

Esami di stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere - I sessione 1996

Ingegneria Informatica

TEMA 2

CONTROLLO DI POSIZIONE DI UN BRACCIO MECCANICO

Si consideri lo schema di Figura 1, che descrive un braccio meccanico di inerzia J_2 e posizione angolare θ , mosso da un motore elettrico a corrente continua tramite un riduttore ad ingranaggi di rapporto τ , la cui rigidità torsionale è indicata con K_r . I coefficienti di attrito viscoso sono indicati con $\beta_i, i=1,2$. Il motore sia alimentato da un alimentatore in grado di fornire al motore una corrente $I(t)$ proporzionale alla tensione di comando $V(t)$. Sul braccio agisca una coppia resistente C_2 e sull'albero motore agisca una coppia di attrito radente A_f .

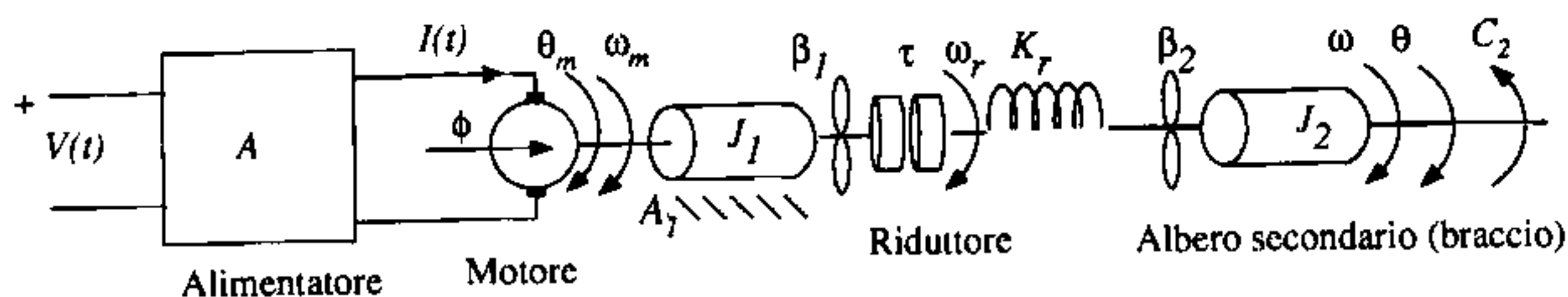


Figura 1 - Schema elettromeccanico

Il rapporto di riduzione τ è definito come $\tau = \omega_m / \omega$, Φ indica il flusso motore o costante di coppia del motore a corrente continua e θ_m indica la posizione angolare dell'albero motore.

TEMI DA SVOLGERE

ANALISI DINAMICA NEL TEMPO (tema comune)

1. Si scrivano, a partire dallo schema di Figura 1, le equazioni di stato a tempo continuo in forma letterale e numerica, scegliendo con cura ingressi (comando e disturbi) e variabili di stato.
2. Si calcolino, trascurando l'attrito radente, gli autovalori dell'equazione di stato in forma approssimata, assumendo che gli autovalori siano separabili in due autovalori di bassa frequenza e in due autovalori di alta frequenza. Ad esempio, per calcolare gli autovalori di alta frequenza, si approssimi l'equazione degli autovalori nell'ipotesi che due radici siano di modulo elevato (lontane dall'origine). Si riporti per ciascun autovalore la formula approssimata e il valore numerico.

Dati numerici: $J_1 = 10 \text{ kgm}^2$, $J_2 = 0,0002 \text{ kgm}^2$, $\tau = 200$, $K_r = 100000 \text{ Nm}$, $\phi = 0,1 \text{ Vs}$, $\beta_1 = 0,0005 \text{ Nms}$, $\beta_2 = 0$, $A = 1 \text{ A/V}$.

PROGETTO DI MASSIMA DEL CONTROLLO
Tema 2 - CONTROLLO ANALOGICO

Analisi dinamica in frequenza.

1. Si tracci lo schema a blocchi nella variabile s delle equazioni di stato ottenute dall'analisi dinamica, considerando attriti radenti e coppia di gravità come disturbi. Si indichi con $p_a=500$ rad/s la banda passante dell'alimentatore e con $K_t=3$ V/rad la costante del trasduttore di posizione angolare.
2. Utilizzando gli autovalori approssimati, ottenuti in sede di analisi dinamica, si dimostri che lo schema a blocchi si può scrivere come in Figura 3. Si calcolino i valori numerici dei parametri dello schema a blocchi e la FdT $Q(s)$. Si noti che C_2 è la coppia di gravità sul braccio. Si calcoli il valore massimo in modulo c della coppia C_2 . L'attrito radente sia descritto dalla caratteristica ideale in Figura 3 con $a=0,1$ Nm.
3. Si traccino i diagrammi di Bode in modulo e argomento delle FdT (Funzioni di Trasferimento) $P_1(s)=\theta(s)/V(s)$, $P_2(s)=\theta(s)/C_2(s)$ sia in forma asintotica sia in forma reale (quest'ultima in modo qualitativo, ma indicando i valori degli eventuali picchi di risonanza e antirisonanza).

