

7

ISSN 0312-5299

1996

И Н Ф О Р М А Ц И О Н Н Ы Й Б Ю Л Л Е Т Е Н Ь

РУКОВОДЯЩИЕ МАТЕРИАЛЫ

ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
СЕЛЬСКОГО
ХОЗЯЙСТВА

МОСКВА

**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ОТКРЫТОГО ТИПА ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
СЕТЕВЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

АО РОСЭП

**РУКОВОДЯЩИЕ
МАТЕРИАЛЫ
ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
СЕЛЬСКОГО
ХОЗЯЙСТВА**

Июль

Москва 1996

СО Д Е Р Ж А Н И Е

информационные и методические материалы по проектированию, строительству и эксплуатации сельских электрических сетей (ИММ)

стр.

02. Линии электропередачи ИММ N 02.04-96 от 13.03.96 Номограммы и таблицы расчетов электрических сетей 0,38 кВ.....	3
---	---

Подписано в печать
Усл.печ.л. 16,8
Тираж 600 экз.

Формат
Учетн.-изд.л. 13,5
Зак. N 40

АО РОСЭП

111395, Москва, Аллея Первой Маевки, 15

МСЛ - 004174

Акционерное общество открытого типа по проектированию
сетевых и энергетических объектов

АО РОСЭП

ИНФОРМАЦИОННЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

по проектированию, строительству и эксплуатации сельских электрических сетей

13.03. 96

02.04-96

N

Москва

Номограммы и таблицы
расчетов эл. сетей 0,38 кВ

Публикуем, в качестве вспомогательных материалов, номограммы, таблицы и рекомендации по расчету электрических сетей 0,38 кВ в сельской местности.

Указанные вспомогательные материалы для проектирования эл. сетей составлены на основе ранее разработанных институтом материалов с соответствующей корректировкой и обновлением.

Публикуемые номограммы и таблицы позволяют облегчить выполнение расчетов электрических сетей напряжением 0,38 кВ когда нет возможности использовать компьютерную вычислительную технику.

Результаты расчетов, определенные по номограммам приближены, но достаточны для проведения технических расчетов в проектах.

Приложения :

1. Номограммы для определения потери напряжения в ВЛ 0,38 кВ.
2. Номограммы для определения потери напряжения в КЛ 0,38 кВ
3. Таблицы для определения потери напряжения в силовых трансформаторах 6-10/0,4 кВ мощностью до 630 кВА
4. Рекомендации по выбору аппаратов и расчету защит на ТП 6-10/ 0,4 кВ
5. Номограммы для определения значений токов КЗ между фазным и нулевым проводом в ВЛ 0,38 кВ

6. Номограммы для определения значений токов трехфазного и двухфазного КЗ в ВЛ 0,38 кВ
7. Номограммы для проверки условий пуска электродвигателей, присоединяемых к сельским электрическим сетям
8. Справочные данные для проектирования ВЛ 0,38 кВ

Директор НИЦ АО РОСЭЛ



Ю.М.Кадыков

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1. Номограммы для определения потери напряжения в ВЛ 0,38 кВ.....	6
2. Номограммы для определения потери напряжения в КЛ 0,38 кВ.....	31
3. Таблицы для определения потери напряжения в силовых трансформаторах 6-10/0,4 кВ мощностью до 630 кВА.....	67
4. Рекомендации по выбору аппаратов и расчету защит на ТП 6-10/ 0,4 кВ.....	71
5. Номограммы для определения значений токов КЗ между фазным и нулевым проводами в ВЛ 0,38 кВ.....	79
6. Номограммы для определения значений токов трехфазного и двухфазного КЗ в ВЛ 0,38 кВ.....	87
7. Номограммы для проверки условий пуска электродвигателей, присоединяемых к сельским электрическим сетям.....	95
8. Справочные данные для проектирования ВЛ 0,38 кВ.....	132

НОМОГРАММЫ
для определения потери напряжения
в воздушных линиях электропередачи
напряжением 0,38 кВ

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

1. Номограммы для определения потери напряжения в ВЛ 0,38 кВ

Введение

Номограммы :

Линии (провода) уличного освещения.....	10
Однофазные линии 220 В (1ф+0).....	11
Двухфазные линии 2/220 В (2ф+0).....	12
Трехфазные линии 380/220 В (3ф+0).....	13
$\cos \psi = 0,98$	13
$\cos \psi = 0,95$	14
$\cos \psi = 0,92$	15
$\cos \psi = 0,9$	16
$\cos \psi = 0,85$	17
$\cos \psi = 0,8$	18
$\cos \psi = 0,7$	19
$\cos \psi = 0,65$	20
$\cos \psi = 0,6$	21
$\cos \psi = 0,55$	22
$\cos \psi = 0,5$	23
$\cos \psi = 0,45$	24
$\cos \psi = 0,40$	25
Однофазные системы (трехпроводные линии 2х220 В)	26

2. Номограмма для определения средних значений коэффициентов мощности на отдельных участках ВЛ 0,38 кВ.....27

1. Номограммы для определения потери напряжения в ВЛ 0,38 кВ.

Введение.

Номограммы предназначены для определения потери напряжения в воздушных линиях электропередачи напряжением 380/220 В по заданным нагрузкам, марке, сечению и коэффициенту мощности нагрузки.

Характеристики проводов, принятые по действующим ГОСТам и ТУ, приведены в разделе 8.

Номограммы составлены отдельно : по величине напряжения, по системе электроснабжения (трехфазная и однофазная), а также по значениям коэффициентов мощности нагрузки и по маркам и сечениям проводов.

Графики номограмм, приведенные для проводов марки А, распространяются также на провода марок АКП.

Графики номограмм, приведенные для проводов марки АС, распространяются также на провода марок АСК и АСКС.

Номограммы имеют следующие шкалы :

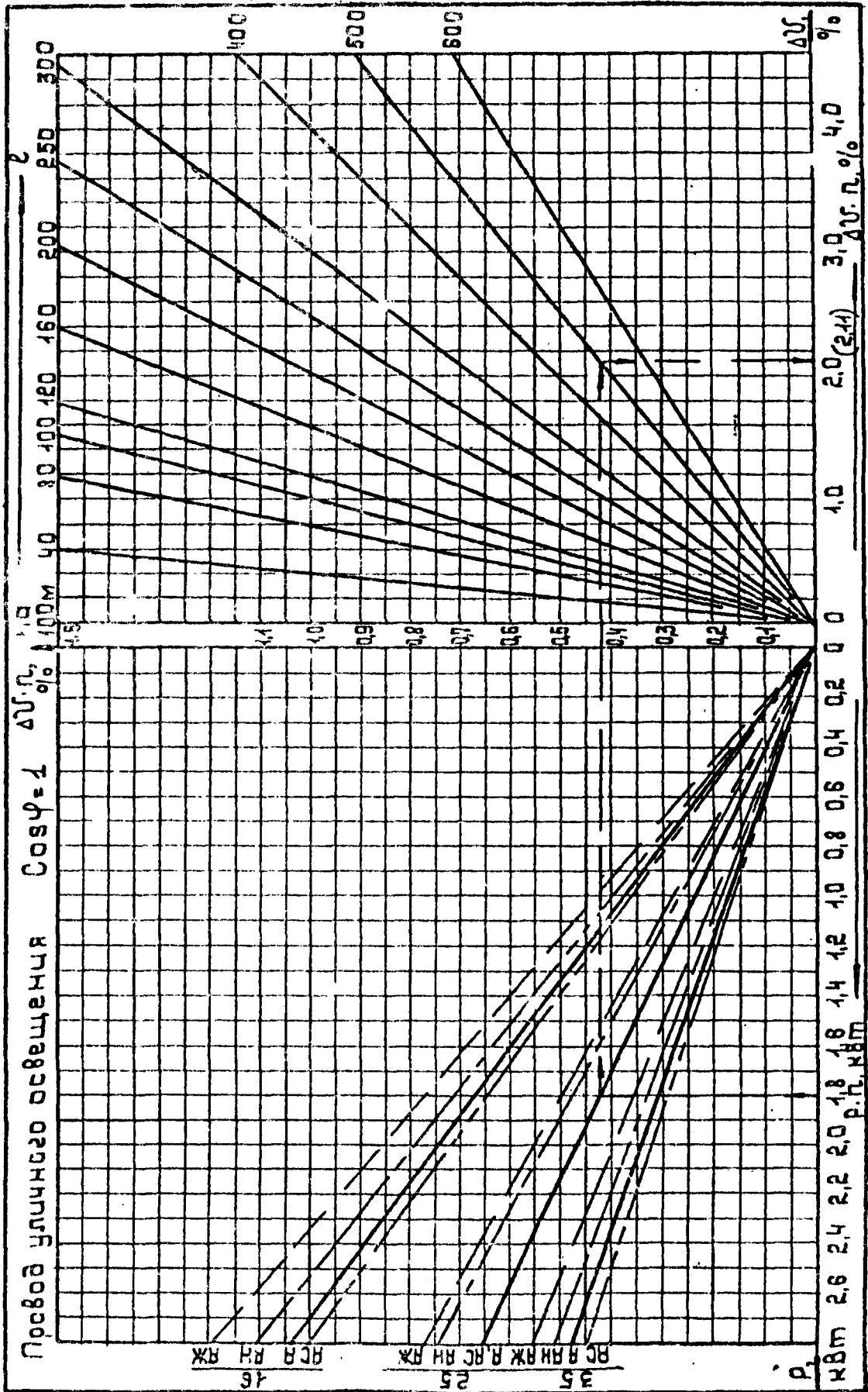
- в левой части внизу - шкалы мощностей, выраженных в кВ·А;
- в левой части вверху - графики для различных марок и сечений проводов;
- в средней части - потери напряжения в % от номинального на 100 м или км;
- в правой верхней части - графики для различных длин линий в м или км;
- в правой нижней части - потери напряжения в % от номинального на расчетном участке.

