

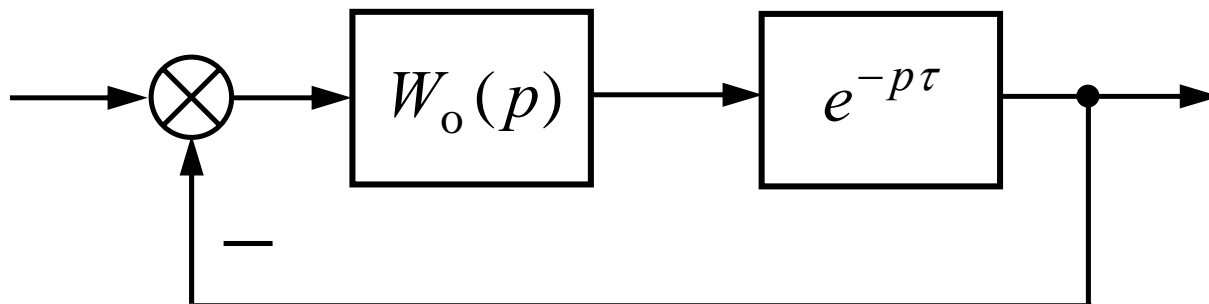
18. Устойчивост на САР с чисто закъснение

1. Честотни характеристики на САР със закъснение

САР със закъснение са особен вид линейни системи. Те имат аналогична структура на обикновените линейни системи, но за разлика от тях притежават закъснение в изменението на изходната величина в едно или няколко звена, включени в системата.

Чистото закъснение се появява вследствие наличие на операции на транспорт на вещество в обекта или като еквивалентен резултат