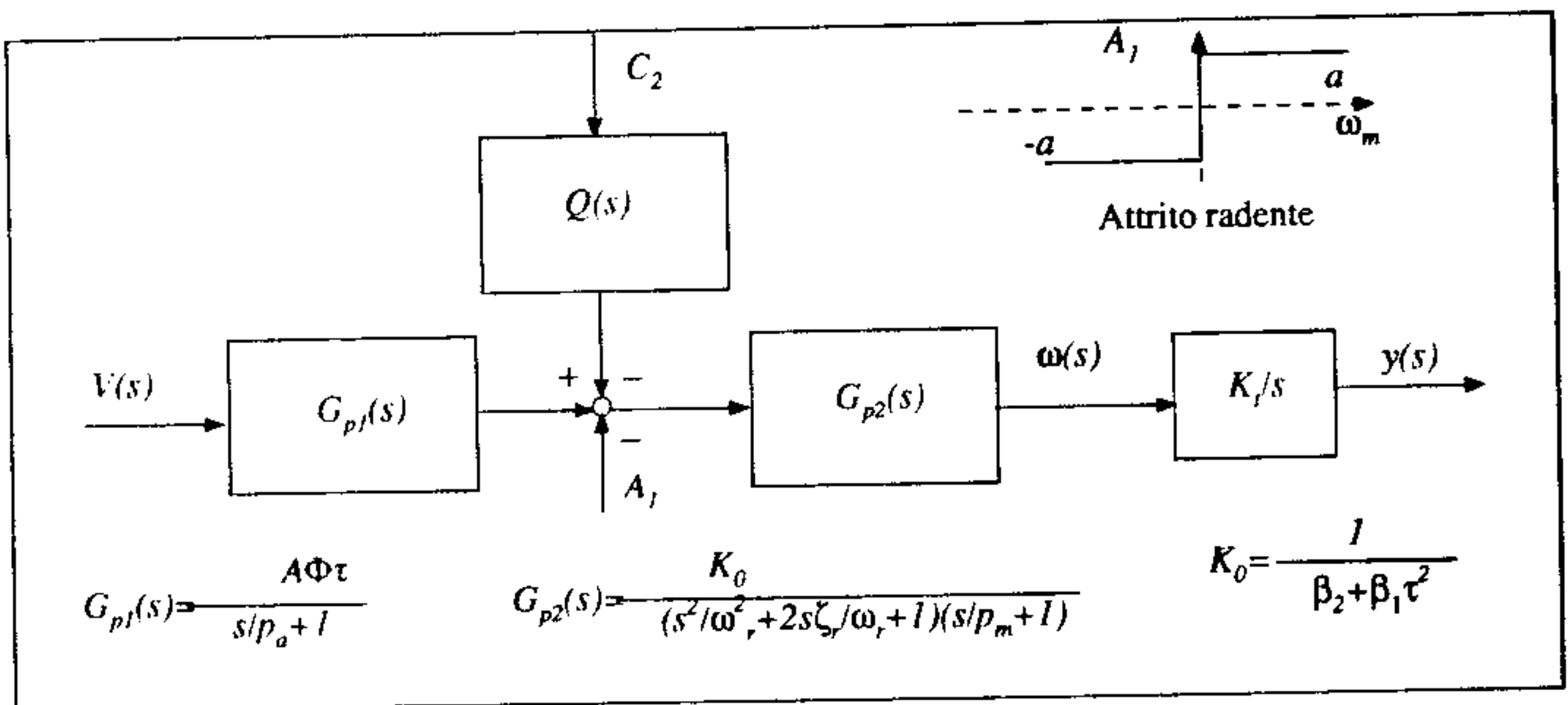


Figura 3 - FdT dell'impianto da controllare

Specifiche del controllo

Le FdT dell'impianto da controllare sono illustrate in Figura 3. In alternativa ai dati ottenuti al punto precedente si possono usare i seguenti dati (indicare quali sono stati usati): $\tau=250$, $p_m=2,8$ rad/s, $\omega_r=200$ rad/s, $\zeta_r=0,007$, $A=1$ A/V, $\Phi=0,2$ Vs, $p_a=500$ rad/s (banda passante dell'alimentatore), $K_t=3$ V/rad (costante del trasduttore di posizione angolare), $|C_2| \leq 40$ Nm.

