# Обобщен математичен модел за пресмятане на характеристиките на многотурбинни хидротрансформатори

Диана Иванова

***Generalized mathematical model to calculate the performances of multiple turbines torque converters**: To study and evaluation of properties of different multiple turbines torque converters, due to the complexity of their working process, it is necessary to carry out analytical and experimental studies. For the purposes of theoretical analysis, this report proposed mathematical model to calculate the internal and external performances for different torque converter.*

***Key words:** Mathematical model, Performance, Torque converter*

## ВЪВЕДЕНИЕ

Сложността на работния процес на хидротрансформатора възпрепятства създаването на съвършени теоретични методи за определяне на характеристиките и геометричните параметри на хидротрансформаторите. Поради това трябва да се извършват аналитични и опитни изследвания, служещи за съпоставяне на резултатите, проверка на правилността и за уточняване на теоретичната постановка. Един от методите за пресмятане на характеристиките на хидротрансформаторите, приложен в редица научни работи [1, 2] и показващ добра сходимост на резултатите от опитните и аналитичните изследвания, е методът, разработен от А. Н. Нарбут [1]. Поради това този метод е използван за основа на по-нататъшните аналитични изследвания.

## ИЗЛОЖЕНИЕ

Значително удобство при изчисляването, изследването и сравняването на лопатъчните системи на хидротрансформаторите представлява използването на параметрите на потока и геометричните параметри в безразмерна форма. Всеки от параметрите освен ъглите на лопатките и радиусите на входа се отнася към ъгловата скорост и геометричните параметри на изхода от помпата, твърдо свързана с движещия вал. Получават се следните безразмерни величини [1]: коефициент на напора на n-то колело $h_n$; коефициент на дебита (коефициент на меридианните скорости) $q$; относителен радиус на изхода на n-то колело $r_{2n}$; коефициент на привеждане на радиуса на изхода от n-то колело $\rho_n$; относителен радиус на входа в n-то колело $r_{1n}$; коефициенти на меридианните площи на изхода и на входа на n-то колело $f_{2n}$ и $f_{1n}$; коефициент на широчина на канала $b_{2\Pi}$; коефициент на съпротивление от триене на n-то колело $\zeta_n$.

Ако се допусне, че: в междуколесните канали $Rv_u = const$; площите във всяко меридианно сечение са различни ($f_{1n} \neq 1, f_{2n} \neq 1$); радиусът на входа в следващото работно колело се различава от радиуса на изхода на предходното работно колело ($\rho_n \neq 1$); коефициентът на загуби от удар $\varphi_n \neq 1$; коефициентът на отклоняване на потока $\mu_n \neq 1$; коефициентите $\varphi_n$, $\mu_n$, $\zeta_n$ са различни за всяко работно колело и въз основа на изведените в [1] безразмерните величини и изрази за напора, загубите от удар и загубите от триене могат да се запишат в безразмерна форма изразите за напора $h_n$, загубите от удар $h_{удn}$ и загубите от триене $h_{тр}$ за n-то колело.

Балансът на напорите в безразмерна форма е:

$$\sum_1^m h_n = \sum_1^m h_{уд.n} + \sum_1^m h_{тр.n} \qquad (1)$$

откъдето, отчитайки уравненията за напора, загубите от удар и загубите от триене:

$$q^2\left(\sum_1^m a_{5n}+\sum_1^m a_{6n}\right)+q\left(\sum_1^m a_{2n}-\sum_1^m a_{4n}\right)+\left(-\sum_1^m a_{1n}+\sum_1^m a_{3n}\right)=0. \qquad (2)$$

Ако се запише:

$$\left.\sum_1^m a_{5n}+\sum_1^m a_{6n}=\frac{1}{2}e_1;\sum_1^m a_{2n}-\sum_1^m a_{4n}=\left(e_2+ie_3\right);-\sum_1^m a_{1n}+\sum_1^m a_{3n}=\frac{1}{2}\left(e_4+i^2e_5\right),\right\} \qquad (3)$$