от действието на голям брой малки времеконстанти върху сигналите, преминаващи през обекта.

18. Устойчивост на САУ с чисто закъснение



Предавателната функция на отворената система е:

$$W(p) = W_o(p) e^{-p\tau},$$

където ЧПФ на звеното с чисто закъснение $W_\tau(j\omega)$ и на останалата част от отворената система $W_o(j\omega)$ са, съответно:

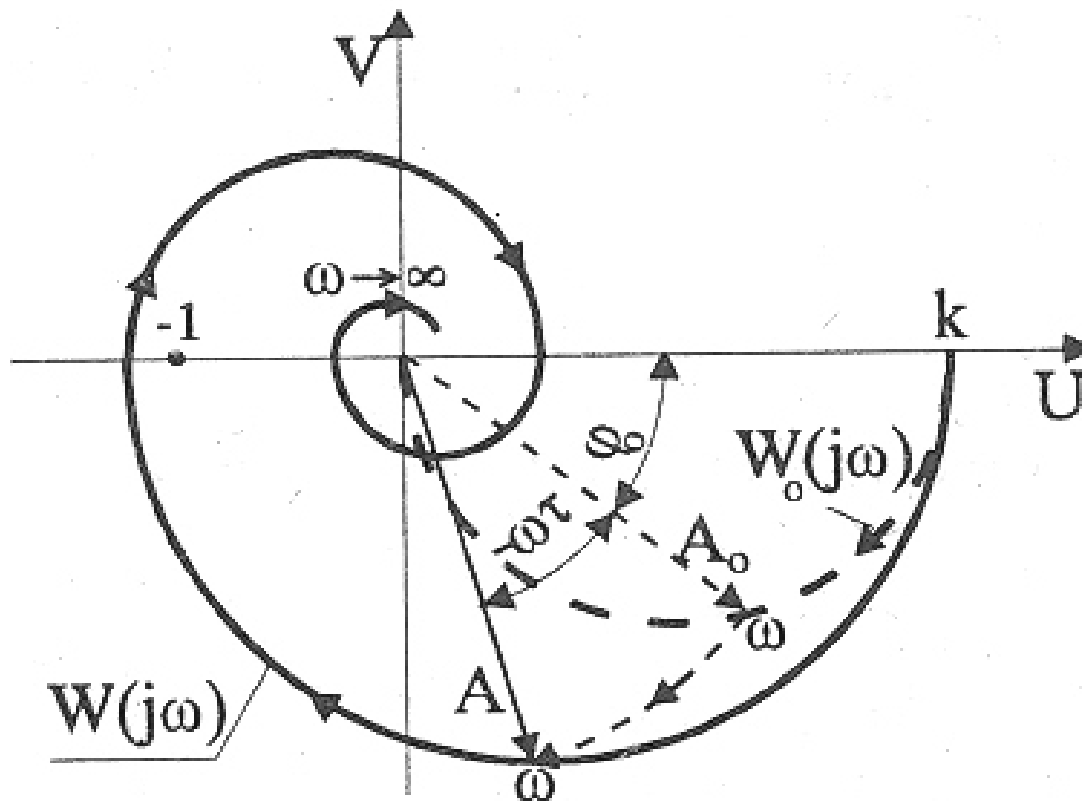
$$W_\tau(j\omega) = e^{-j\omega\tau} \quad \text{и} \quad W_o(j\omega) = A_o(\omega) e^{j\varphi_o(\omega)},$$