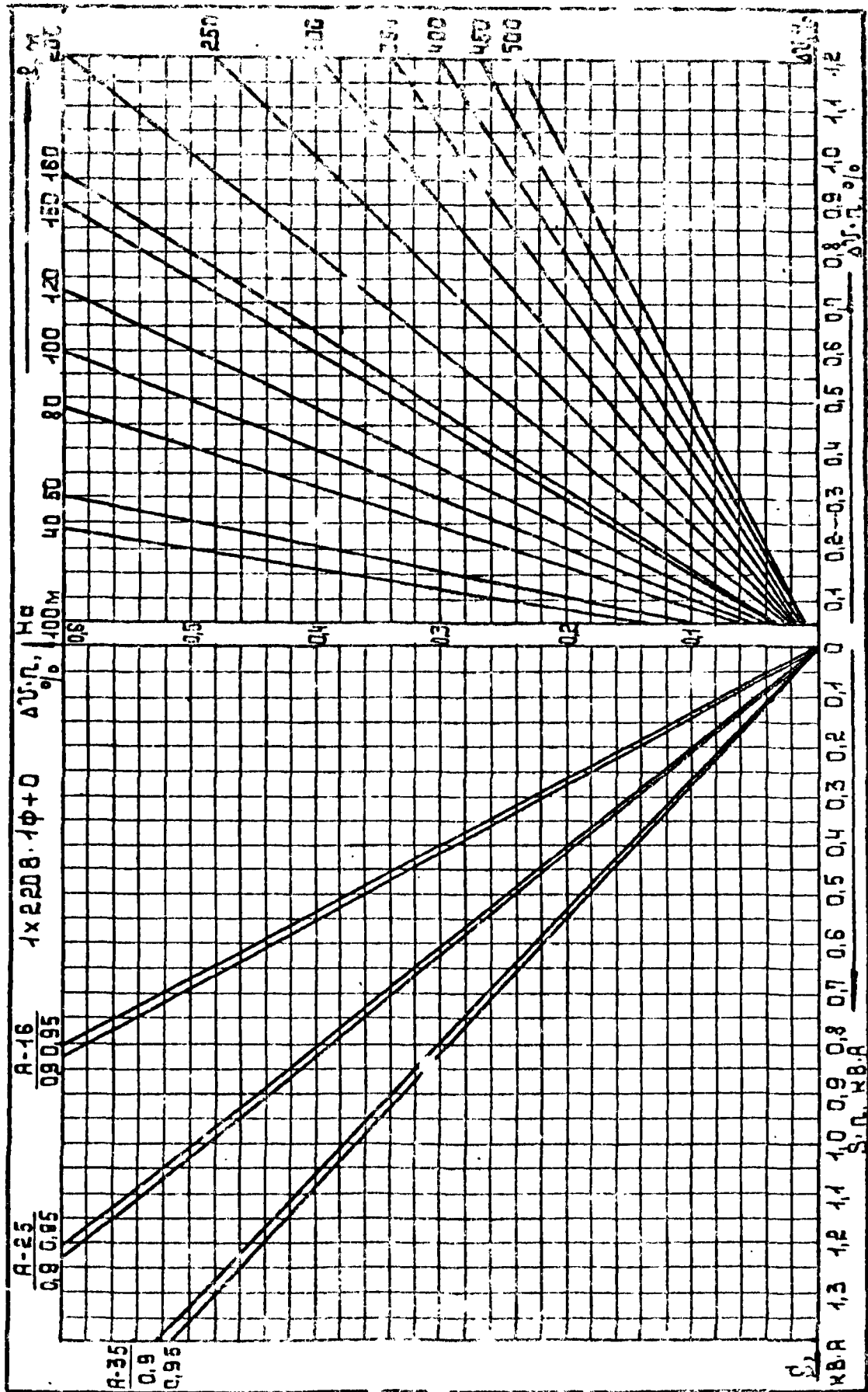
Для проводов марок А, АС, АН и АЖ значение полной мощности (кВ·А) можно принимать увеличенной или уменьшенной в "n" раз, при этом получаемые значения потерь напряжения следует принимать соответственно в "n" раз уменьшенными или увеличенными (наоборот).

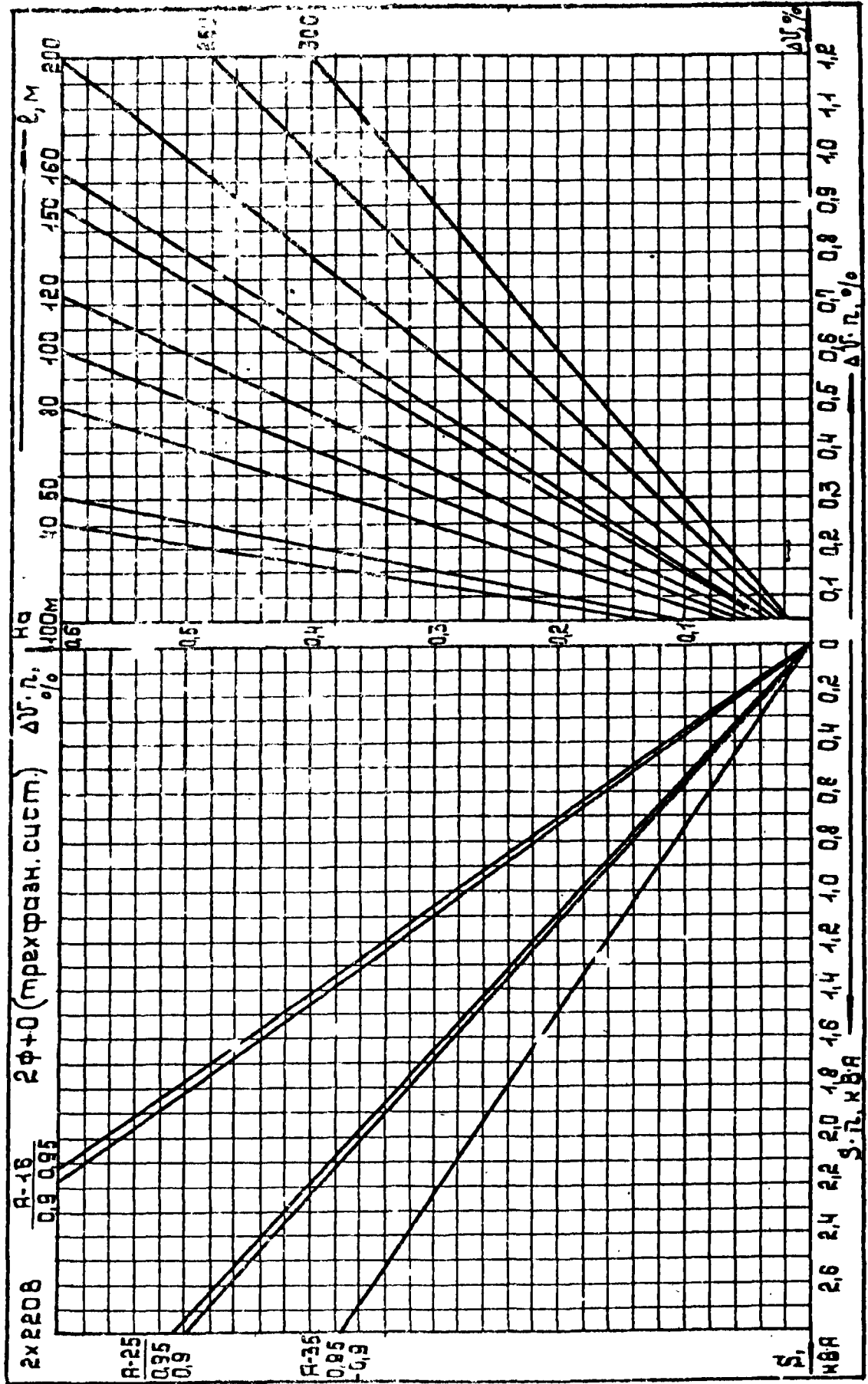
Ключи пользования номограммами приведены на ряде номограмм.

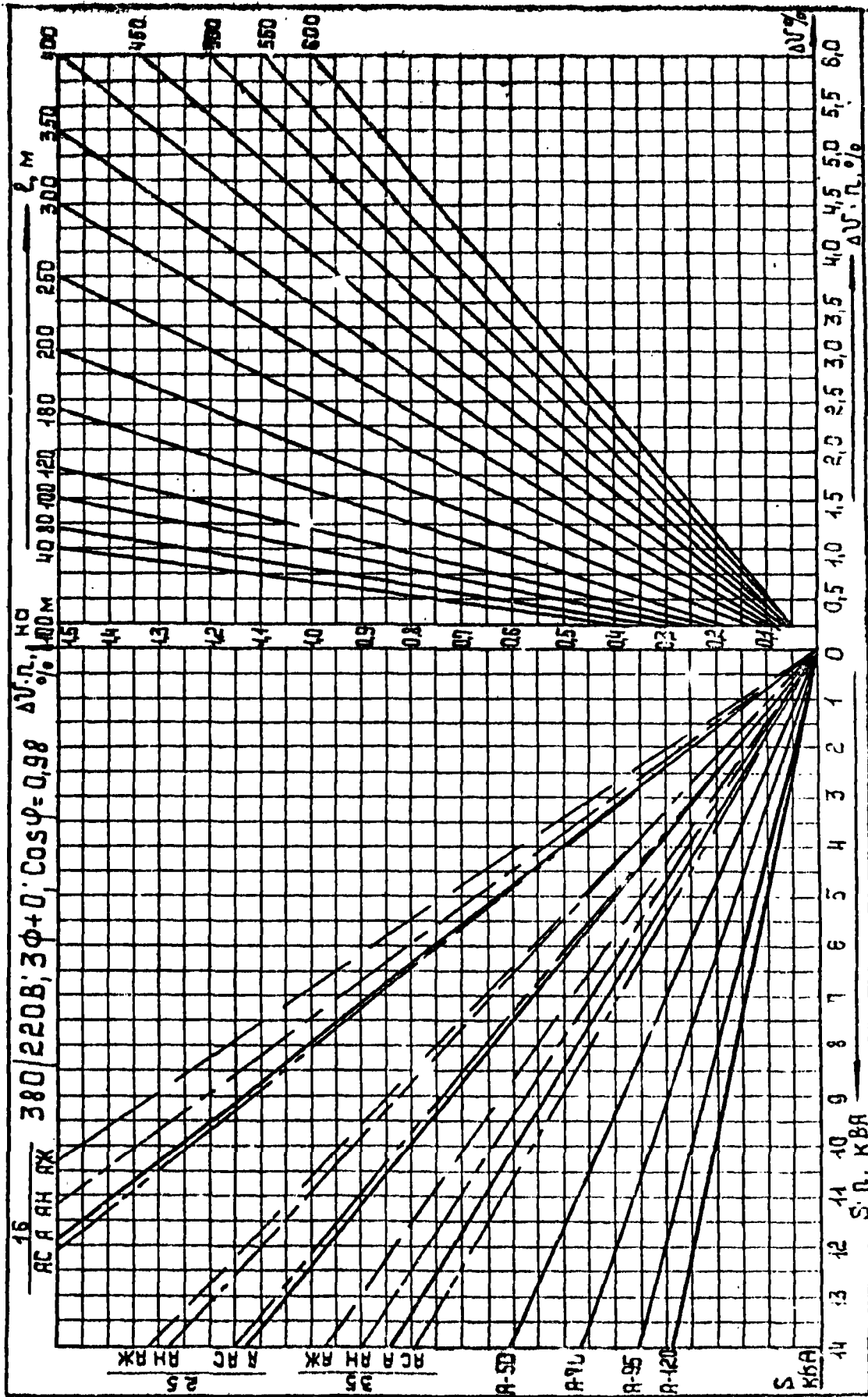
Получаемые по номограммам результаты приближены, но достаточно точны для проведения технических расчетов в проектах.