Si progetti una FdT compensatrice per l'impianto schematizzato nella Figura 3 che soddisfi le seguenti specifiche:

1. Errore a regime sull'uscita θ a causa del contributo complessivo dei disturbi additivi A_1 e C_2 , $|e_d|_{\infty} \leq 1$ mrad
2. Errore a regime di inseguimento alla rampa unitaria, $|e_r|_{\infty} \leq 10$ mV

3. Tempo di salita nella risposta ad un gradino unitario, $t_s \leq 0,5s$
4. Sovraelongazione massima nella risposta ad un gradino unitario, $\Delta \leq 15\%$
5. Margine di guadagno per $\omega = \omega_r$: 6dB.

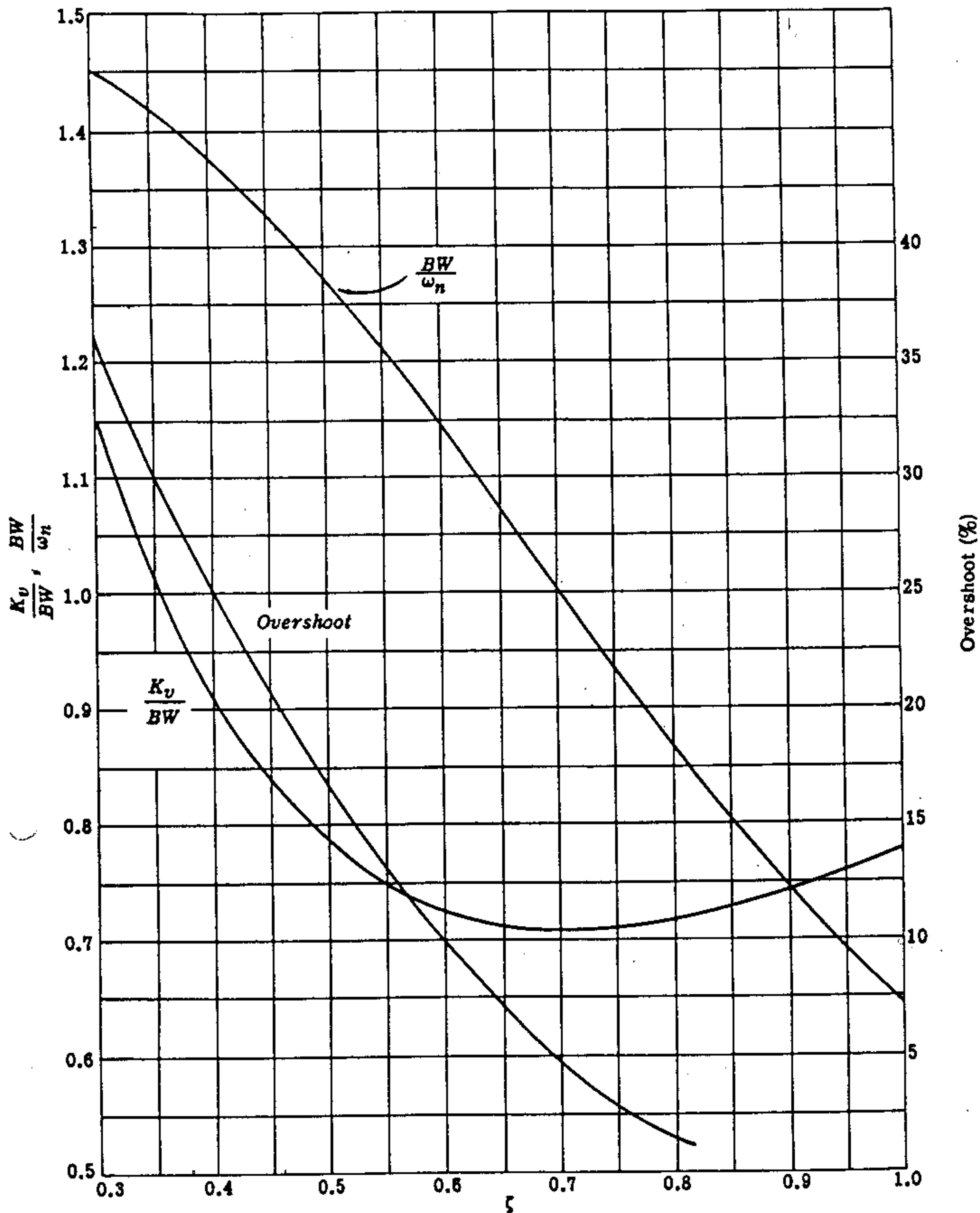
Passi del progetto.

1. Si seguano i seguenti passi principali:
 - a. Analisi delle specifiche
 - b. Progetto della FdT compensatrice
 - c. Verifica della FdT compensatrice mediante la carta di Nichols e il luogo delle radici
 - d. Tracciamento dei diagrammi di Bode dalle FDT d'anello, tra riferimento e θ , e di sensibilità.