ЧПФ на отворената система е:

$$W(j\omega) = A_o(\omega) e^{j\varphi_o(\omega)} e^{-j\omega\tau} = A_o(\omega) e^{j[\varphi_o(\omega) - \omega\tau]}$$

18. Устойчивост на САУ с чисто закъснение

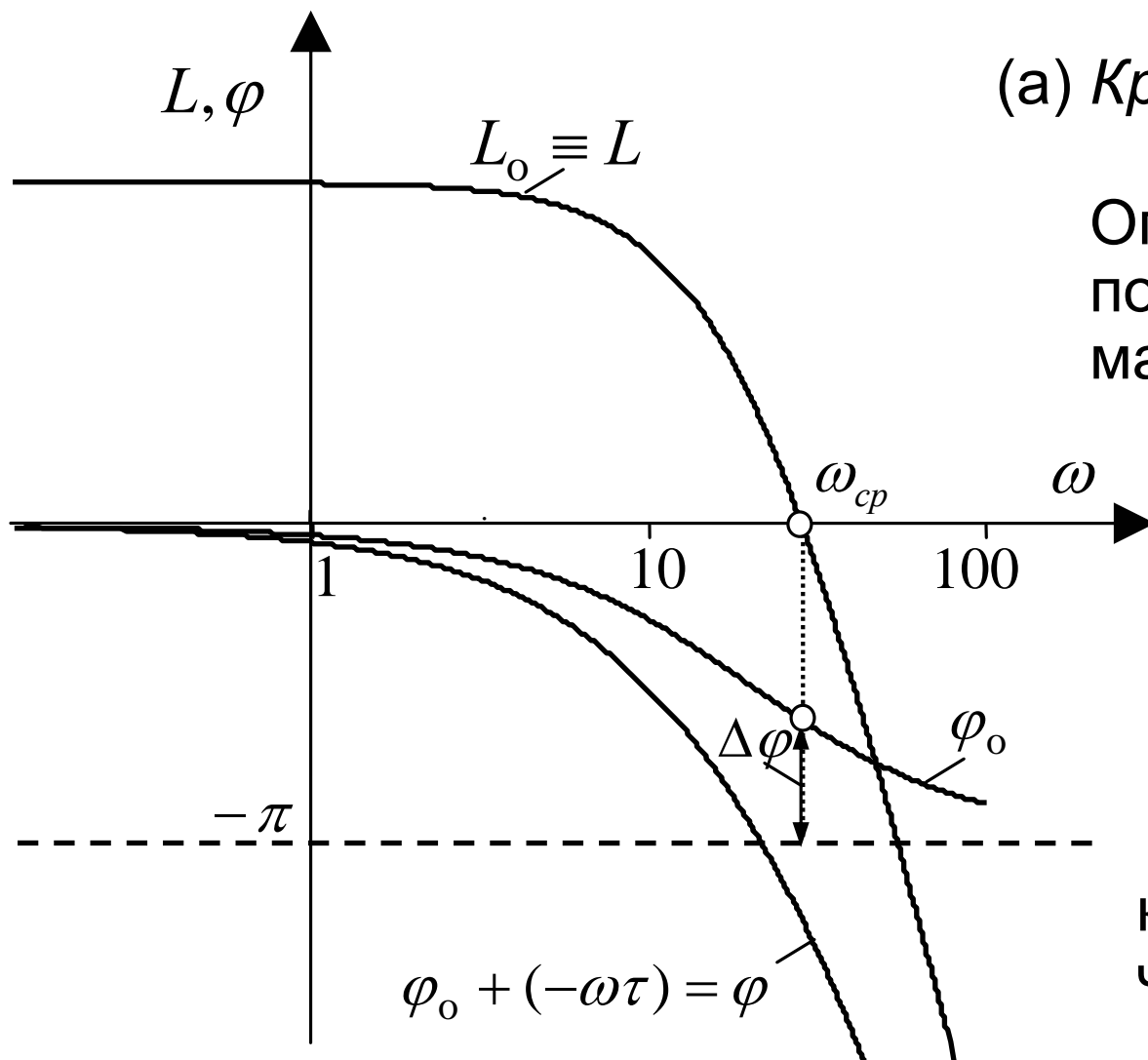
- АЧХ на отворената система не се променя, а ФЧХ намалява, пропорционално на честотата ω (защото $A_\tau(\omega) = 1$ и $\varphi_\tau(\omega) = -\omega\tau$).
- АФЧХ $W(j\omega)$ се завърта в отрицателна посока (преместват се големите амплитуди (НЧ) към т. $(-1; j0)$), което води до влошаване на устойчивостта на затворената система