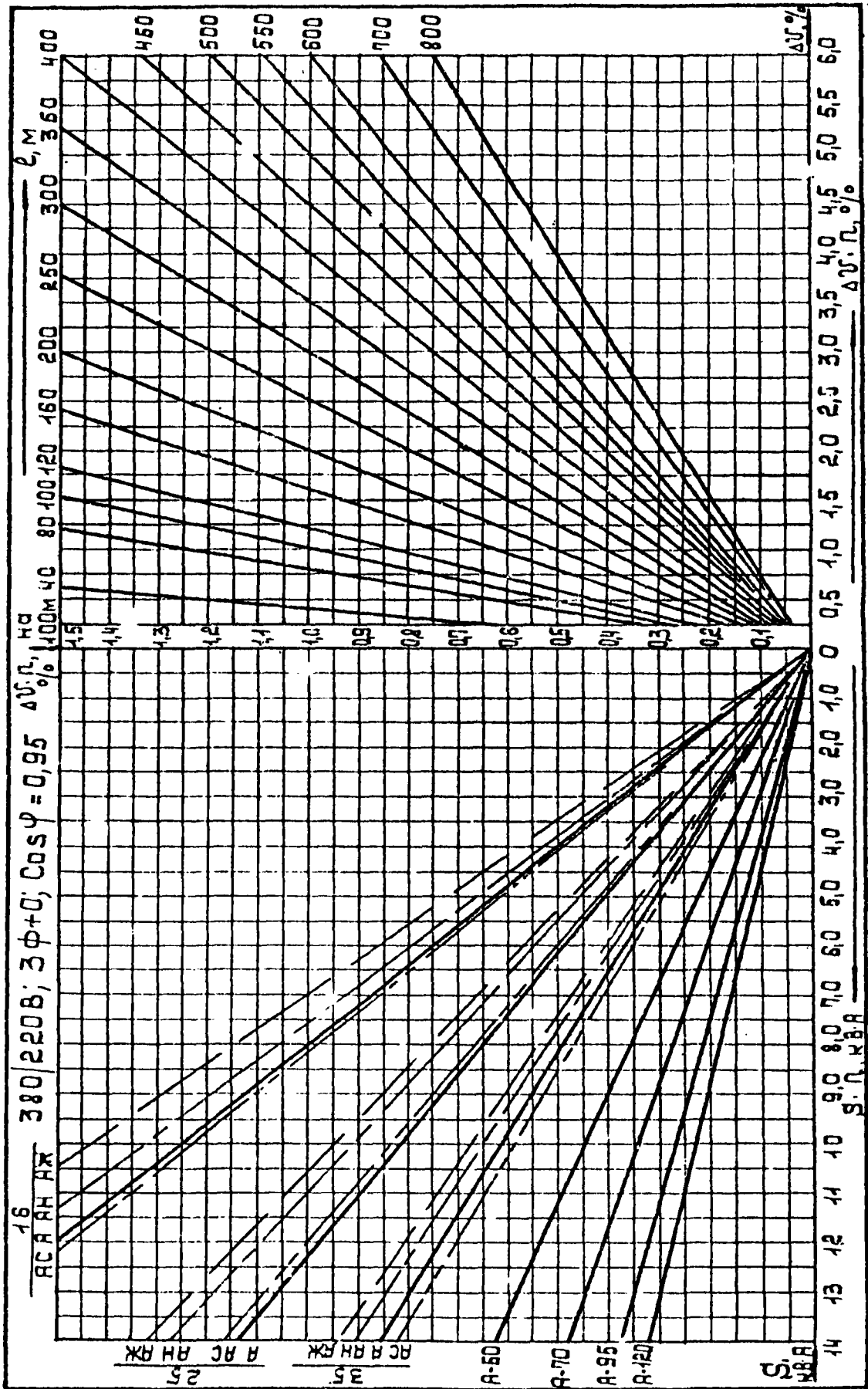
**НОМОГРАММЫ
для определения потери напряжения
в ВЛ 0,38 кВ**

