[\frac{U_z}{U_{wo}} K_{24(d)}^{IV} \gamma_1(\rho_{1d}^2 t, \theta_{1d}) - K_{34(d)}^{IV} \gamma_2(\rho_{1d}^2 t, \theta_{1d}) + \right. \right. \\ \left. \left. + K_{44(d)}^{IV} \gamma_1(\rho_{2d}^2 t, \theta_{2d}) - K_{54(d)}^{IV} \gamma_2(\rho_{2d}^2 t, \theta_{2d}) \right] + \right.$$

$$\begin{aligned}
 & - \left(\frac{U_z}{U_{w0}} - 1 \right) \left[K_{24}^{VI} \gamma_1(\rho_{1x}^2 \tau, \theta_{1x}) - K_{34}^{VI} \gamma_2(\rho_{1x}^2 \tau, \theta_{1x}) + \right. \\
 & \left. + K_{44}^{VI} \gamma_1(\rho_{2x}^2 \tau, \theta_{2x}) - K_{54}^{VI} \gamma_2(\rho_{2x}^2 \tau, \theta_{2x}) \right]
 \end{aligned}$$

$\rho_{1x}, \rho_{2x}, \theta_{1x}, \theta_{2x}$ oznaczają moduły i argumenty zespolonych pierwiastków wielomianu $(1 + q^2 T) (1 + q \sigma_s \sqrt{T_{jd}} + q^2 \sigma_s T_{kd})$.

4. Porównanie wyników pomiarów i obliczeń

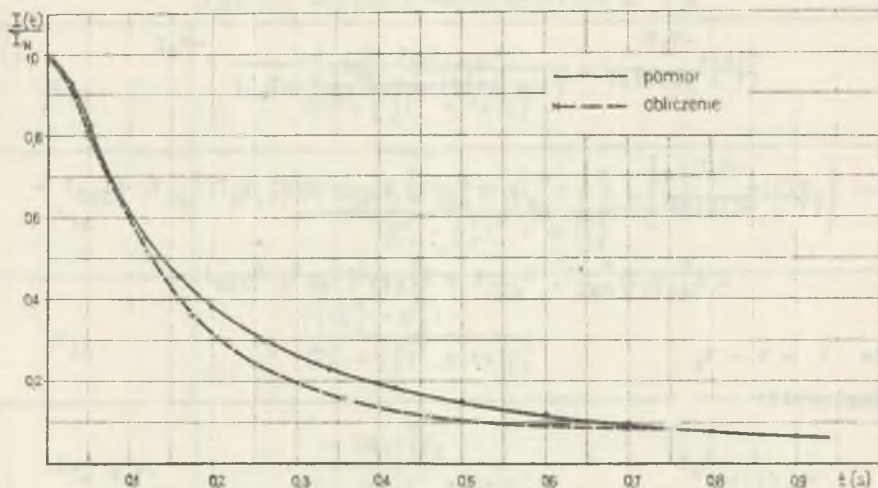
Wykonano pomiary łukowego odzwzudzenia ze stanu biegu jałowego i ustalonego symetrycznego zwarcia. Przebiegi napięcia bądź prądu twornika przy odzwzudzeniu zamieszczono na rys. 4 i 5. Do obliczeń wykorzystano parametry generatora uwzględniające lity blok wirnika [3].



Rys. 4. Przebieg napięcia twornika w czasie łukowego odzwzudzenia generatora ze stanu biegu jałowego

Współczynniki oraz argumenty funkcji występujące w równaniach określających odpowiednie przebiegi zestawiono w załączniku.

Rzeczywiste przebiegi napięcia bądź prądu przy odzwzudzeniu są bliskie obliczonym jak wynika z przeprowadzonego porównania krzywych na rys. 4 i 5.



Rys. 5. Przebieg prądu twornika generatora w czasie łukowego odwzbudzenia z ustalonego zwarcia symetrycznego

5. Wnioski

Proponowany schemat zastępczy turbogenerators uwzględniający lity blok wirnika o stałych rozłożonych jest bardziej adekwatny niż dotychczas stosowany z dwoma zastępczymi obwodami o stałych skupionych w wirniku. Obliczone przebiegi elektromagnetyczne przy odwzbudzeniu łukowym maszyny są bardzo bliskie zarejestrowanym. Obliczenie nie wymaga jak dotychczas próbnego pomiaru przy rozwartym obwodzie wzbudzenia.

LITERATURA

- [1] Bron O.B. - Awtomaty gaszenija pola. Gosenergoizdat, Moskwa 1961.
- [2] Janson Z., Rozewicz Z. - Analiza łukowego układu pospiesznego odwzbudzenia generatora synchronicznego. Przegląd Elektrotechniczny 1967 z. 10.
- [3] Paszek W., Janson Z., Rozewicz Z. - Przebiegi nieustalone przy pospiesznym rezystancyjnym odwzbudzeniu. Zesz. Nauk. Pol. Śl. Elektryka 1975 r. zeszyt 51.

Przyjęto do druku w lipcu 1975 r.