- АФЧХ $W(j\omega)$ се завива спиралообразно около координатното начало

$$(\varphi_\tau(\infty) = \lim_{\omega \rightarrow \infty} (-\omega\tau) \rightarrow -\infty)$$

2. Критично времезакъснение $\tau_{кр}$ – това закъснение, при което системата е на границата на устойчивост



(а) Критерий на Боде:

Определя се от запаса по фаза $\Delta\varphi$ на системата без закъснение:

$$|\Delta\varphi| = \tau_{кр} \omega_{ср},$$

$$\tau_{кр} = \frac{|\Delta\varphi|}{\omega_{ср}},$$

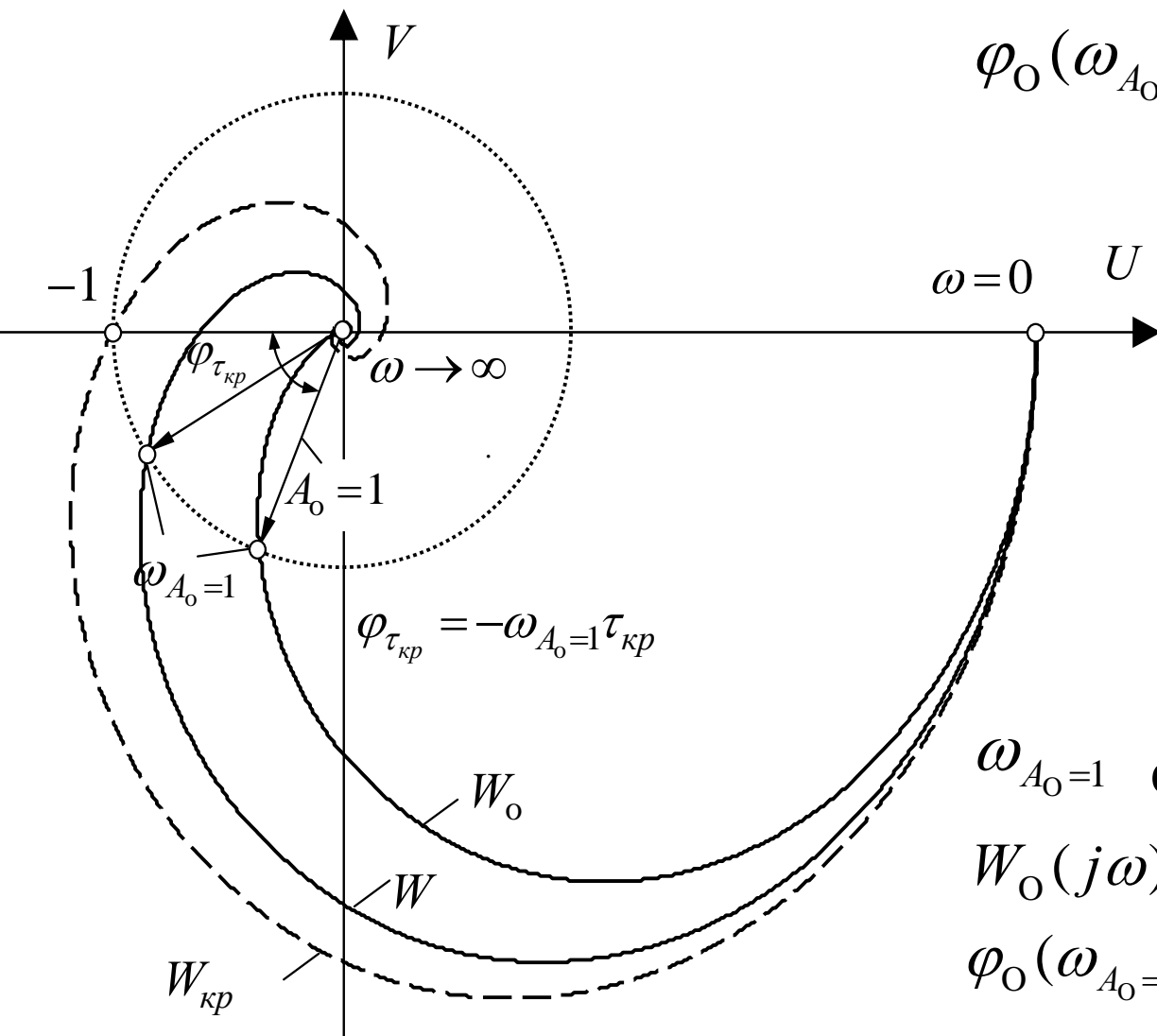
където $\omega_{ср}$ е срязваща честота ($L(\omega_{ср}) = 0$).

18. Устойчивост на САУ с чисто закъснение

(б) Критерий на Найквист:

При $\tau = \tau_{кр}$ АФЧХ $W(j\omega)$ ще премине през т. $(-1; j0)$, \Rightarrow :