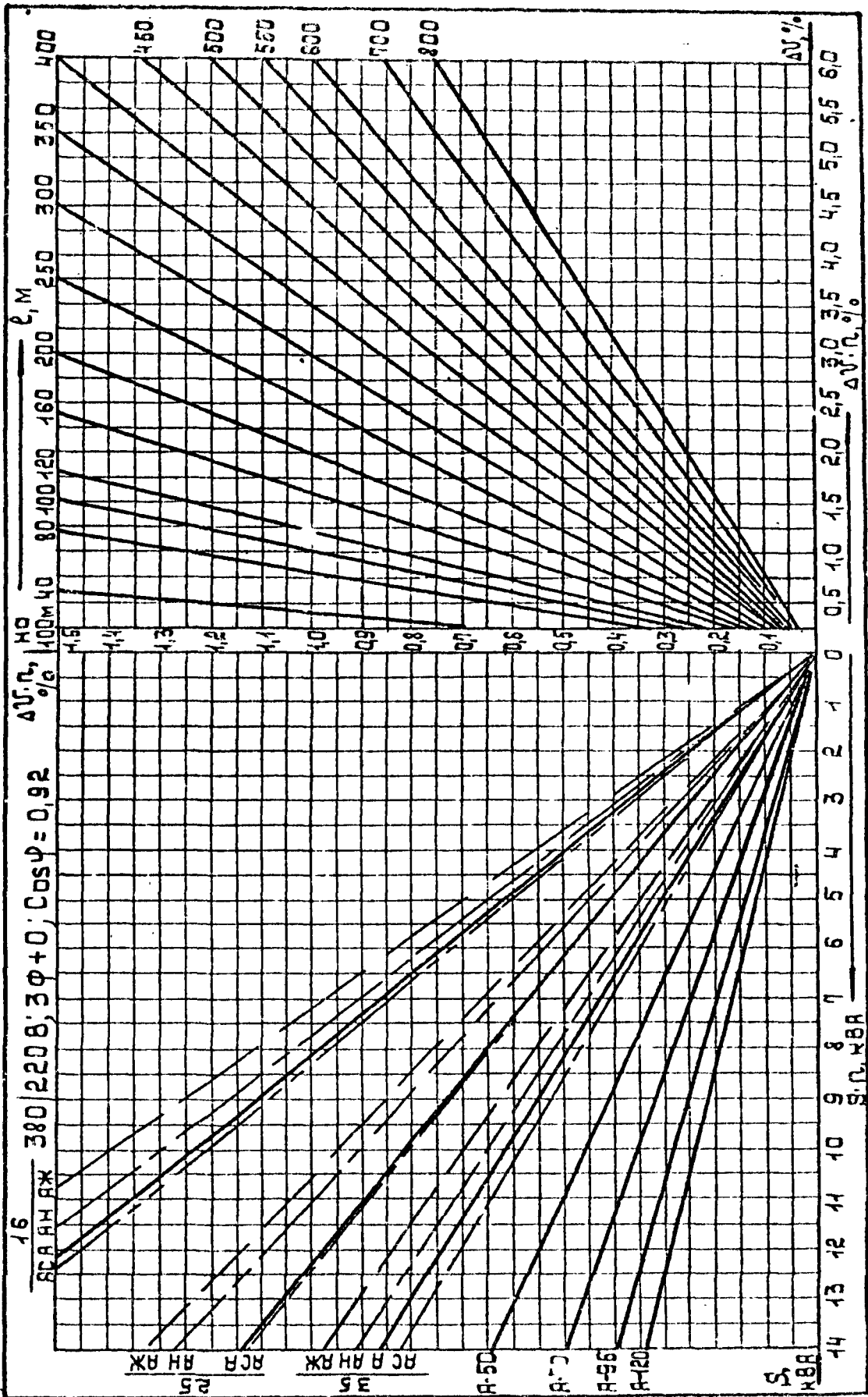


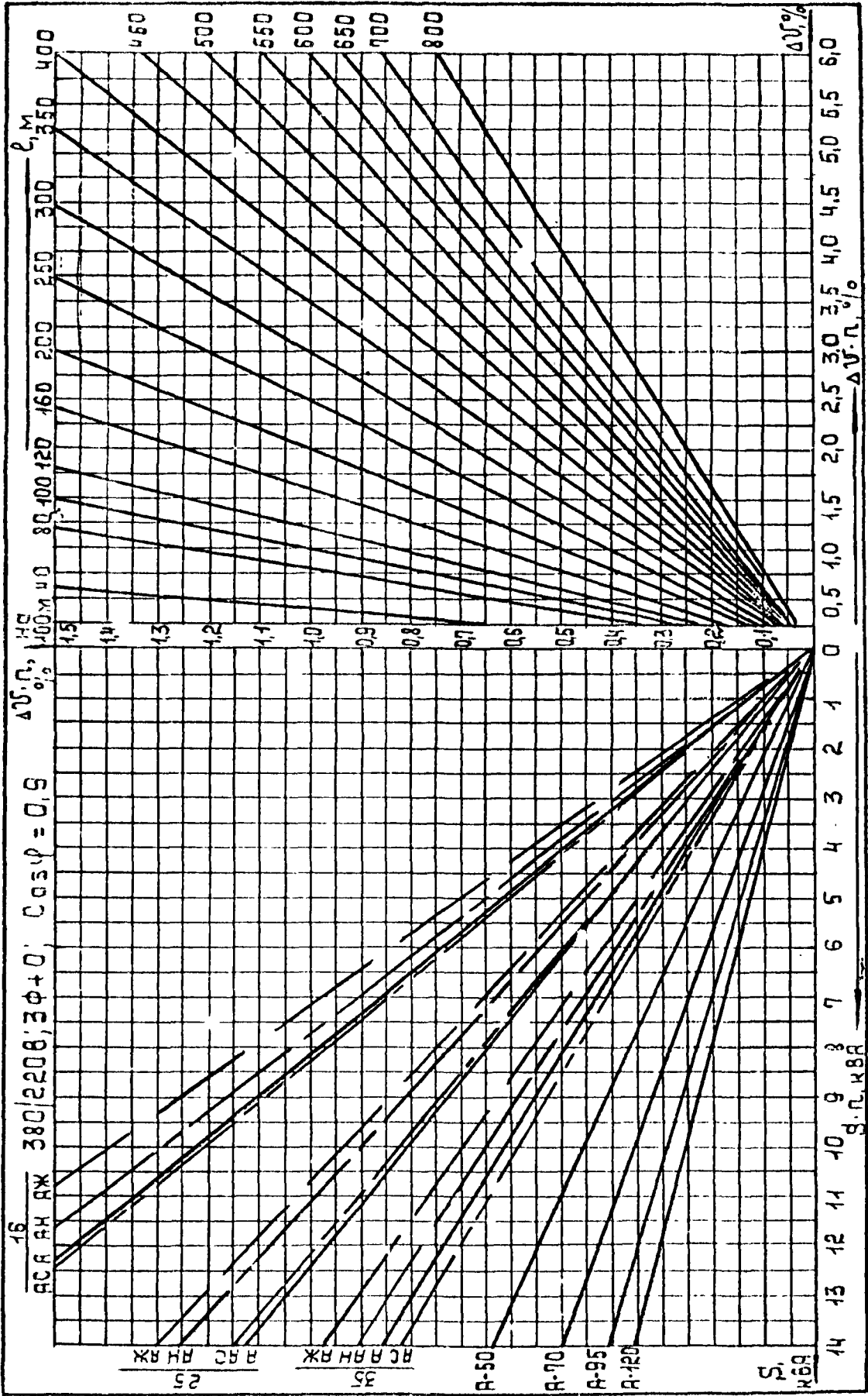


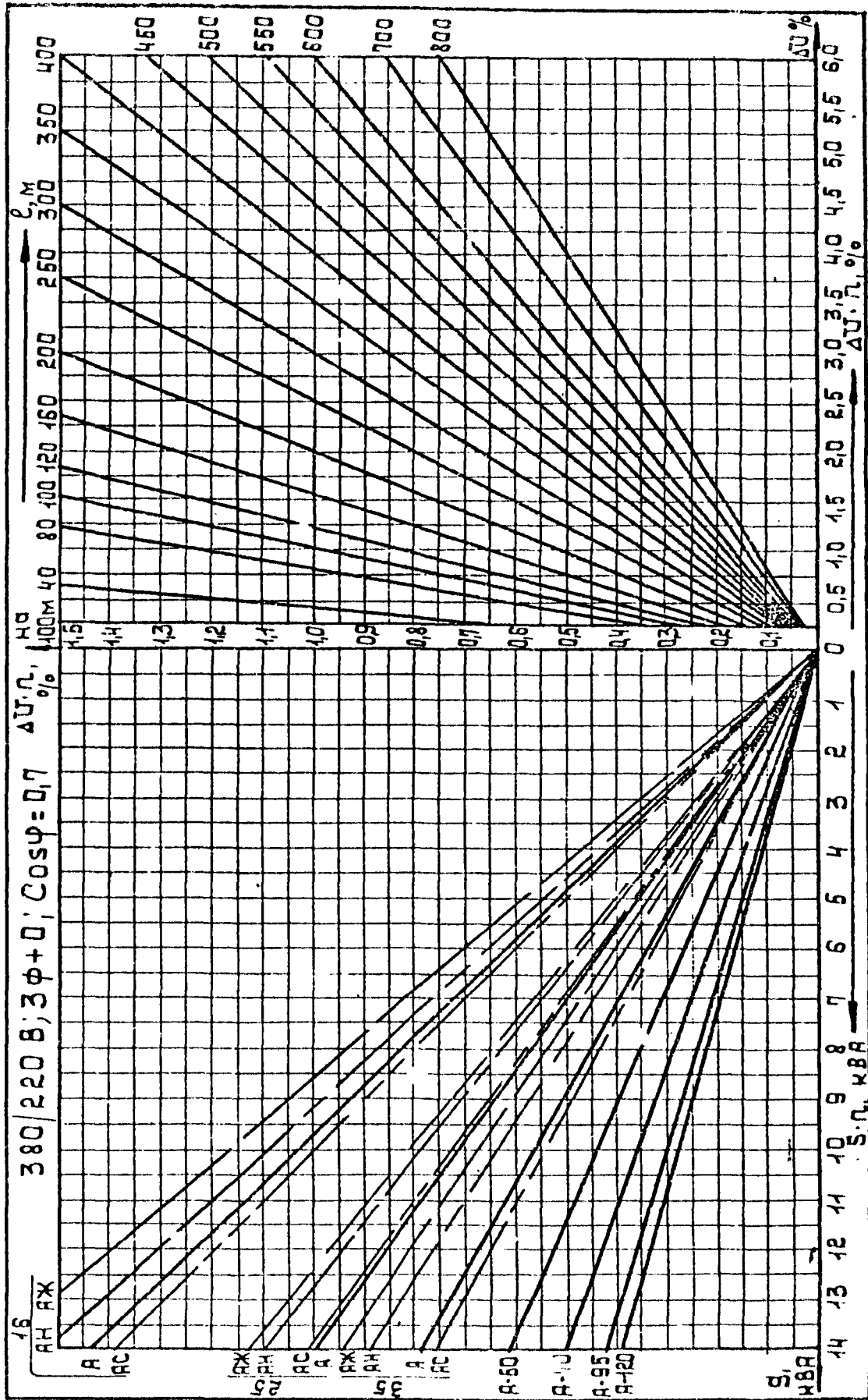


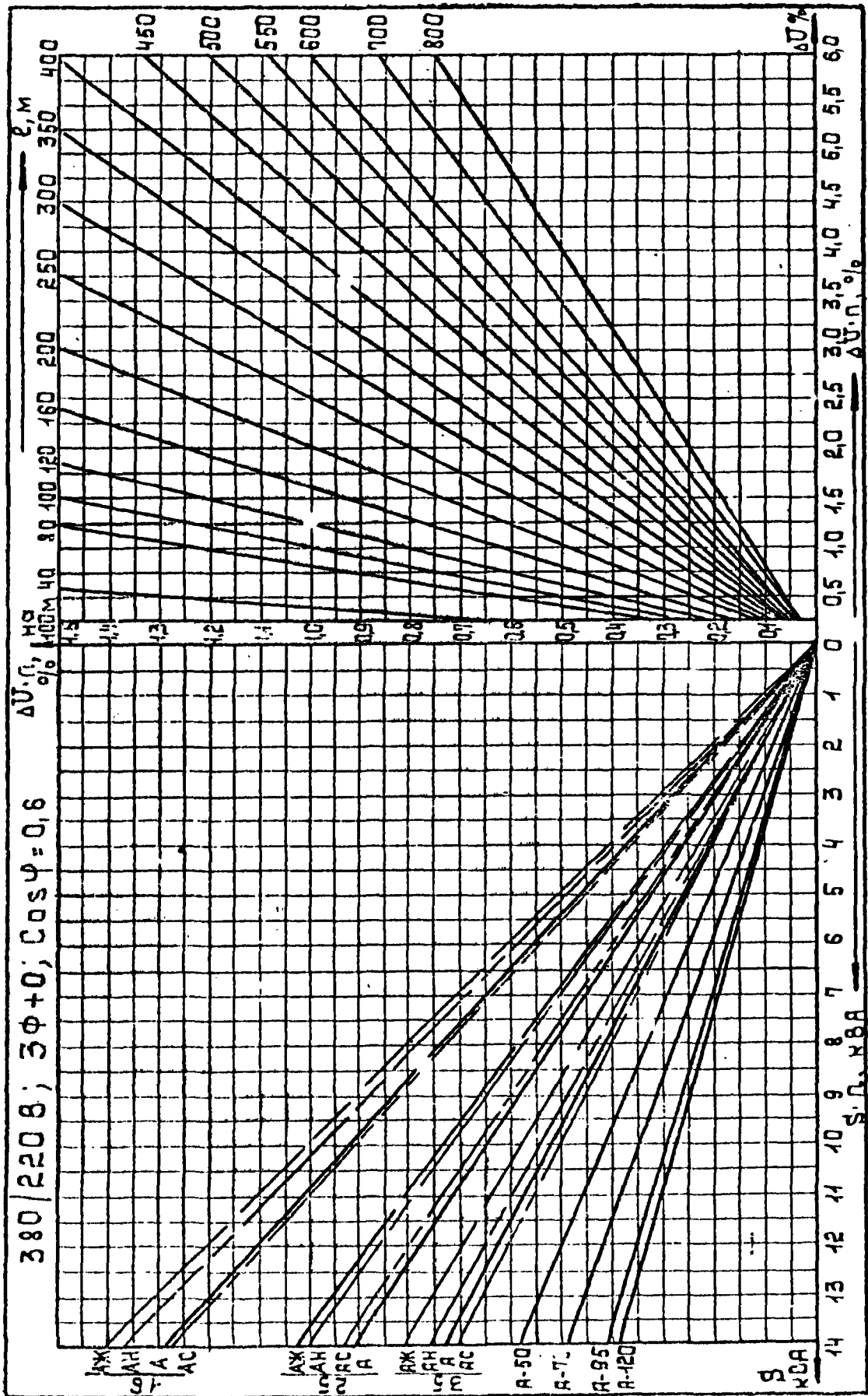


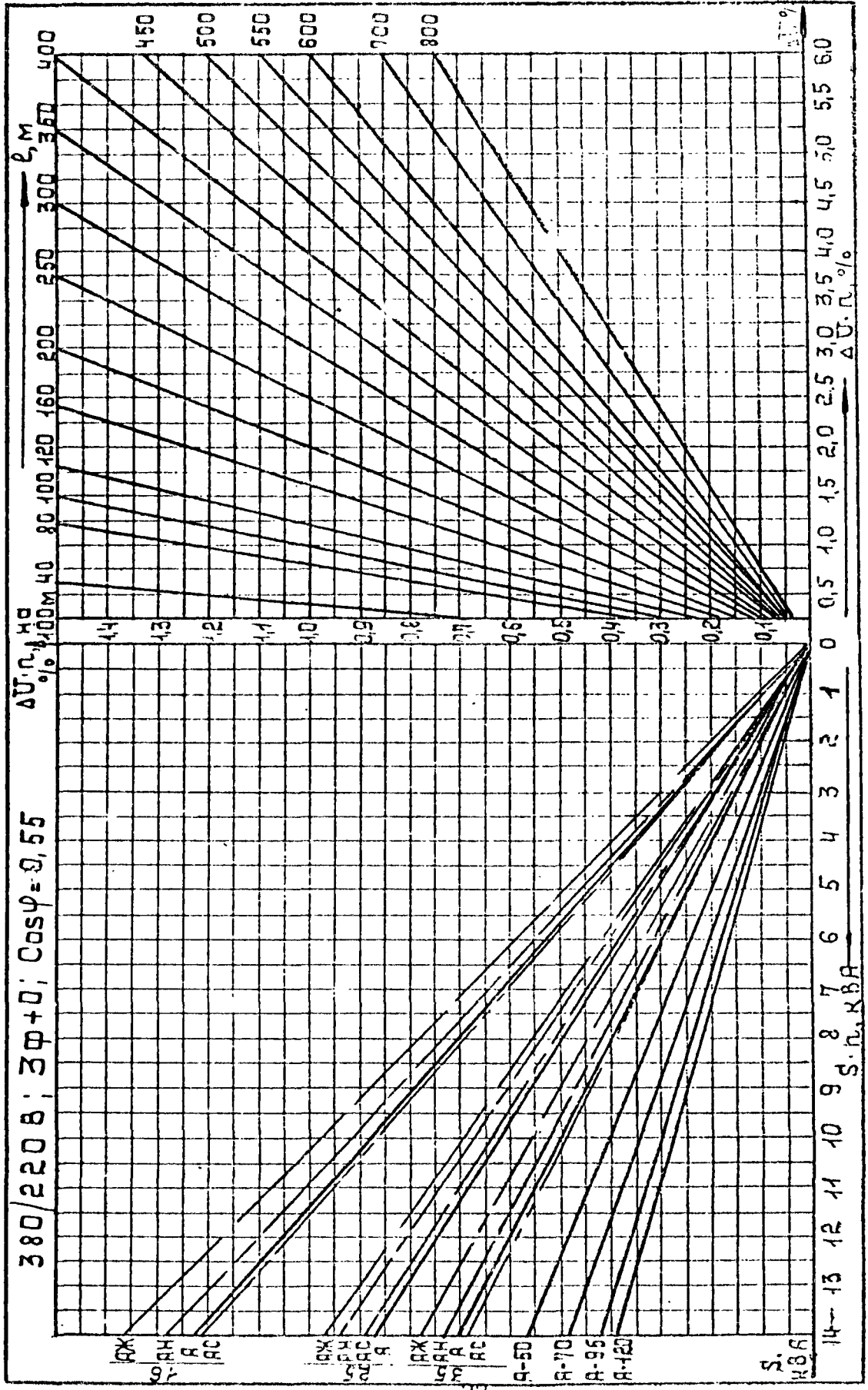






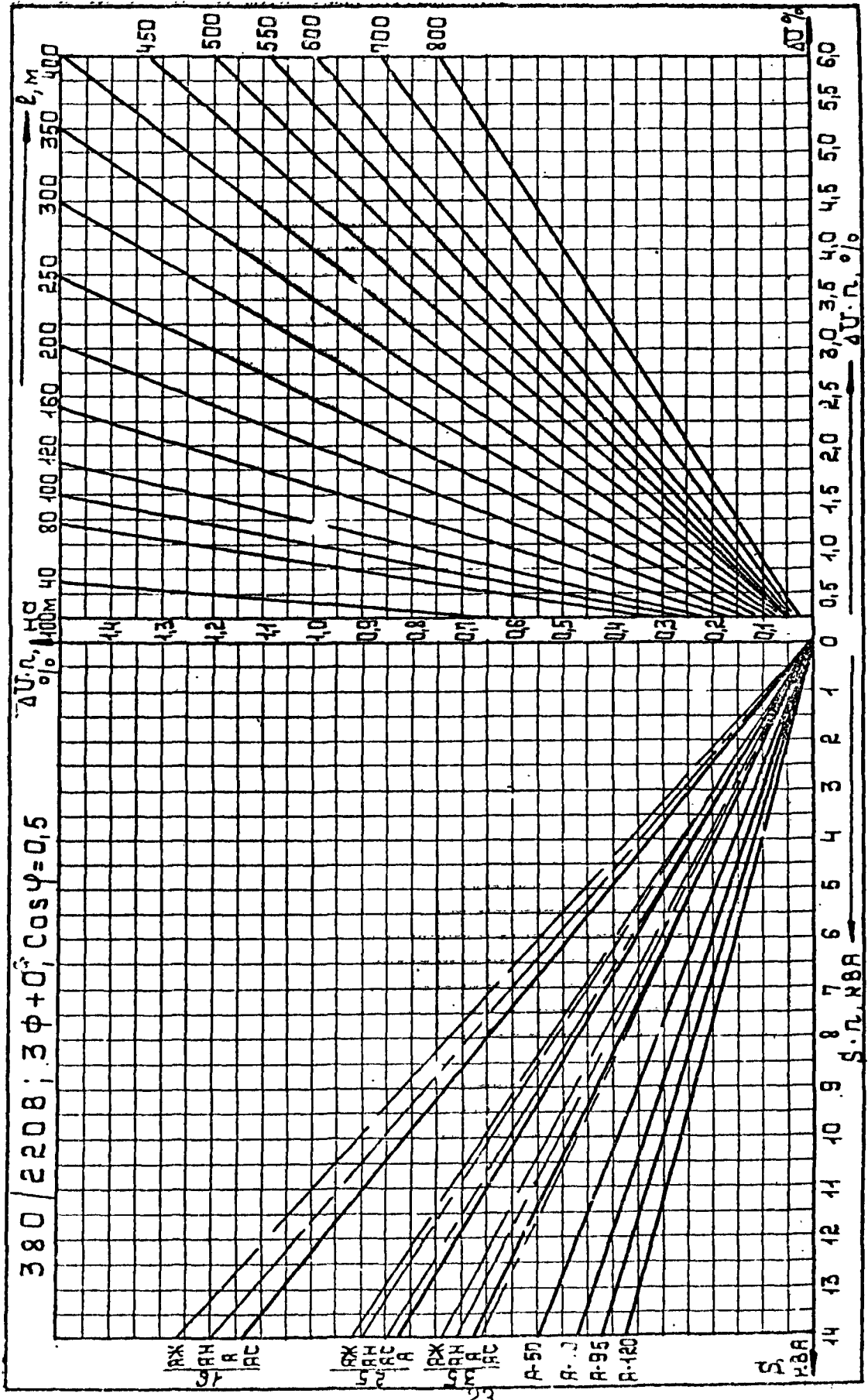


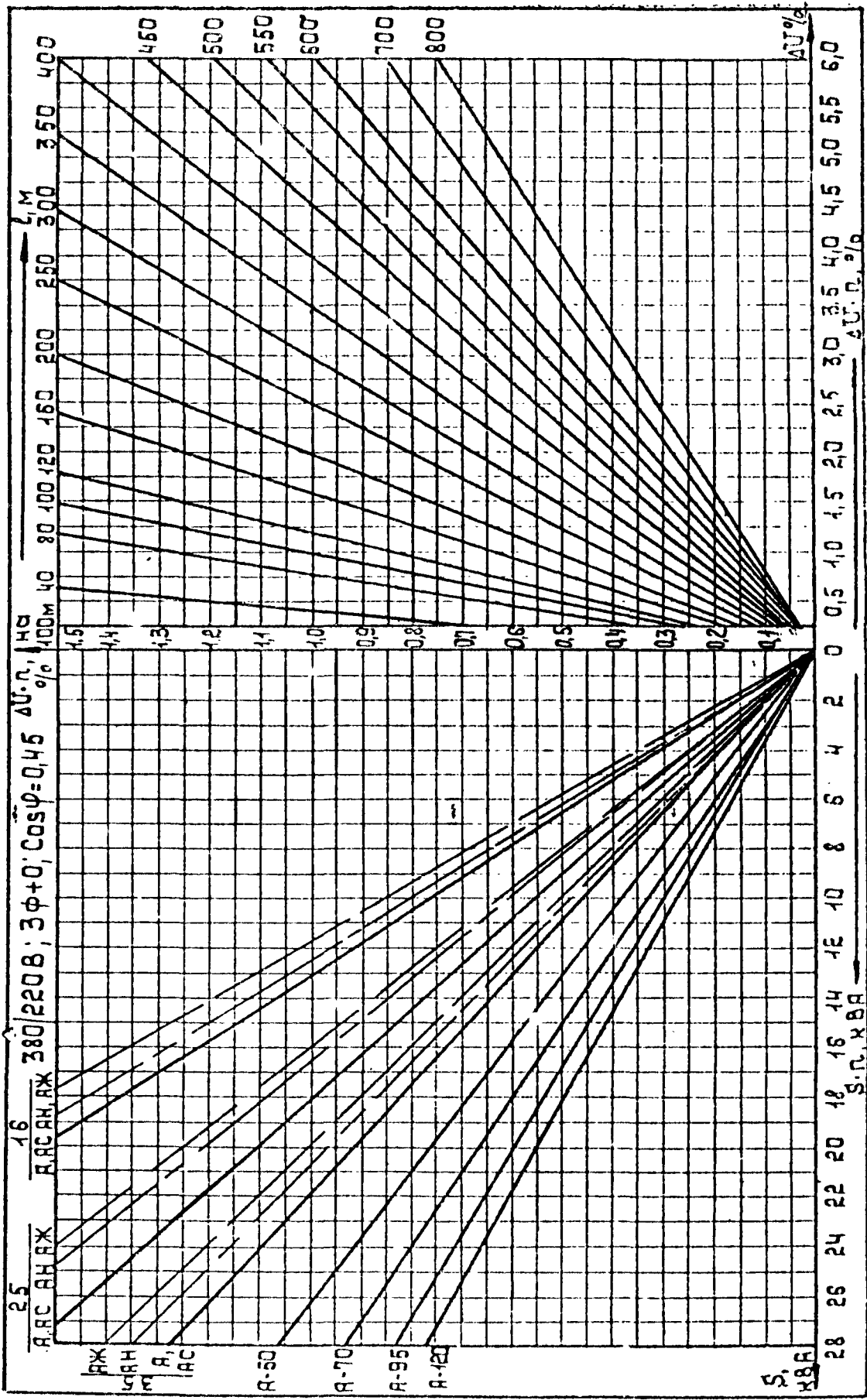


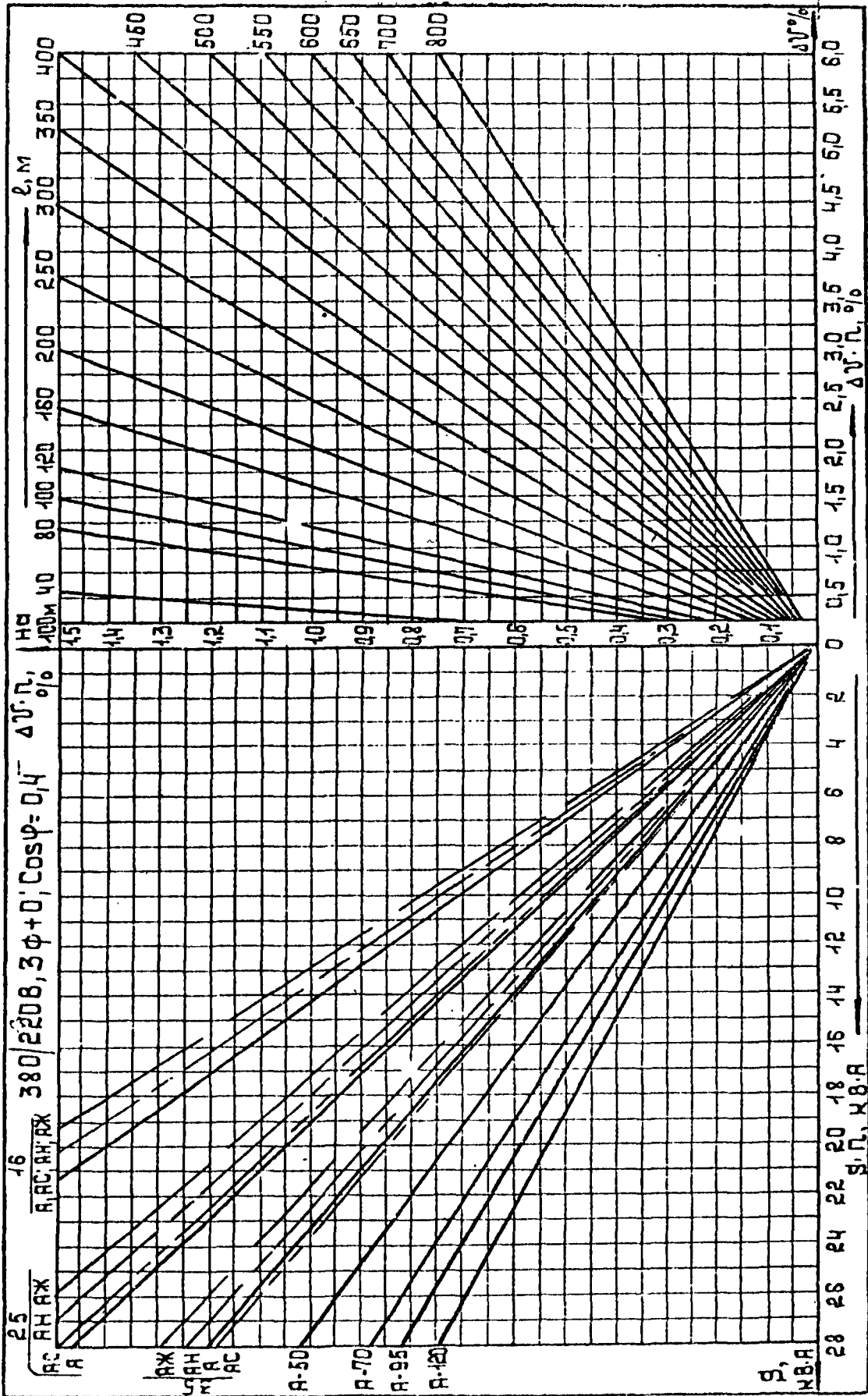


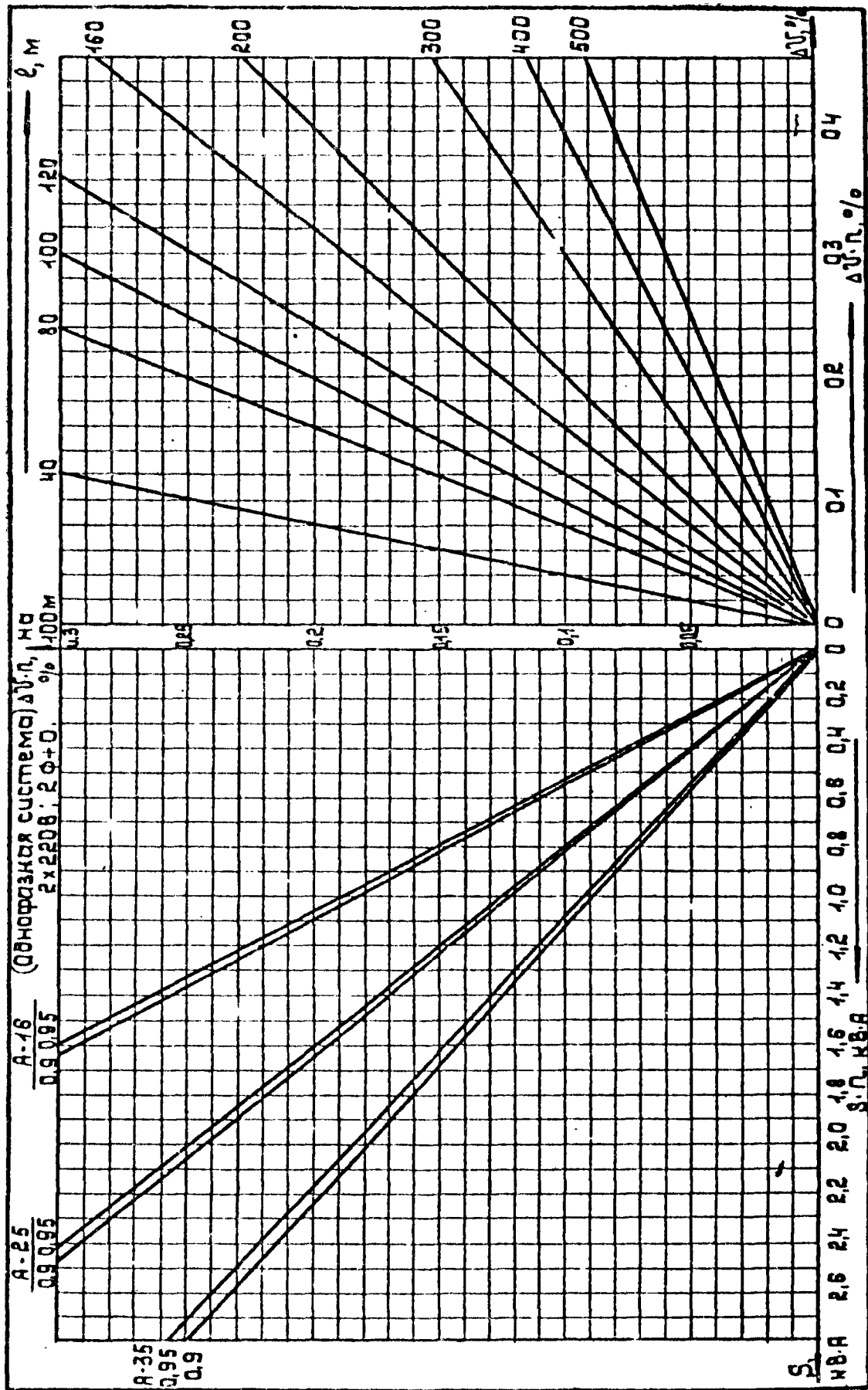
14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 0,5 1,0 1,5 2,0 2,5 3,0 3,5 4,0 4,5 5,0 5,5 6,0
 $\Delta U, \%$

IXC IXH IX
 A-50 A-70 A-95 A-120
 S. KBA









НОМОГРАММЫ
для определения средних значений коэффициентов
мощности на отдельных участках ВЛ 0,38 кВ

Н О М О Г Р А М М А ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СРЕДНИХ ЗНАЧЕНИЙ КОЭФФИЦИЕНТОВ МОЩНОСТИ НА ОТДЕЛЬНЫХ УЧАСТКАХ ВЛ 0,38 кВ

При расчете электрических сетей необходимо определять для отдельных участков сети среднее значение коэффициента мощности суммируемых нагрузок, которые могут быть при этом заданы как активной (кВт), так и полной (кВА) мощностями.

Прилагаемая номограмма позволяет кроме определения средних значений коэффициентов мощности, определять также взаимные значения мощностей, выраженных в кВт и кВА.