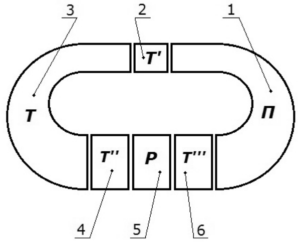
където $m$ – брой на работните колела, тогава уравнението (2) приема вида

$$q^2e_1+2q\left(e_2+ie_3\right)+\left(e_4+i^2e_5\right)=0, \qquad (4)$$

където $e_1,e_2,e_3,e_4,e_5$ са постоянни коефициенти в уравнението за коефициента на дебита и зависят от геометричните параметри на лопатъчната система и от опитните коефициенти за загубите от удар и от триене, а неговото решение е:

$$q=\frac{-\left(e_2+ie_3\right)\pm\sqrt{\left(e_2+ie_3\right)^2-\left(e_4+i^2e_5\right)e_1}}{e_1}. \qquad (5)$$

Въз основа на общите зависимости, изразяващи връзките между вътрешните характеристики (напори, загуби от удари и триене, коефициента на дебита) и кинематичните (предавателни числа) и геометричните (радиуси, площи и ъгли) параметри на работните колела и опитните коефициенти ($\varphi$, $\lambda_{mp}$, $\mu$), са изведени уравненията (6) – (12) за пресмятане на вътрешните и външните характеристики за различните хидротрансформатори, като за целта е необходимо да се знаят броя и вида (помпа, турбина, реактор) на работните колела и връзките помежду им. В хидротрансформатор, създаден на базата на триколесен едностепенен комплексен хидротрансформатор чрез поставяне на допълнителни турбини, подреждането на работните колела в циркулационния кръг става по начина, показан на Фиг.1. Редът на разполагането на работните колела се приема по посока на движението на течността в циркулационния кръг. Математичният модел дава възможност за пресмятане на характеристиките на два варианта тритурбинни (ПТ'ТТ''Р и ПТ'ТРТ''') и на три варианта двутурбинни (ПТ'ТР, ПТТ''Р и ПТРТ''') хидротрансформатори.




Фиг. 1. Подреждане на работните колела в циркулационния кръг
П - помпа; Т - основна турбина; Т', Т'', Т''' - допълнителни турбини; Р – реактор

**<u>12345 ПТ'ТТ''Р</u>** → (6) се върти свободно (6)

$$e_1=\sum_{n=1}^{5}(f_{1(n+1)}ctg\beta_{1(n+1)}-\rho_n\mu_n f_{2n}ctg\beta_{2n})^2+\sum_{n=1}^{5}\zeta_n\left[f_{1n}^2\left(1+ctg^2\beta_{1n}\right)+f_{2n}^2\left(1+ctg^2\beta_{2n}\right)\right]$$

$$e_2=r_{12}\left[\rho_1^2\mu_1f_{12}ctg\beta_{12}-\left(\rho_1^2\mu_1-1\right)f_{21}ctg\beta_{21}\rho_1\mu_1\right]-r_{11}f_{11}ctg\beta_{11}$$

$$e_3=\sum_{n=2}^{4}r_{1(n+1)}\left[\left(i_{nT}\rho_n^2\mu_n-i_{(n+1)T}\right)f_{1(n+1)}ctg\beta_{1(n+1)}-\left(\rho_n^2\mu_n-1\right)f_{2n}ctg\beta_{2n}i_{nT}\rho_n\mu_n\right]+$$

$$+r_{11}\left[i_{5T}\rho_5^2\mu_5f_{11}ctg\beta_{11}-\left(\rho_5^2\mu_5-1\right)f_{25}ctg\beta_{25}i_{5T}\rho_5\mu_5\right]-r_{12}i_{2T}f_{12}ctg\beta_{12}$$