Dodatek

$$\frac{G(p)e^{-t_2 p}}{(1+pT)H(p)} = \frac{1}{(1+pT)(1+\sqrt{pT_{jd}}+pT_{kd})} e^{-t_2 p} \quad (1)$$

$$\mathcal{L}^{-1} \left\{ \frac{G(p)e^{-t_2 p}}{(1+pT)H(p)} \right\} = 1 - K_{24}^V \gamma_1(\rho_{1x0}^2, \theta_{1x0}) + K_{34}^V \gamma_2(\rho_{1x0}^2, \theta_{2x0}) + \\ - K_{44}^V \gamma_1(\rho_{2x0}^2, \theta_{2x0}) + K_{54}^V \gamma_2(\rho_{2x0}^2, \theta_{2x0}),$$

gdzie $\tau = t - t_2$

Analogicznie:

$$\frac{Y_{dw}(p)e^{-t_2 p}}{(1+pT')Y_{ww}(p)} = \frac{1}{(1+pT')(1+\sigma_x \sqrt{pT_{jd}} + p\sigma_s T_{kd})} e^{-t_2 p} \quad (2)$$

gdzie:

$$Y_{dw}(p) = \begin{bmatrix} I_d(p) \\ U_w(p) \end{bmatrix} \begin{matrix} U_q = 0 \\ U_d = 0 \end{matrix} \quad Y_{ww}(p) = R_w \begin{bmatrix} I_w(p) \\ U_w(p) \end{bmatrix} \begin{matrix} U_q = 0 \\ U_d = 0 \end{matrix}$$

$$\mathcal{L}^{-1} \left\{ \frac{Y_{dw}(p)e^{-t_2 p}}{(1+pT')Y_{ww}(p)} \right\} = 1 - K_{24}^{VI} \gamma_1(\rho_{1x}^2, \theta_{1x}) + K_{34}^{VI} \gamma_2(\rho_{1x}^2, \theta_{1x}) + \\ - K_{44}^{VI} \gamma_1(\rho_{2x}^2, \theta_{2x}) + K_{54}^{VI} \gamma_2(\rho_{2x}^2, \theta_{2x})$$

Dokładne wartości współczynników K_{24} , K_{34} , K_{44} , K_{54} zestawiono w tabeli 1. Współczynniki oznaczone indeksem V oblicza się z ρ_{1x0} , ρ_{2x0} , θ_{1x0} , T - oznaczone indeksem VI z ρ_{1x} , ρ_{2x} , θ_{1x} , T' .

Tablica 1

Dokładne wartości współczynników K^V i K^{VI}

K_{24}	$\frac{\rho_2^2(4a_1^2 - \rho_1^2 + \rho_2^2)}{(\rho_1^2 - \rho_2^2)^2 + 4a_1^2\rho_2^2}$
K_{34}	$\frac{\rho_2^2 \operatorname{ctg} \theta_1 [2(b_1^2 - a_1^2) + \rho_1^2 - \rho_2^2]}{(\rho_1^2 - \rho_2^2)^2 + 4a_1^2\rho_2^2}$
K_{44}	$\frac{\rho_1^2(\rho_1^2 - \rho_2^2)}{(\rho_1^2 - \rho_2^2)^2 + 4a_1^2\rho_2^2}$
K_{54}	$\frac{-2a_1\rho_1^2\rho_2}{(\rho_1^2 - \rho_2^2)^2 + 4a_1^2\rho_2^2}$

W tablicy oznaczono $a_1 = \rho_1 \cos \theta_1$
 $b_1 = \rho_1 \sin \theta_1$

Tablica 2

Pierwiastki mianowników równań (1) i (2)

ρ_{1x0}^2	$\cos \theta_{1x0}$	ρ_{2x0}^2	$\cos \theta_{2x0}$
$\frac{1}{T_{kd}}$	$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{T_{jd}}{T_{kd}}}$	$\frac{1}{T}$	0
ρ_{1x}^2	$\cos \theta_{1x}$	ρ_{2x}^2	$\cos \theta_{2x}$
$\frac{1}{G_s T_{kd}}$	$\frac{1}{2} \sqrt{\frac{T_{jd} G_s}{T_{kd}}}$	$\frac{1}{T'}$	0

ДУГОВОЕ РАЗВОЗБУЖДЕНИЕ ТУРБОГЕНЕРАТОРА
С МАССИВНЫМ РОТОРОМ

Р е з ю м е

Рассчитаны кривые, представляющие переходные процессы в турбогенераторе с массивным ротором при его развозбуждении. Анализ проведен путем применения двух схем замещения синхронной машины: при обычно применяемой классической схеме с двумя цепями ротора с постоянными сосредоточенными, и при применении схемы замещения, учитывающей массивный ротор с постоянными распределенными. Результаты вычислений сравнены с результатами измерений. Полученные в результате измерений кривые совпадают с вычисленными кривыми при схеме замещения синхронной машины с постоянным распределением массивного ротора.

ARC FIELD SUPPRESSION OF TURBOGENERATOR
WITH SOLID ROTOR

S u m m a r y

The transients at arc field suppression of turbogenerator with solid rotor were calculated on the basis of of two different equivalent circuits of the machine usually used; with two rotor circuits composed of lumped constants on the one hand and under consideration of distributed constants of the solid rotor on the other hand. The calculated and recorded points were compared. Good accuracy was obtained when the proposed equivalent circuit of the machine with distributed constants of the solid rotor was used.