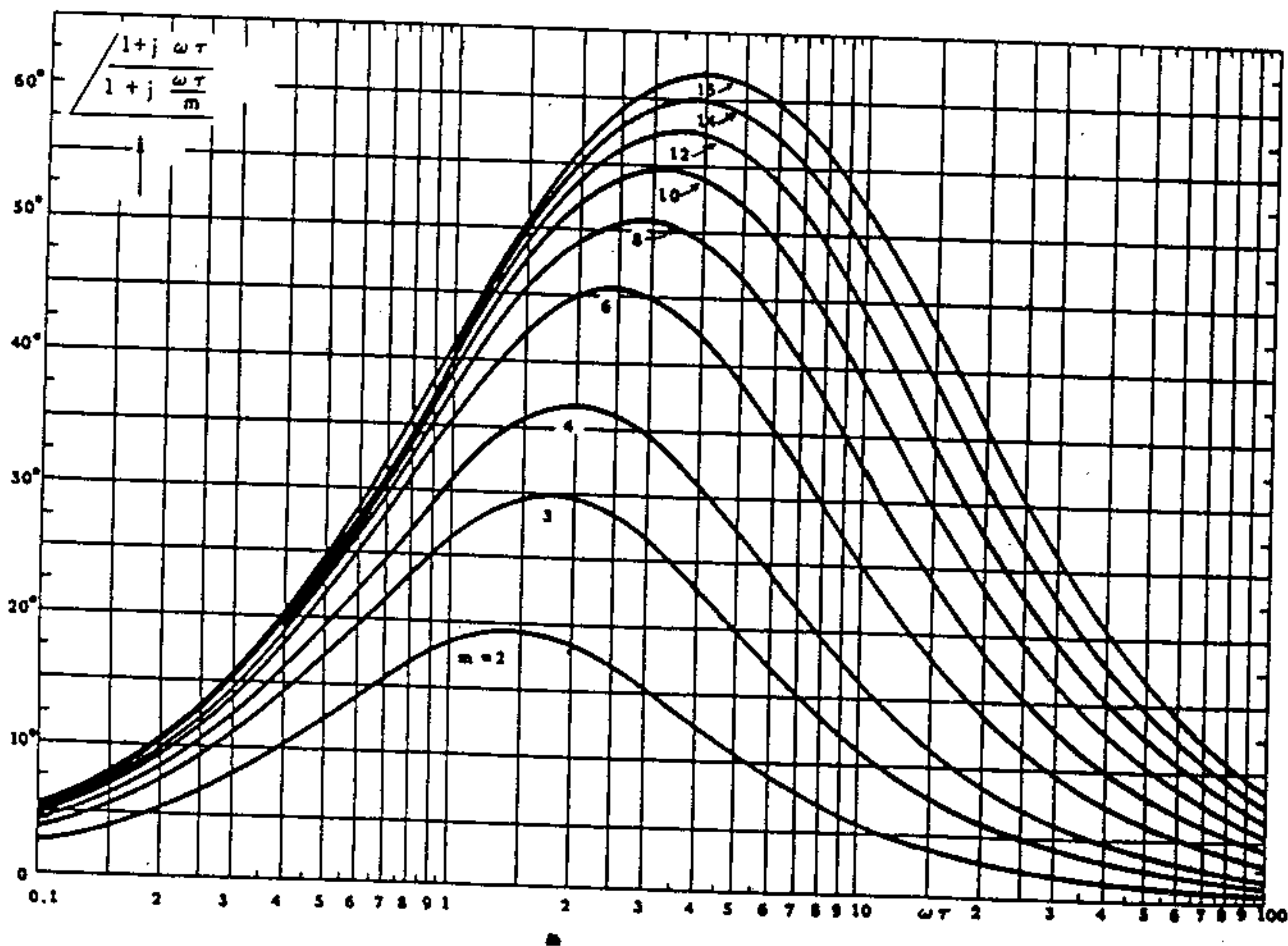