$$e_4 = r_{11}^2 - r_{12}^2\rho_1^2\mu_1\left(2-\rho_1^2\mu_1\right)$$

$$e_5 = -\sum_{n=2}^{4} r_{1(n+1)}^2\left[i_{ПТ}^2\rho_n^2\mu_n\left(2-\rho_n^2\mu_n\right)-i_{(n+1)T}^2\right]-r_{11}^2 i_{5T}^2\rho_5^2\mu_5\left(2-\rho_5^2\mu_5\right)+r_{12}^2 i_{2T}^2$$

$$q=\frac{1}{e_1}\left[-\left(e_2+ie_3\right)+\sqrt{\left(e_2+ie_3\right)^2-\left(e_4+i^2e_5\right)e_1}\right]$$

$$h_1=\left[\left(r_{21}^2\mu_1-r_{25}^2 i_{5T}i\mu_5\right)-q\left(r_{21}\mu_1 f_{21}ctg\beta_{21}-r_{25}\mu_5 f_{25}ctg\beta_{25}\right)\right]$$

$$h_2=i_{2T}i\left[\left(r_{22}^2 i_{2T}i\mu_2-r_{21}^2\mu_1\right)-q\left(r_{22}\mu_2 f_{22}ctg\beta_{22}-r_{21}\mu_1 f_{21}ctg\beta_{21}\right)\right]$$

$$h_3=i_{3T}i\left[\left(r_{23}^2 i_{3T}i\mu_3-r_{22}^2 i_{2T}i\mu_2\right)-q\left(r_{23}\mu_3 f_{23}ctg\beta_{23}-r_{22}\mu_2 f_{22}ctg\beta_{22}\right)\right]$$

$$h_4=i_{4T}i\left[\left(r_{24}^2 i_{4T}i\mu_4-r_{23}^2 i_{3T}i\mu_3\right)-q\left(r_{24}\mu_4 f_{24}ctg\beta_{24}-r_{23}\mu_3 f_{23}ctg\beta_{23}\right)\right]$$

$$h_5=i_{5T}i\left[\left(r_{25}^2 i_{5T}i\mu_5-r_{24}^2 i_{4T}i\mu_4\right)-q\left(r_{25}\mu_5 f_{25}ctg\beta_{25}-r_{24}\mu_4 f_{24}ctg\beta_{24}\right)\right]$$

$$h_6=0\,;\ \eta=-\frac{\left(h_2+h_3+h_4+h_5+h_6\right)}{h_1};\ \lambda_1=Ah_1q=0{,}0194.h_1q\,;\ \lambda_2=\lambda_1K\,;\ K=\frac{\eta}{i}$$

**12356 ПТ'ТРТ'''** → (4) се върти свободно (7)

$$e_1=\sum_{n=1}^{5}(f_{1(n+1)}ctg\beta_{1(n+1)}-\rho_n\mu_n f_{2n}ctg\beta_{2n})^2+\sum_{n=1}^{5}\zeta_n\left[f_{1n}^2\left(1+ctg^2\beta_{1n}\right)+f_{2n}^2\left(1+ctg^2\beta_{2n}\right)\right]$$

$$e_2=r_{12}\left[\rho_1^2\mu_1 f_{12}ctg\beta_{12}-\left(\rho_1^2\mu_1-1\right)f_{21}ctg\beta_{21}\rho_1\mu_1\right]-r_{11}f_{11}ctg\beta_{11}$$

$$e_3=\sum_{n=2}^{4}r_{1(n+1)}\left[\left(i_{nT}\rho_n^2\mu_n-i_{(n+1)T}\right)f_{1(n+1)}ctg\beta_{1(n+1)}-\left(\rho_n^2\mu_n-1\right)f_{2n}ctg\beta_{2n}i_{nT}\rho_n\mu_n\right]+$$
$$+r_{11}\left[i_{6T}\rho_6^2\mu_6 f_{11}ctg\beta_{11}-\left(\rho_6^2\mu_6-1\right)f_{26}ctg\beta_{26}i_{6T}\rho_6\mu_6\right]-r_{12}i_{2T}f_{12}ctg\beta_{12}$$

