Доклады Академии Наук СССР
1948. Том LXI, № 1

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Академик В. П. НИКИТИН, Н. П. КУНИЦКИЙ и В. К. ТУРКИН

ОБОБЩЕННОЕ УРАВНЕНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОПРИВОДА С АМПЛИДИННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Характеристическое уравнение кубичной системы электропривода с регулируемым напряжением генератора с амплидинным управлением при постоянном потоке двигателя при наличии двух стабилизирующих и противоколебательного трансформаторов имеет вид:

$$x^5+\left(\frac{1}{T_{\text{в}}}+\frac{1}{T_{\text{вв}}}+\frac{1}{T_{\text{к}}}+\frac{1}{B}+\frac{1}{T_2}+\frac{b_{\text{ств}}}{T_{\text{к}}T_2}-\frac{b^2\delta k R_{\text{вг}}^2}{\beta R_{\text{апр}}T_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_{\text{к}}}\right)x^4+$$

$$+\left[\frac{1}{T_{\text{в}}T_{\text{вв}}}+\frac{1}{T_{\text{в}}T_{\text{к}}}+\frac{1}{T_{\text{вв}}T_{\text{к}}}+\frac{1}{T_{\text{в}}T_2}+\frac{1}{T_{\text{вв}}T_2}+\frac{1}{T_{\text{к}}T_2}+\frac{1}{BT_{\text{в}}}+\right.$$

$$+\frac{1}{BT_{\text{вв}}}+\frac{1}{BT_{\text{к}}}+\frac{1}{BT_2}+\frac{b_{\text{ста}}}{T_{\text{к}}T_2}\left(\frac{1}{T_{\text{в}}}+\frac{1}{T_{\text{вв}}}+\frac{1}{B}\right)+\frac{k_{\text{вг}}b_{\text{ств}}}{T_{\text{вв}}T_{\text{к}}T_2}+$$

$$\left.+\frac{kb}{\beta T_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_{\text{к}}}-\frac{kb}{T_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_{\text{к}}R_{\text{апр}}}\left(\frac{b\delta R_{\text{вг}}^2}{\beta T_2}+\frac{R_{\text{А}}}{\beta}+\delta R_{\text{вг}}^2\right)\right]x^3+$$

$$+\left[\frac{1}{T_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_{\text{к}}}+\frac{1}{T_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_2}+\frac{1}{T_{\text{вв}}T_{\text{к}}T_2}+\frac{1}{T_{\text{в}}T_{\text{к}}T_2}+\frac{1}{BT_{\text{в}}T_{\text{вв}}}+\frac{1}{BT_{\text{в}}T_{\text{к}}}+\right.$$

$$+\frac{1}{BT_{\text{вв}}T_{\text{к}}}+\frac{1}{BT_{\text{в}}T_2}+\frac{1}{BT_{\text{вв}}T_2}+\frac{1}{BT_{\text{к}}T_2}+$$

$$+\frac{b_{\text{ста}}}{T_{\text{к}}T_2}\left(\frac{1}{BT_{\text{в}}}+\frac{1}{BT_{\text{вв}}}+\frac{1}{T_{\text{в}}T_{\text{вв}}}\right)+\frac{b_{\text{ств}}k_{\text{вг}}}{T_{\text{вв}}T_{\text{к}}T_2}\left(\frac{1}{T_{\text{в}}}+\frac{1}{B}\right)+$$

$$+\frac{k}{T_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_{\text{к}}}\left(1-\frac{R_{\text{А}}}{R_{\text{апр}}}\right)+\frac{kb}{\beta T_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_{\text{к}}}\left(\frac{1}{T_2}+\frac{1}{B}\right)-$$

$$\left.-\frac{kb}{T_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_{\text{к}}T_2R_{\text{апр}}}\left(\frac{R_{\text{А}}}{\beta}+\delta R_{\text{вг}}^2\right)\right]x^2+$$

$$+\left[\frac{1}{BT_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_2}+\frac{1}{BT_{\text{в}}T_{\text{к}}T_2}+\frac{1}{BT_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_{\text{к}}}+\frac{1}{BT_{\text{вв}}T_{\text{к}}T_2}+\right.$$