Номограмма состоит из двух симметричных систем графиков и содержит :

- сетку в прямоугольных координатах со значениями мощностей (кВт и кВА) и коэффициентов мощности ($\cos\psi_1$; $\cos\psi_2$).

Пользуясь значениями (S_1 ; $\cos\psi_2$) и (S_2 ; $\cos\psi_1$) определяется на средней оси ординат $\cos\psi_{\text{ср}}$:

- сетку из концентрических окружностей со значениями полной мощности (кВА) и семейства прямых со значениями коэффициентов мощности ($\cos\psi$).

Пользуясь этой сеткой определяют взаимное значение мощности, выраженной в кВт и кВА. Ключ пользования номограммой приведен на чертеже.

Средневзвешенный коэффициент мощности суммируемых нагрузок определен по формуле :

$$\cos\psi_{\text{ср}} = \frac{\sum S_i \cos\psi_i}{\sum S_i}; \quad (1)$$

Эта формула дает некоторую погрешность по сравнению с чисто теоретической формулой :

$$\cos\psi_{\text{ср}} = \frac{\sum S_i \cos\psi_i}{\sqrt{(\sum S_i \cos\psi_i)^2 + (\sum S_i \sin\psi_i)^2}}; \quad (2)$$

Точность же получаемых значений $\cos\psi_{\text{ср}}$ по формуле (2) отличается от результатов, получаемых по номограмме - лежит в пределах до 3%.

Таким образом, получаемые по номограмме результаты достаточно точны для проведения технических расчетов в проектах.

Определение среднего значения коэффициента мощности ($\cos\psi_{\text{ср}}$) суммируемых нагрузок S_1 и S_2 при соответствующих значениях $\cos\psi_1$ и $\cos\psi_2$ производится по прямоугольной сетке. Для этого отмечаются точки "А" и "В" с координатами ($S_1; \cos\psi_2$) и ($S_2; \cos\psi_1$). Соединяя линейкой (без отметки линии на чертеже) точки "А" и "В", на оси ординат определяется значение $\cos\psi_{\text{ср}}$.

В случае задания нагрузок активными мощностями при соответствующих коэффициентах мощности ($\cos\psi_0$) или одной из нагрузок, значение мощности в кВА определяется по сетке с концентрическими окружностями, с соответствующими значениями полной мощности в кВА, и прямым, соответствующим значениям $\cos\psi_0$. Для этого значение мощности, выраженной в кВт, отсчитанное на оси абсцисс, переносится параллельно оси ординат до пересечения с прямой, соответствующей значению $\cos\psi_0$. Полученная точка сносится по окружности на ось ординат (или абсцисс) и читается значение мощности в кВА.