$$e_4=r_{11}^2-r_{12}^2\rho_1^2\mu_1\left(2-\rho_1^2\mu_1\right)$$

$$e_5=-\sum_{n=2}^{4}r_{1(n+1)}^2\left[i_{ПТ}^2\rho_n^2\mu_n\left(2-\rho_n^2\mu_n\right)-i_{(n+1)T}^2\right]-r_{11}^2 i_{6T}^2\rho_6^2\mu_6\left(2-\rho_6^2\mu_6\right)+r_{12}^2 i_{2T}^2$$

$$h_1=\left[\left(r_{21}^2\mu_1-r_{26}^2 i_{6T}i\mu_6\right)-q\left(r_{21}\mu_1 f_{21}ctg\beta_{21}-r_{26}\mu_6 f_{26}ctg\beta_{26}\right)\right]$$

$$h_5=i_{5T}i\left[\left(r_{25}^2 i_{5T}i\mu_5-r_{23}^2 i_{3T}i\mu_3\right)-q\left(r_{25}\mu_5 f_{25}ctg\beta_{25}-r_{23}\mu_3 f_{23}ctg\beta_{23}\right)\right]$$

$$h_6=i_{6T}i\left[\left(r_{26}^2 i_{6T}i\mu_6-r_{25}^2 i_{5T}i\mu_5\right)-q\left(r_{26}\mu_6 f_{26}ctg\beta_{26}-r_{25}\mu_5 f_{25}ctg\beta_{25}\right)\right]$$

$h_4=0$; $h_2$, $h_3$, $q$, $\eta$, $\lambda_1$, $\lambda_2$, $K$ - както при 12345

**1235 ПТ'ТР** → (4, 6) се въртят свободно (8)

$$e_1=\sum_{1}^{3}(f_{1(n+1)}ctg\beta_{1(n+1)}-\rho_n\mu_n f_{2n}ctg\beta_{2n})^2+\left(f_{11}ctg\beta_{11}-\rho_5\mu_5 f_{25}ctg\beta_{25}\right)^2+$$
$$+\left(ctg\beta_{26}-ctg\beta_{16}\right)^2+\sum_{1}^{5}\zeta_n\left[f_{1n}^2\left(1+ctg^2\beta_{1n}\right)+f_{2n}^2\left(1+ctg^2\beta_{2n}\right)\right]$$

$$e_2=r_{12}\left[\rho_1^2\mu_1 f_{12}ctg\beta_{12}-\left(\rho_1^2\mu_1-1\right)f_{21}ctg\beta_{21}\rho_1\mu_1\right]-r_{11}f_{11}ctg\beta_{11}$$

$$e_3=\sum_{2}^{4}r_{1(n+1)}\left[\left(i_{nT}\rho_n^2\mu_n-i_{(n+1)T}\right)f_{1(n+1)}ctg\beta_{1(n+1)}-\left(\rho_n^2\mu_n-1\right)f_{2n}ctg\beta_{2n}i_{nT}\rho_n\mu_n\right]+$$
$$+r_{11}\left[\alpha_5\rho_5^2\mu_5 f_{11}ctg\beta_{11}-\left(\rho_5^2\mu_5-1\right)f_{25}ctg\beta_{25}i_{5T}\rho_5\mu_5\right]-r_{12}i_{2T}f_{12}ctg\beta_{12}$$

$$e_4 = r_{11}^2 - r_{12}^2 \rho_1^2 \mu_1 \left(2 - \rho_1^2 \mu_1\right)$$

$$e_5 = -\sum_2^3 r_{1(n+1)}^2 \left[ i_{nT}^2 \rho_n^2 \mu_n \left(2 - \rho_n^2 \mu_n\right) - i_{(n+1)T}^2 \right] - r_{11}^2 i_{5T}^2 \rho_5^2 \mu_5 \left(2 - \rho_5^2 \mu_5\right) + r_{12}^2 i_{2T}^2$$

$$h_5 = i_{5T} i \left[ \left( r_{25}^2 i_{5T} i \mu_5 - r_{23}^2 i_{3T} i \mu_3 \right) - q \left( r_{25} \mu_5 f_{25} ctg\beta_{25} - r_{23} \mu_3 f_{23} ctg\beta_{23} \right) \right]$$