$$+\frac{1}{T_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_{\text{к}}T_2}+\frac{k}{T_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_{\text{к}}}\left(\frac{1}{B}+\frac{1}{T_2}\right)+\frac{b_{\text{ста}}}{BT_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_{\text{к}}T_2}+$$

$$\left.+\frac{b_{\text{ств}}k_{\text{вг}}}{BT_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_{\text{к}}T_2}+\frac{kb}{\beta BT_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_{\text{к}}T_2}-\frac{kR_{\text{А}}}{R_{\text{апр}}T_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_{\text{к}}T_2}\right]x+\frac{1+k}{BT_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_{\text{к}}T_2}=0, \qquad (1)$$

где $T_в$, $T_{вв}$ и $T_к$ — постоянные времени цепей возбуждения генератора, возбудителя и амплидина; B — электромеханическая постоянная привода; $b_{ста}$ и $b_{ств}$ — приращения эдс амплидина, вызванные единицей изменения эдс амплидина и, соответственно, единицей изменения эдс возбудителя на входе или интенсивности стабилизации амплидина и возбудителя; T_2 — постоянная времени стабилизаций; b — интенсивность действия противоперерегулирования; k — коэффициент усиления системы по напряжению; $R_{апр}$ — приведенное сопротивление главной цепи; $R_{аг}$—сопротивление якоря генератора; $k_{вг}$ — коэффициент усиления возбудителя; β, δ и R_A — величины, зависящие от сопротивлений в цепи управляющей обмотки амплидина и от $R_{аг}$.

Уравнение (1) является обобщенным уравнением электропривода с амплидинным управлением; ниже мы отмечаем частные случаи этого уравнения, представляющие интерес.

Полагая в этом уравнении для работы системы при разомкнутой главной цепи $B=\infty$ и $R_{апр}=\infty$, получим характеристическое уравнение для амплидинного регулирования напряжения (при отключенном двигателе)

$$
\begin{aligned}
& x^4+\left(\frac{1}{T_в}+\frac{1}{T_{вв}}+\frac{1}{T_к}+\frac{1}{T_2}+\frac{b_{ста}}{T_к T_2}\right)x^3+ \\
& +\left[\frac{1}{T_в T_{вв}}+\frac{1}{T_в T_к}+\frac{1}{T_{вв} T_к}+\frac{1}{T_в T_2}+\frac{1}{T_{вв} T_2}+\frac{1}{T_к T_2}+\right. \\
& \left.+\frac{b_{ста}}{T_к T_2}\left(\frac{1}{T_в}+\frac{1}{T_{вв}}\right)+\frac{k_{вг}\, b_{ств}}{T_{вв} T_к T_2}+\frac{kb}{\beta T_в T_{вв} T_к}\right]x^2+ \\
& +\left[\frac{1}{T_в T_{вв} T_к}+\frac{1}{T_в T_{вв} T_2}+\frac{1}{T_{вв} T_к T_2}+\frac{1}{T_в T_к T_2}+\right. \\
& \left.+\frac{b_{ста}+b_{ств}\, k_{вг}}{T_в T_{вв} T_к T_2}+\frac{k}{T_в T_{вв} T_к}+\frac{kb}{\beta T_в T_{вв} T_к T_2}\right]x+\frac{1+k}{T_в T_{вв} T_к T_2}=0. \qquad (2)
\end{aligned}
$$

Пользуясь уравнениями (1) и (2) и предположенными нами диаграммами устойчивости четвертого ([1]) и пятого ([2]) порядков, можно исследовать влияние на характер переходного процесса величин и знака интенсивностей $b_{ста}$ и $b_{ств}$ стабилизаций амплидина и возбудителя, постоянной времени стабилизации T_2, интенсивности b действия противоколебательного трансформатора при различных значениях k, а также выбрать их оптимальные значения, необходимые для получения апериодического или резко затухающего колебательного переходного процесса. При этом, конечно, должно быть соблюдено и условие получения оптимальной формы тока двигателя при переходных процессах. Можно выявить также влияние постоянных B, $T_в$, $T_{вв}$ и $T_к$ на устойчивость и коэффициент затухания процесса.