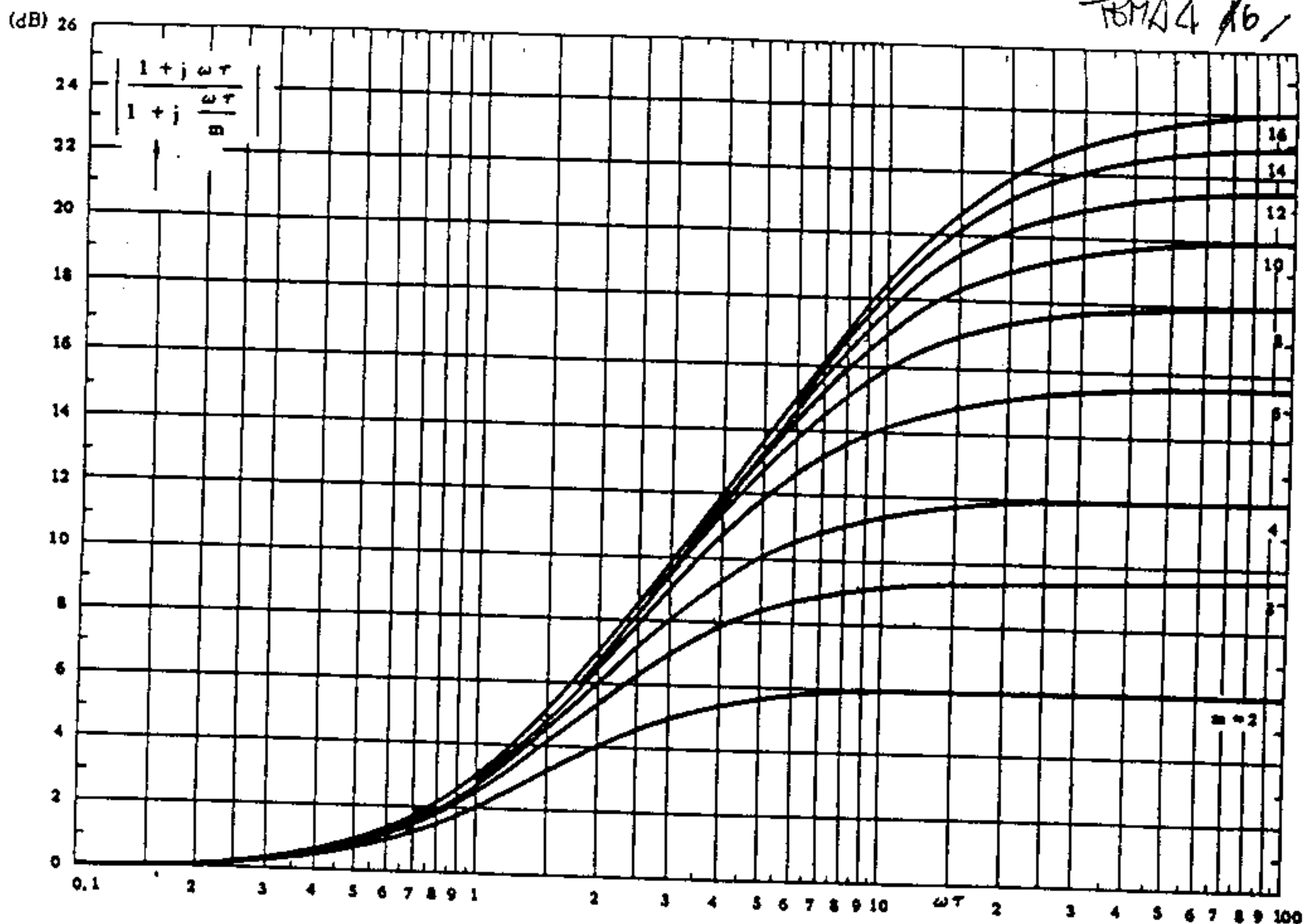
Allegati