$h_1$, $h_2$, $h_3$, $h_6$, $q$, $\eta$, $\lambda_1$, $\lambda_2$, $K$ - както при 12345, $h_4$ - както при 12356

**1345 ПТТ''Р** → (2, 6) се въртят свободно (9)

$$e_1 = \sum_{n=3}^{5} (f_{1(n+1)} ctg\beta_{1(n+1)} - \rho_n \mu_n f_{2n} ctg\beta_{2n})^2 + \left( f_{13} ctg\beta_{13} - \rho_1 \mu_1 f_{21} ctg\beta_{21} \right)^2 +$$

$$+\left( ctg\beta_{12} - ctg\beta_{22} \right)^2 + \sum_{n=1}^{5} \zeta_n \left[ f_{1n}^2 \left(1 + ctg^2 \beta_{1n}\right) + f_{2n}^2 \left(1 + ctg^2 \beta_{2n}\right) \right]$$

$$e_2 = r_{13} \left[ \rho_1^2 \mu_1 f_{13} ctg\beta_{13} - \left( \rho_1^2 \mu_1 - 1 \right) f_{21} ctg\beta_{21} \rho_1 \mu_1 \right] - r_{11} f_{11} ctg\beta_{11}$$

$$e_3 = \sum_3^4 r_{1(n+1)} \left[ \left( i_{nT} \rho_n^2 \mu_n - i_{(n+1)T} \right) f_{1(n+1)} ctg\beta_{1(n+1)} - \left( \rho_n^2 \mu_n - 1 \right) f_{2n} ctg\beta_{2n} i_{nT} \rho_n \mu_n \right] +$$

$$+r_{11} \left[ i_{5T} \rho_5^2 \mu_5 f_{11} ctg\beta_{11} - \left( \rho_5^2 \mu_5 - 1 \right) f_{25} ctg\beta_{25} i_{5T} \rho_5 \mu_5 \right] - r_{13} i_{3T} f_{13} ctg\beta_{13}$$

$$e_4 = r_{11}^2 - r_{13}^2 \rho_1^2 \mu_1 \left(2 - \rho_1^2 \mu_1\right)$$

$$e_5 = \sum_3^4 r_{1(n+1)}^2 \left[ i_{nT}^2 \rho_n^2 \mu_n \left(2 - \rho_n^2 \mu_n\right) - i_{(n+1)T}^2 \right] - r_{11}^2 i_{5T}^2 \rho_5^2 \mu_5 \left(2 - \rho_5^2 \mu_5\right) + r_{13}^2 i_{3T}^2$$

$$h_3 = i_{3T} i \left[ \left( r_{23}^2 i_{3T} i \mu_3 - r_{21}^2 \mu_1 \right) - q \left( r_{23} \mu_3 f_{23} ctg\beta_{23} - r_{21} \mu_1 f_{21} ctg\beta_{21} \right) \right]$$

$h_2 = 0$; $h_1$, $h_4$, $h_5$, $h_6$, $q$, $\eta$, $\lambda_1$, $\lambda_2$, $K$ - както при 12345

**1356 ПТРТ'''** → (2, 4) се въртят свободно (10)

$$e_1 = \sum_{n=3}^{5} (f_{1(n+1)} ctg\beta_{1(n+1)} - \rho_n \mu_n f_{2n} ctg\beta_{2n})^2 + \left( f_{13} ctg\beta_{13} - \rho_1 \mu_1 f_{21} ctg\beta_{21} \right)^2 +$$

$$+\left( ctg\beta_{12} - ctg\beta_{22} \right)^2 + \sum_{n=1}^{5} \zeta_n \left[ f_{1n}^2 \left(1 + ctg^2 \beta_{1n}\right) + f_{2n}^2 \left(1 + ctg^2 \beta_{2n}\right) \right]$$