$$\varphi_O(\omega_{A_0=1}) + (-\omega_{A_0=1}\tau_{кр}) = -\pi,$$



$$\tau_{кр} = \frac{\varphi_O(\omega_{A_0=1}) + \pi}{\omega_{A_0=1}},$$

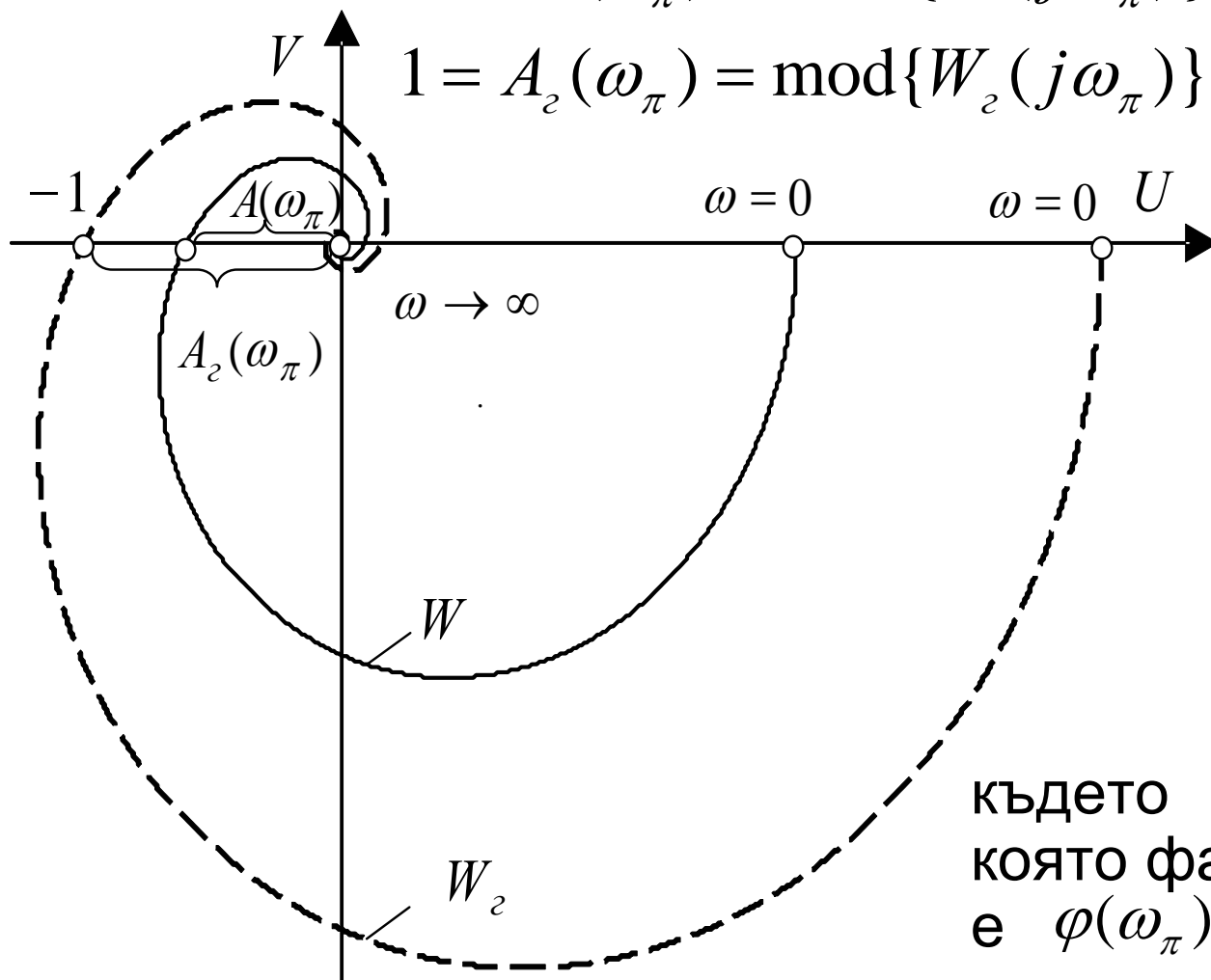
$\omega_{A_0=1}$ е честотата, при която $W_O(j\omega)$ има амплитуда $A_0 = 1$
 $\varphi_O(\omega_{A_0=1}) \in [0; -\pi]$.

3. Определяне на граничния предавателен коефициент k_2

От критерия на Найквист следва:

$$A(\omega_\pi) = \text{mod}\{W(j\omega_\pi)\} = k \text{ mod}\{W_1(j\omega_\pi)\},$$

$$1 = A_2(\omega_\pi) = \text{mod}\{W_2(j\omega_\pi)\} = k_2 \text{ mod}\{W_1(j\omega_\pi)\},$$



$$\frac{k_2}{k} = \frac{1}{A(\omega_\pi)},$$

$$k_2 = \frac{k}{A(\omega_\pi)},$$

където ω_π е честотата, при която фазата на $W(j\omega)$ е $\varphi(\omega_\pi) = -\pi$.