В уравнениях (1) и (2) при отсутствии противоколебательного трансформатора надо положить $b=0$; при отсутствии стабилизирующего трансформатора амплидина надо положить $b_{ста}=0$; при отсутствии стабилизирующего трансформатора возбудителя $b_{ств}=0$. Если же отсутствуют оба эти трансформатора, то, кроме $b_{ста}=0$ и $b_{ств}=0$, надо также положить еще $T_2=0$.

Это дает возможность выявить влияние каждого из трех трансформаторов на коэффициент затухания и апериодичность процесса.

При отсутствии обоих стабилизирующих трансформаторов уравнение (1) примет вид:

$$x^4+\left(\frac{1}{T_{\text{в}}}+\frac{1}{T_{\text{вв}}}+\frac{1}{T_{\text{к}}}+\frac{1}{B}\right)x^3+$$

$$+\left(\frac{1}{T_{\text{в}}T_{\text{вв}}}+\frac{1}{T_{\text{в}}T_{\text{к}}}+\frac{1}{T_{\text{вв}}T_{\text{к}}}+\frac{1}{BT_{\text{в}}}+\frac{1}{BT_{\text{вв}}}+\frac{1}{BT_{\text{к}}}+\right.$$

$$\left.+\frac{kb}{\beta T_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_{\text{к}}}-\frac{kb}{T_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_{\text{к}}R_{\text{апр}}}\frac{R_{\text{A}}}{\beta}\right)x^2+\left[\frac{1}{T_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_{\text{к}}}+\frac{1}{BT_{\text{в}}T_{\text{вв}}}+\right.$$

$$\left.+\frac{1}{BT_{\text{в}}T_{\text{к}}}+\frac{1}{BT_{\text{вв}}T_{\text{к}}}+\frac{k}{T_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_{\text{к}}}\left(1-\frac{R_{\text{A}}}{R_{\text{апр}}}\right)+\frac{kb}{\beta T_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_{\text{к}}B}\right]x+$$

$$+\frac{1+k}{BT_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_{\text{к}}}=0, \tag{3}$$

а уравнение (2) будет:

$$x^3+\left(\frac{1}{T_{\text{в}}}+\frac{1}{T_{\text{вв}}}+\frac{1}{T_{\text{к}}}\right)x^2+$$

$$+\left(\frac{1}{T_{\text{в}}T_{\text{вв}}}+\frac{1}{T_{\text{в}}T_{\text{к}}}+\frac{1}{T_{\text{вв}}T_{\text{к}}}+\frac{kb}{\beta T_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_{\text{к}}}\right)x+\frac{1+k}{T_{\text{в}}T_{\text{вв}}T_{\text{к}}}=0. \tag{4}$$

Полагая в уравнениях (3) и (4) $b=0$, получим уравнения электропривода при отсутствии всяких стабилизаций.

Уравнение для квадратичной системы амплидинного управления вспомогательными механизмами прокатных станов ([3]) с амплидинной стабилизацией при отключенном двигателе

$$x^3+\left(\frac{1}{T_{\text{в}}}+\frac{1}{T_{\text{к}}}+\frac{1}{T_2}+\frac{b_{\text{ста}}}{T_{\text{к}}T_2}\right)x^2+$$

$$+\left(\frac{1}{T_{\text{в}}T_{\text{к}}}+\frac{1}{T_{\text{в}}T_2}+\frac{1}{T_{\text{к}}T_2}+\frac{b_{\text{ста}}}{T_{\text{в}}T_{\text{к}}T_2}+\frac{k}{T_{\text{в}}T_{\text{к}}}\right)x+\frac{1+k}{T_{\text{в}}T_{\text{к}}T_2}=0$$

можно получить из уравнения (2), полагая здесь $T_{\text{вв}}=0$, $b_{\text{ств}}=0$ и $b=0$.

Поступило
24 IV 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] В. П. Никитин, В. К. Туркин и Н. П. Куницкий. Изв. АН СССР, ОТН, № 11 (1946). [2] В. П. Никитин, В. К. Туркин и Н. П. Куницкий, ДАН, 58, № 4 (1947). [3] В. П. Никитин и Н. П. Куницкий, Электричество, № 7 (1947).