$$e_2 = r_{13} \left[ \rho_1^2 \mu_1 f_{13} ctg\beta_{13} - \left( \rho_1^2 \mu_1 - 1 \right) f_{21} ctg\beta_{21} \rho_1 \mu_1 \right] - r_{11} f_{11} ctg\beta_{11}$$

$$e_3 = \sum_3^4 r_{1(n+1)} \left[ \left( i_{nT} \rho_n^2 \mu_n - i_{(n+1)T} \right) f_{1(n+1)} ctg\beta_{1(n+1)} - \left( \rho_n^2 \mu_n - 1 \right) f_{2n} ctg\beta_{2n} i_{nT} \rho_n \mu_n \right] +$$

$$+r_{11} \left[ i_{5T} \rho_5^2 \mu_5 f_{11} ctg\beta_{11} - \left( \rho_6^2 \mu_6 - 1 \right) f_{26} ctg\beta_{26} i_{6T} \rho_6 \mu_6 \right] - r_{13} i_{3T} f_{13} ctg\beta_{13}$$

$$e_4 = r_{11}^2 - r_{13}^2 \rho_1^2 \mu_1 \left(2 - \rho_1^2 \mu_1\right)$$

$$e_5 = \sum_3^4 r_{1(n+1)}^2 \left[ i_{nT}^2 \rho_n^2 \mu_n \left(2 - \rho_n^2 \mu_n\right) - i_{(n+1)T}^2 \right] - r_{11}^2 i_{6T}^2 \rho_6^2 \mu_6 \left(2 - \rho_6^2 \mu_6\right) + r_{13}^2 i_{3T}^2$$

$h_1, h_4$, $h_5$, $h_6$ - както при 12356, $h_2$, $h_3$ - както при 1345, $q$, $\eta$, $\lambda_1$, $\lambda_2$, $K$ - както при 12345

**135 ПТР** → (2, 4, 6) се въртят свободно (11)

$$e_1 = (f_{13} ctg\beta_{13} - \rho_1 \mu_1 f_{21} ctg\beta_{21})^2 + \left( f_{15} ctg\beta_{15} - \rho_3 \mu_3 f_{23} ctg\beta_{23} \right)^2 + \left( f_{11} ctg\beta_{11} - \rho_5 \mu_5 f_{25} ctg\beta_{25} \right)^2 +$$

$$+\sum_1^3 \zeta_n \left[ f_{1n}^2 \left(1 + ctg^2 \beta_{1n}\right) + f_{2n}^2 \left(1 + ctg^2 \beta_{2n}\right) \right] + \left( ctg\beta_{22} - ctg\beta_{12} \right)^2 + \left( ctg\beta_{24} - ctg\beta_{14} \right)^2$$

$$e_2 = r_{13}\left[\rho_1^2\mu_1 f_{13} ctg\beta_{13} - \left(\rho_1^2\mu_1 - 1\right) f_{21} ctg\beta_{21}\rho_1\mu_1\right] - r_{11} f_{11} ctg\beta_{11}$$

$$e_3 = r_{15}\left[\left(\rho_3^2\mu_3 - i_{5T}\right) f_{15} ctg\beta_{15} - \left(\rho_3^2\mu_3 - 1\right) f_{23} ctg\beta_{23}\rho_3\mu_3\right] +$$

$$+ r_{11}\left[i_{5T}\rho_5^2\mu_5 f_{11} ctg\beta_{11} - \left(\rho_5^2\mu_5 - 1\right) f_{25} ctg\beta_{25} i_{5T}\rho_5\mu_5\right] - r_{13} f_{13} ctg\beta_{13}$$

$$e_4 = -r_{13}^2\rho_1^2\mu_1\left(2 - \rho_1^2\mu_1\right) + r_{11}^2$$

$$e_5 = -r_{15}^2\left[\rho_3^2\mu_3\left(2 - \rho_3^2\mu_3\right) - i_{5T}^2\right] + r_{11}^2 i_{5T}^2\rho_5^2\mu_5\left(2 - \rho_5^2\mu_5\right) + r_{13}^2$$

$$h_3 = i_{3T} i\left[\left(r_{23}^2 i_{3T} i\mu_3 - r_{21}^2\mu_1\right) - q\left(r_{23}\mu_3 f_{23} ctg\beta_{23} - r_{21}\mu_1 f_{21} ctg\beta_{21}\right)\right]$$