1. n. 2 fogli di carta millimetrata
2. n. 3 fogli di carta semilogaritmica
3. n. 2 carte di Nichols
4. n. 2 diagrammi per il progetto

[illegible]

FIG. 5.12-2. Relations between bandwidth, K_v , and overshoot:

$$T(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

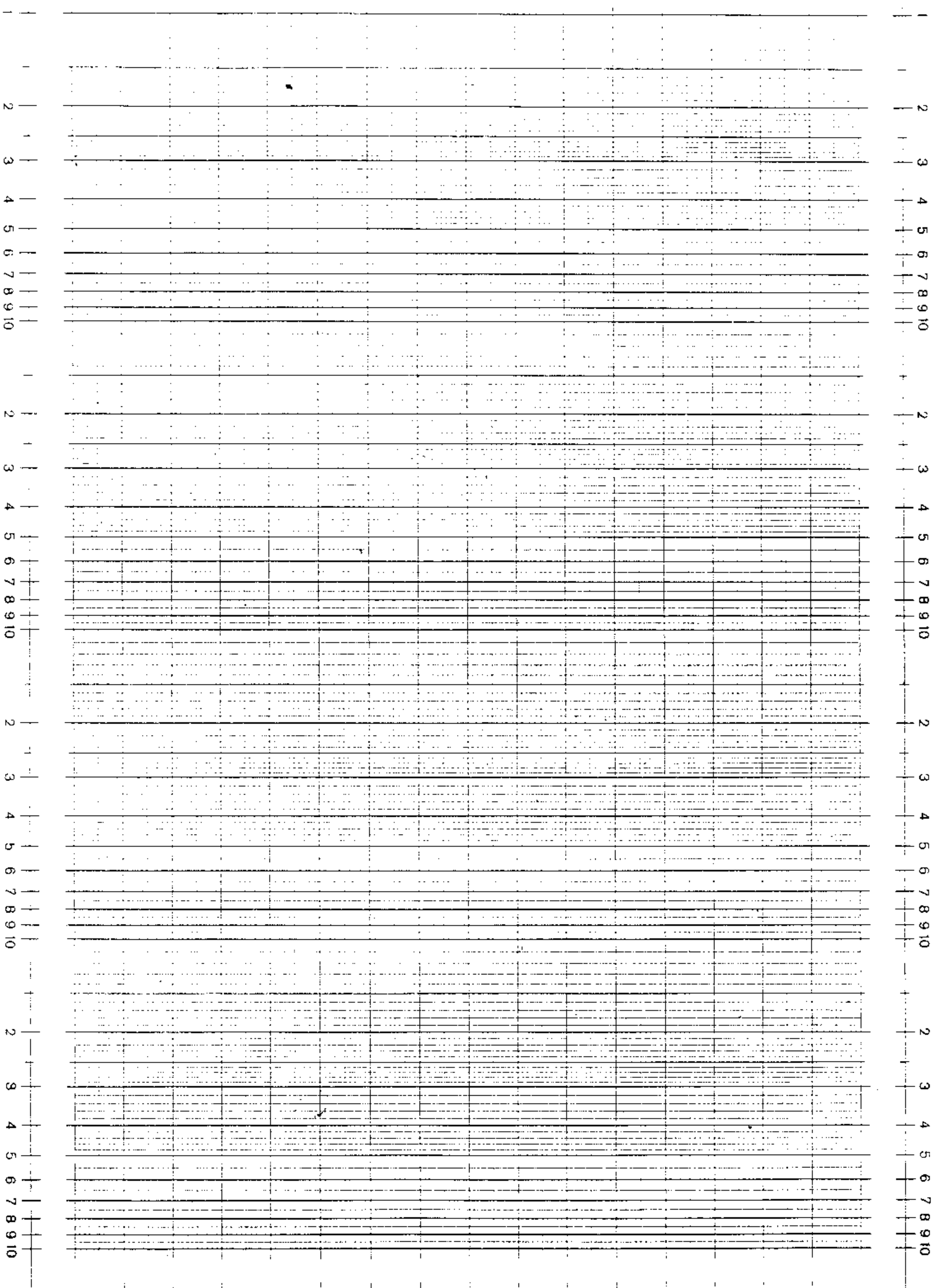


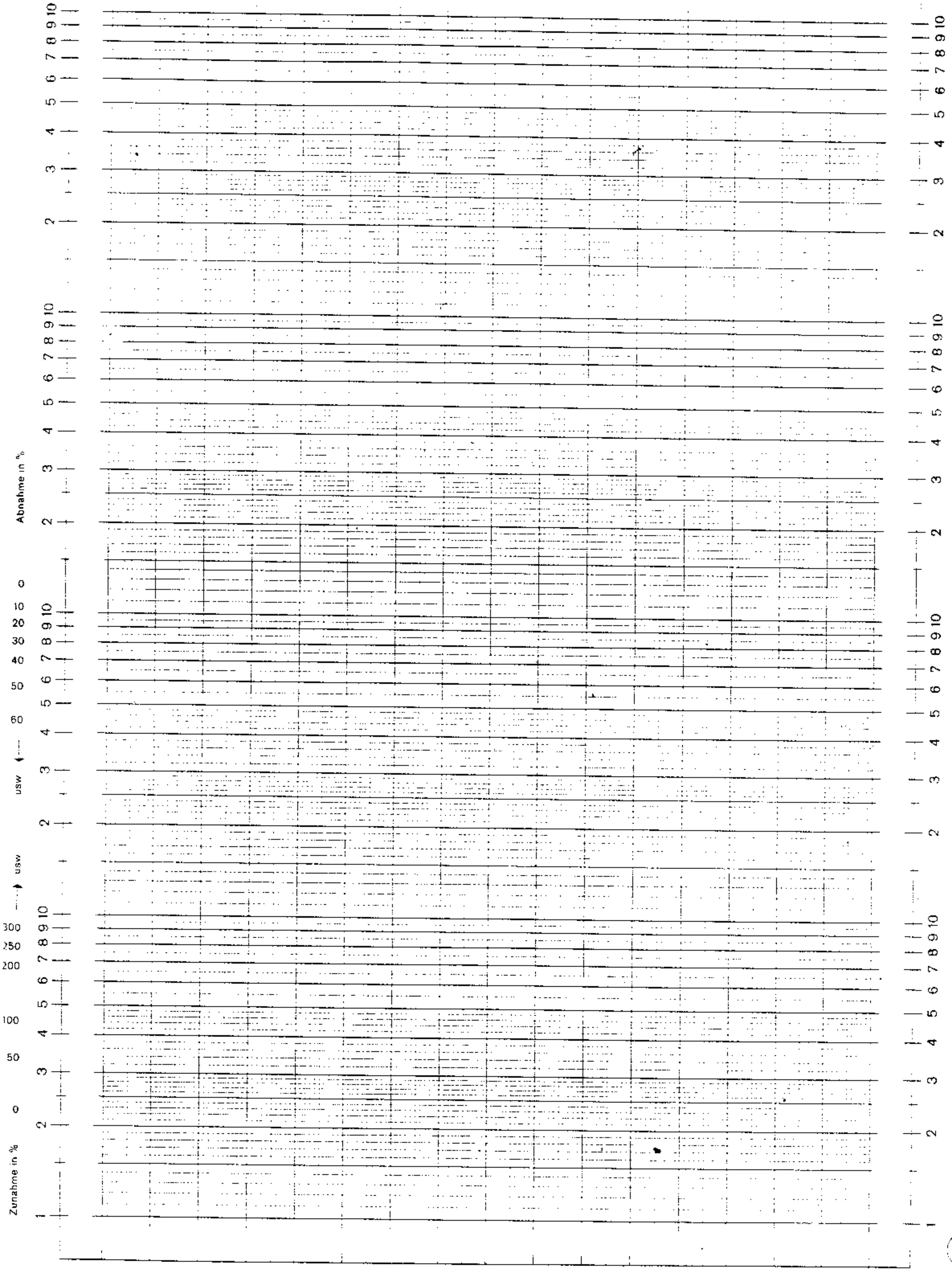
TBNA 4 47/

STRUCTURE $\Gamma = \Gamma_1 \cup \Gamma_2 \cup \Gamma_3 \cup \Gamma_4 \cup \Gamma_5 \cup \Gamma_6 \cup \Gamma_7 \cup \Gamma_8 \cup \Gamma_9 \cup \Gamma_{10} \cup \Gamma_{11} \cup \Gamma_{12} \cup \Gamma_{13} \cup \Gamma_{14} \cup \Gamma_{15} \cup \Gamma_{16} \cup \Gamma_{17} \cup \Gamma_{18} \cup \Gamma_{19} \cup \Gamma_{20} \cup \Gamma_{21} \cup \Gamma_{22} \cup \Gamma_{23} \cup \Gamma_{24} \cup \Gamma_{25} \cup \Gamma_{26} \cup \Gamma_{27} \cup \Gamma_{28} \cup \Gamma_{29} \cup \Gamma_{30} \cup \Gamma_{31} \cup \Gamma_{32} \cup \Gamma_{33} \cup \Gamma_{34} \cup \Gamma_{35} \cup \Gamma_{36} \cup \Gamma_{37} \cup \Gamma_{38} \cup \Gamma_{39} \cup \Gamma_{40} \cup \Gamma_{41} \cup \Gamma_{42} \cup \Gamma_{43} \cup \Gamma_{44} \cup \Gamma_{45} \cup \Gamma_{46} \cup \Gamma_{47} \cup \Gamma_{48} \cup \Gamma_{49} \cup \Gamma_{50} \cup \Gamma_{51} \cup \Gamma_{52} \cup \Gamma_{53} \cup \Gamma_{54} \cup \Gamma_{55} \cup \Gamma_{56} \cup \Gamma_{57} \cup \Gamma_{58} \cup \Gamma_{59} \cup \Gamma_{60} \cup \Gamma_{61} \cup \Gamma_{62} \cup \Gamma_{63} \cup \Gamma_{64} \cup \Gamma_{65} \cup \Gamma_{66} \cup \Gamma_{67} \cup \Gamma_{68} \cup \Gamma_{69} \cup \Gamma_{70} \cup \Gamma_{71} \cup \Gamma_{72} \cup \Gamma_{73} \cup \Gamma_{74} \cup \Gamma_{75} \cup \Gamma_{76} \cup \Gamma_{77} \cup \Gamma_{78} \cup \Gamma_{79} \cup \Gamma_{80} \cup \Gamma_{81} \cup \Gamma_{82} \cup \Gamma_{83} \cup \Gamma_{84} \cup \Gamma_{85} \cup \Gamma_{86} \cup \Gamma_{87} \cup \Gamma_{88} \cup \Gamma_{89} \cup \Gamma_{90} \cup \Gamma_{91} \cup \Gamma_{92} \cup \Gamma_{93} \cup \Gamma_{94} \cup \Gamma_{95} \cup \Gamma_{96} \cup \Gamma_{97} \cup \Gamma_{98} \cup \Gamma_{99} \cup \Gamma_{100}$