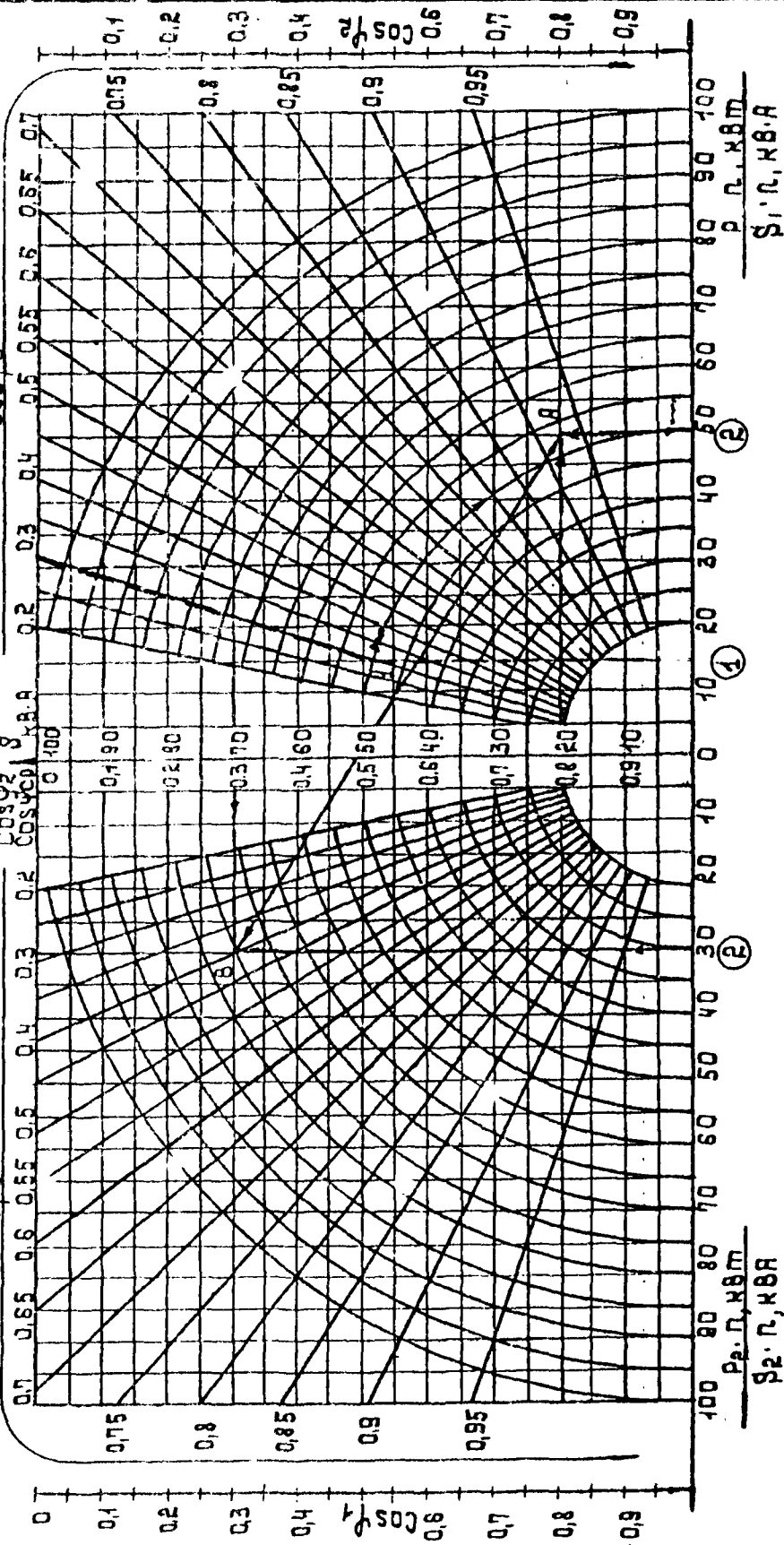
Значение мощности в кВА или кВт на оси абсцисс для суммируемых нагрузок отсчитываются в одном и том же разряде $\cdot 10^n$ на левой и правой частях номограммы.

Например, при необходимости суммирования мощностей $S_1 = 150$ кВА и $S_2 = 80$ кВА, на оси абсцисс откладываются значения $S_1 = 15$ и $S_2 = 8(15 \cdot 10 \text{ и } 8 \cdot 10)$.

Марки и сечения проводов приведены в разделе 8.

Номаграмма для определения взаимных значений P (кВт), S (кВА) и $\cos\varphi_{ср}$

Пример. Дано: $P_1=15$ кВт, $\cos\varphi_1=0,3$; $S_2=30$ кВА, $\cos\varphi_2=0,8$ Определяем S (точки 1-2) $S_1=50$ кВА
 определяем $\cos\varphi_{ср}$ совещая точку $(S, \cos\varphi)$ с $(P, \cos\varphi)$ на сред-
 на шкале определяем $\cos\varphi_{ср}=0,49$



НОМОГРАММЫ
для определения потери напряжения
в кабельных линиях
напряжением 0,38 кВ

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1. Пояснительная записка.....	33
2. Номограммы для определения потери напряжения в кабельных линиях 0,38 кВ с алюминиевыми жилами	34
Трехфазные линии 0,38 кВ, $\cos \psi = 0,98$	35
То же, $\cos \psi = 0,95$	36
То же, $\cos \psi = 0,92$	37
То же, $\cos \psi = 0,9$	38
То же, $\cos \psi = 0,85$	39
То же, $\cos \psi = 0,8$	40
То же, $\cos \psi = 0,75$	41
То же, $\cos \psi = 0,7$	42
То же, $\cos \psi = 0,65$	43
То же, $\cos \psi = 0,6$	44
То же, $\cos \psi = 0,55$	45
То же, $\cos \psi = 0,5$	46
То же, $\cos \psi = 0,45$	47
То же, $\cos \psi = 0,4$	48
3. Номограммы для определения потери напряжения в кабельных линиях 0,38 кВ с медными жилами	
Трехфазные линии 0,38 кВ, $\cos \psi = 0,98$	51
То же, $\cos \psi = 0,95$	52
То же, $\cos \psi = 0,92$	53
То же, $\cos \psi = 0,9$	54
То же, $\cos \psi = 0,85$	55
То же, $\cos \psi = 0,8$	56
То же, $\cos \psi = 0,75$	57
То же, $\cos \psi = 0,7$	58
То же, $\cos \psi = 0,65$	59
То же, $\cos \psi = 0,6$	60
То же, $\cos \psi = 0,55$	61
То же, $\cos \psi = 0,5$	62
То же, $\cos \psi = 0,45$	63
То же, $\cos \psi = 0,4$	64
Однофазная линия 1ф+0.....	65
4. Справочные данные.....	66

1. Пояснительная записка

Настоящие номограммы предназначены для определения потерь напряжения в кабельных линиях напряжением 0,4 кВ, а также во внутренних электропроводах, проложенных в трубах. Выбор марок кабелей в зависимости от условий прокладки и режимов работы номограммы не предусматривают.

Характеристики кабелей приняты по действующим ГОСТам. Кабели приняты как с алюминиевыми, так и с медными жилами. Потери напряжения в кабельных линиях определяются по заданным нагрузкам, выраженным в кВА, их коэффициенту мощности, длине линии и принятому сечению кабеля.

Пользуясь этими номограммами, возможно решать и обратные задачи: по заданной величине потери напряжения определять допустимую нагрузку на кабели принятого сечения или допустимую длину кабельной линии.

Номограммы для линий напряжением 380/220 В составлены для кабелей с сечением жил, наиболее часто встречающихся при расчетах электрических сетей напряжением до 1000 В - от 2,5 до 120 мм².

Номограммы имеют следующие шкалы :

- внизу левой части номограммы - шкалы нагрузок линии, выраженных в кВА;
- в верхней части слева - графики для различных сечений жил кабеля;
- в средней части - значения потери напряжения на 100 м или на 1 км линии;
- в верхней части справа - графики длин линий;
- в нижней части слева - шкала потерь напряжения на расчетном участке.

В целях наглядности и удобства пользования номограммами они составлены отдельно: по величине напряжения линии, виду материала жил кабеля, по числу фаз в линии и значениям коэффициента мощности.

Примеры пользования номограммами (см. стр. 35)

Пример 1. Дано : длина линии - 175 м; нагрузка - 11,3 кВА; коэффициент мощности 0,98; сечение кабеля - 35 мм².

Определить потерю напряжения на участке

Решение (см. ключ на листе N35)

Ответ : $\Delta U = 1,25\%$.

Пример 2. Дано : длина линии - 175 м; нагрузка 113 кВА, коэффициент мощности - 0,98; сечение - 35 мм².

Решение : принимаем нагрузку уменьшенной в десять раз ($\eta = 0,1$). Определяем потери напряжения - 1,25 %.

Полученный результат увеличиваем в 10 раз ($\eta = 10$).