$h_1$, $h_6$, $q$, $\eta$, $\lambda_1$, $\lambda_2$, $K$ - както при 12345; $h_4$, $h_5$ - както при 12356; $h_2$ - както при 1345

**<u>13 ПТ</u>** → (2, 4, 5, 6) се въртят свободно (12)

$$e_1 = (f_{13} ctg\beta_{13} - \rho_1\mu_1 f_{21} ctg\beta_{21})^2 + \left(f_{11} ctg\beta_{11} - \rho_3\mu_3 f_{23} ctg\beta_{23}\right)^2 + \left(ctg\beta_{22} - ctg\beta_{12}\right)^2 +$$

$$+\left(ctg\beta_{24} - ctg\beta_{14}\right)^2 + \left(ctg\beta_{25} - ctg\beta_{15}\right)^2 + \sum_1^5 \zeta_n\left[f_{1n}^2\left(1 + ctg^2\beta_{1n}\right) + f_{2n}^2\left(1 + ctg^2\beta_{2n}\right)\right]$$

$$e_2 = r_{13}\left[\rho_1^2\mu_1 f_{13} ctg\beta_{13} - \left(\rho_1^2\mu_1 - 1\right) f_{21} ctg\beta_{21}\rho_1\mu_1\right] - r_{11} f_{11} ctg\beta_{11}$$

$$e_3 = r_{11}\left[\rho_3^2\mu_3 f_{11} ctg\beta_{11} - \left(\rho_3^2\mu_3 - 1\right) f_{23} ctg\beta_{23}\rho_3\mu_3\right] - r_{13} f_{13} ctg\beta_{13}$$

$$e_4 = r_{11}^2 - r_{13}^2\rho_1^2\mu_1\left(2 - \rho_1^2\mu_1\right)$$

$$e_5 = -r_{11}^2\rho_3^2\mu_3\left(2 - \rho_3^2\mu_3\right) + r_{13}^2$$

$$h_1 = \left[\left(r_{21}^2\mu_1 - r_{23}^2 i\mu_3\right) - q\left(r_{21}\mu_1 f_{21} ctg\beta_{21} - r_{23}\mu_3 f_{23} ctg\beta_{23}\right)\right]$$

$$h_3 = i\left[\left(r_{23}^2 i\mu_3 - r_{21}^2\mu_1\right) - q\left(r_{23}\mu_3 f_{23} ctg\beta_{23} - r_{21}\mu_1 f_{21} ctg\beta_{21}\right)\right]$$

$h_5 = 0$; $h_2$ - както при 1345; $h_4$ - както при 12356; $h_6$, $q$, $\eta$, $\lambda_1$, $\lambda_2$, $K$ - както при 12345

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложеният математичен модел описва работния процес на различни варианти многотурбинни хидротрансформатори, като предоставя възможност за пресмятане на вътрешните и външните им характеристики. Целта е да се установи влиянието на разположението в циркулационния кръг, геометричните и кинематичните параметри на допълнителните турбини върху характеристиките на различните многотурбинни хидротрансформатори.

## ЛИТЕРАТУРА

[1] Нарбут А. Н. Гидротрансформаторы. Машиностроение. Москва, 1966.

[2] Нейков С.А. Изследване на двутурбинни хидротрансформатори за самоходни машини. Автореферат на дисертация за получаване на научната степен КТН. Русе, 1984.

**За контакти:**

Редовен докторант маг. инж. Диана Димова Иванова, Катедра „ТАТТ”, Технически университет – София, Филиал Пловдив, e-mail: dd.ivanova@abv.bg

**Докладът е рецензиран.**

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са финансирани от Вътрешният конкурс на ТУ-София-2011г.