Bestell-Nr. 667 054, Nr. 36912:6 MADE IN GERMANY

Eine Achse logarith. geteilt von 1 bis 10.000, Einheit 62,5 mm, die andere in mm mit Prozentmaßstab

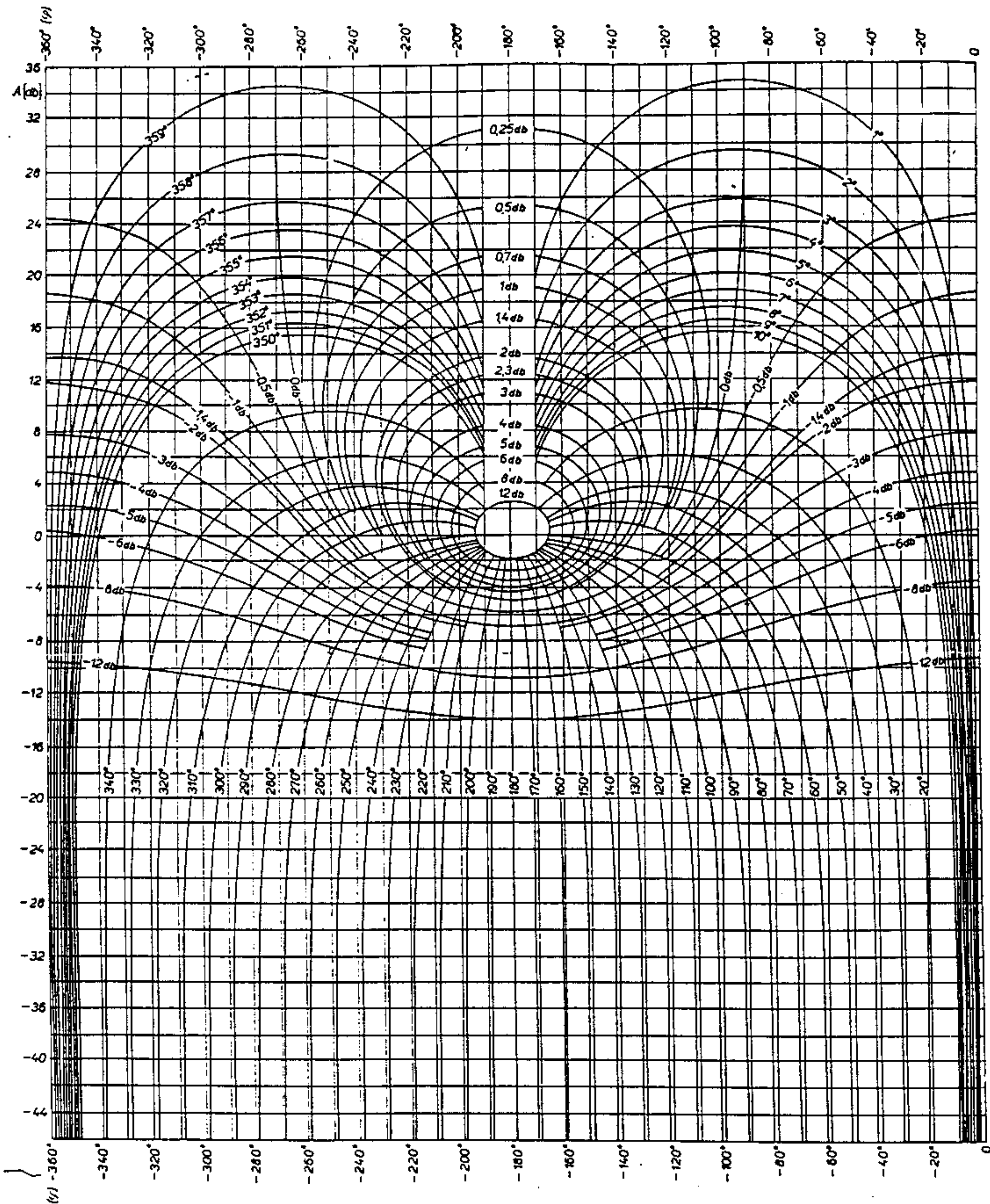




Eine Achse logarithmisch geteilt von 1 bis 10000. Einheit 62,5 mm, die andere in mm mit Prozentmaßstab

BRUNNEN Nr. 667 054, Nr. 369 1/2: 6 mm hoch

BRUNNEN & SCHULZ GMBH 3352 EINBECK



Carta di Nichols (par. 6.4).