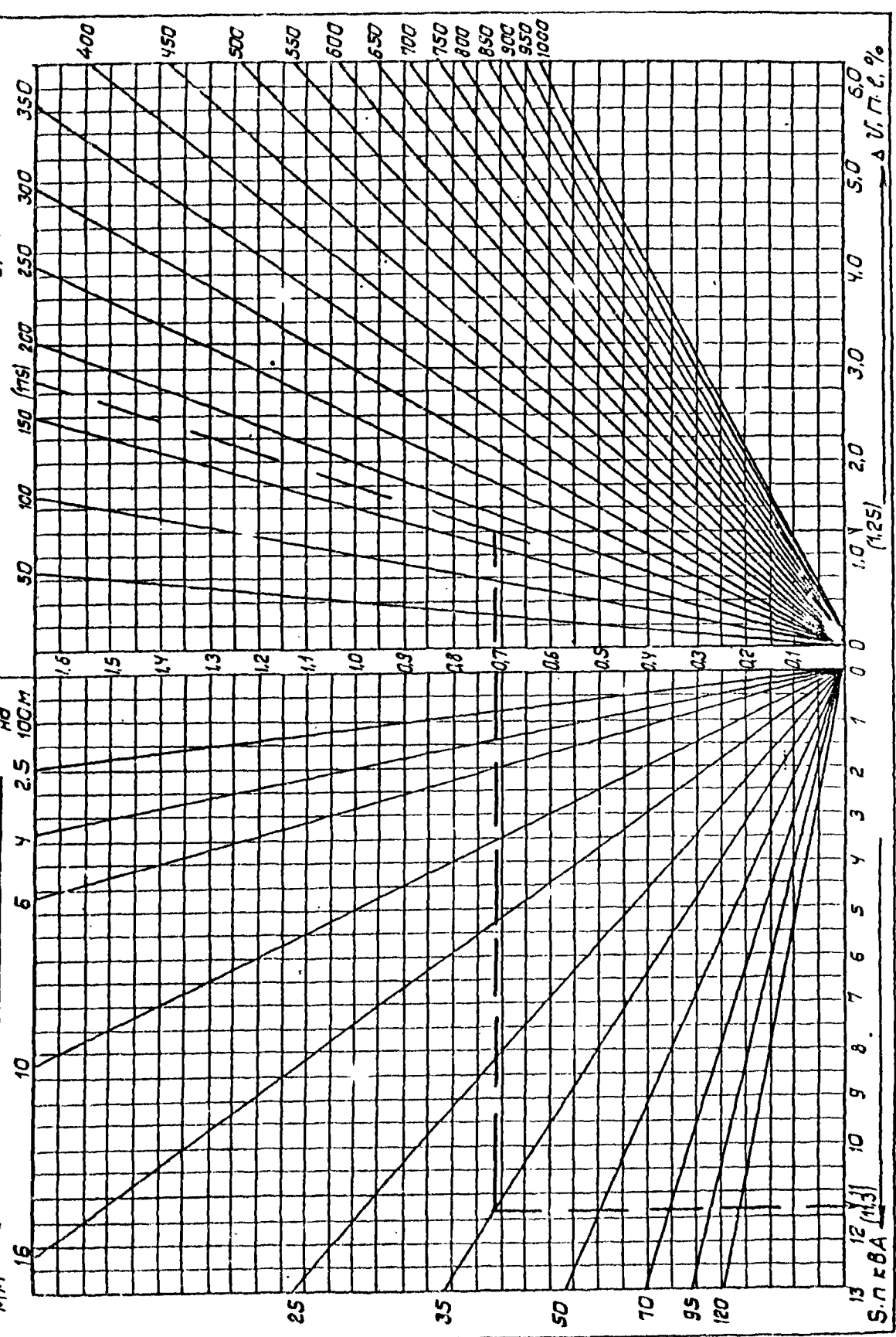
Ответ $\Delta U = 12,5\%$.

НОМОГРАММЫ
для определения потери напряжения
в кабельных линиях 380/220 В
с алюминиевыми жилами

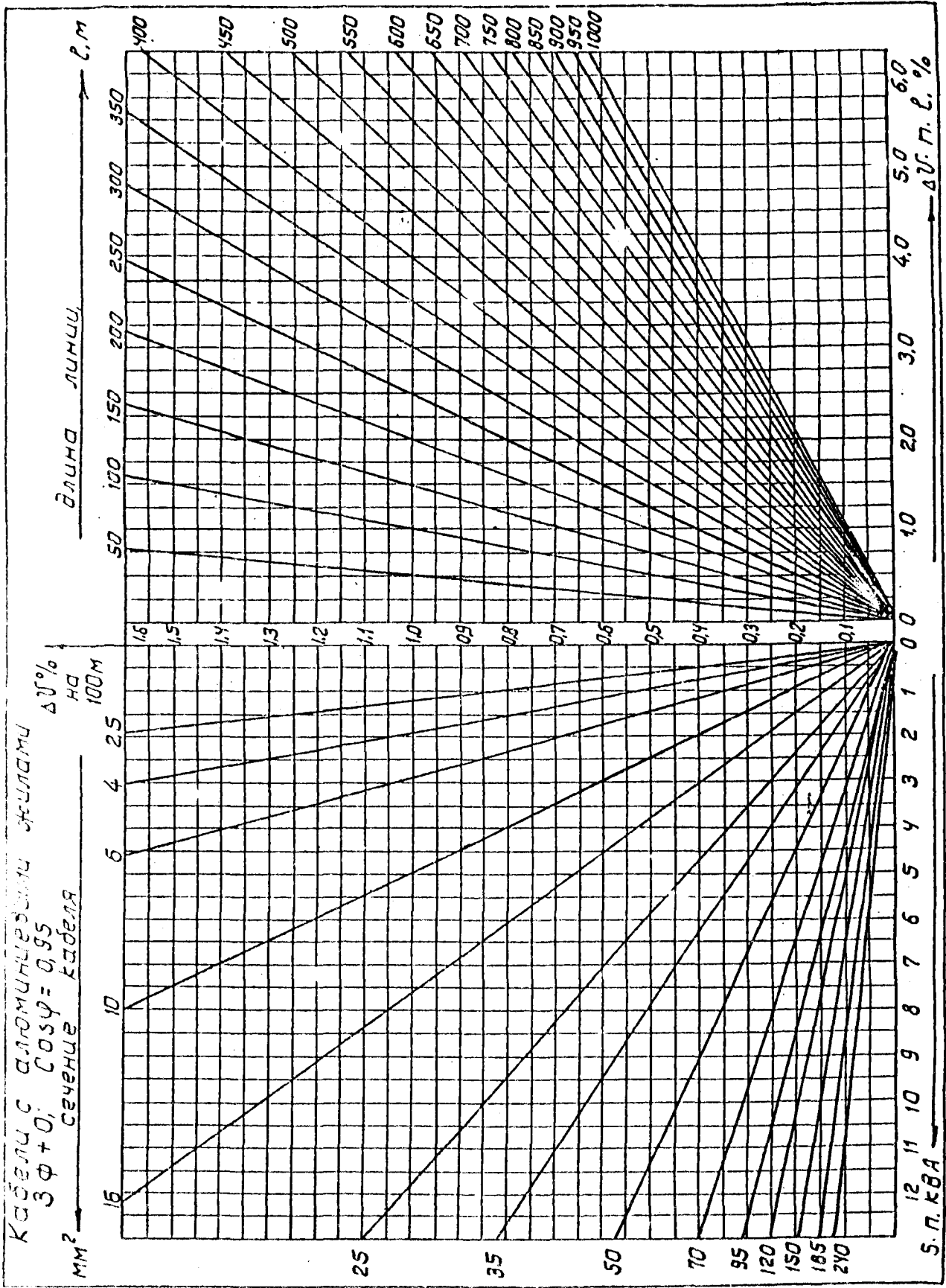
Кабели с алюминиевыми жилами
3 ф + 0; $COS \varphi = 0.98$

длина линии l , м

$\Delta U, \%$
на 100 м



Кабели с алюминическим жиламу
 $3\phi + 0$; $\cos\varphi = 0,95$
 сечение кабеля



длина линии, м

$\Delta U\%$

С. П. КВА

Кабели с алюминиевыми жилами

3 ф + 0; cos φ = 0.92

сечение кабеля

ΔU
на
100 м

4 2.5

6

10

16

мм²

длина линии

л. м

50

100

150

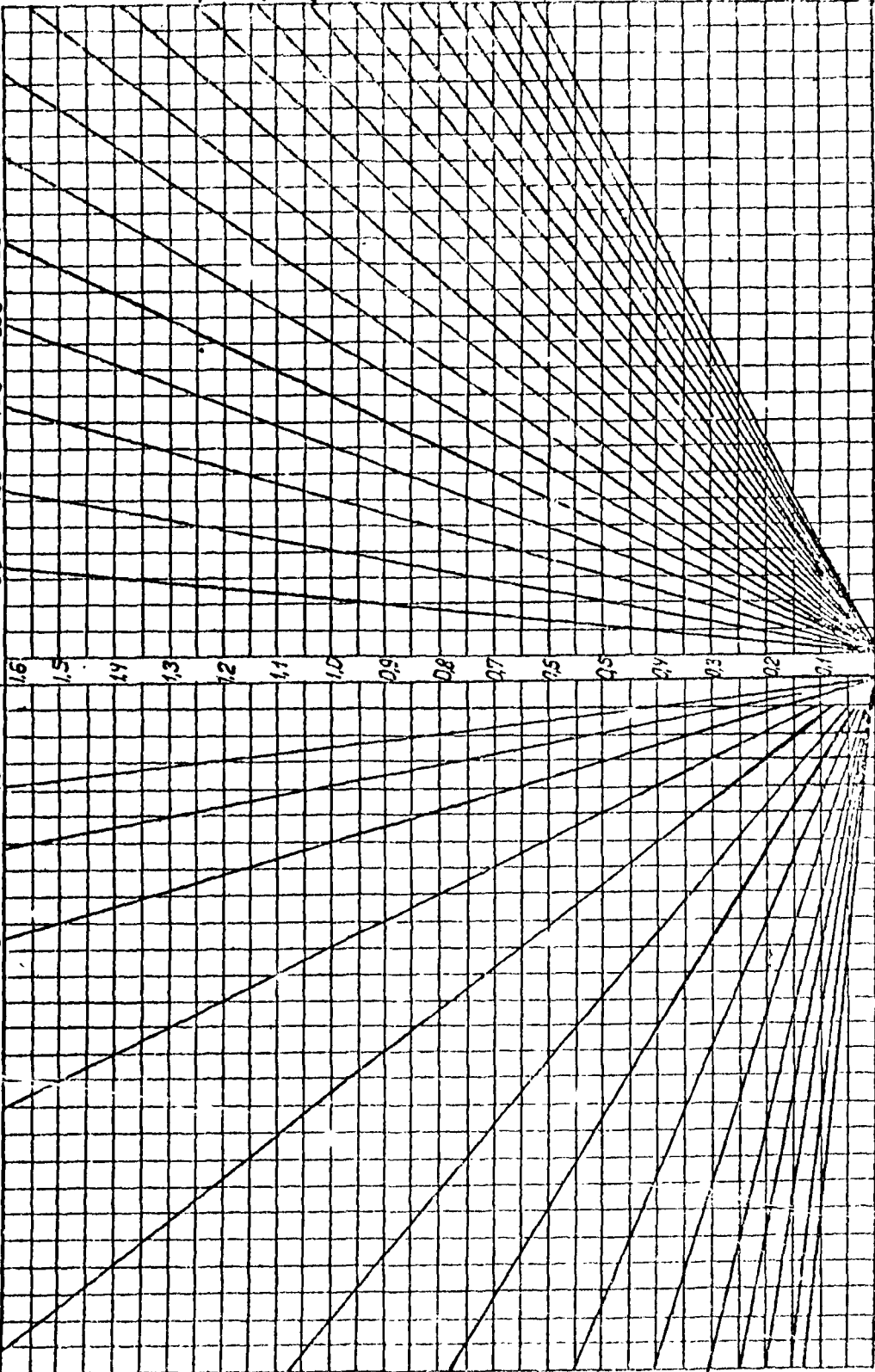
200

250

300

350

400



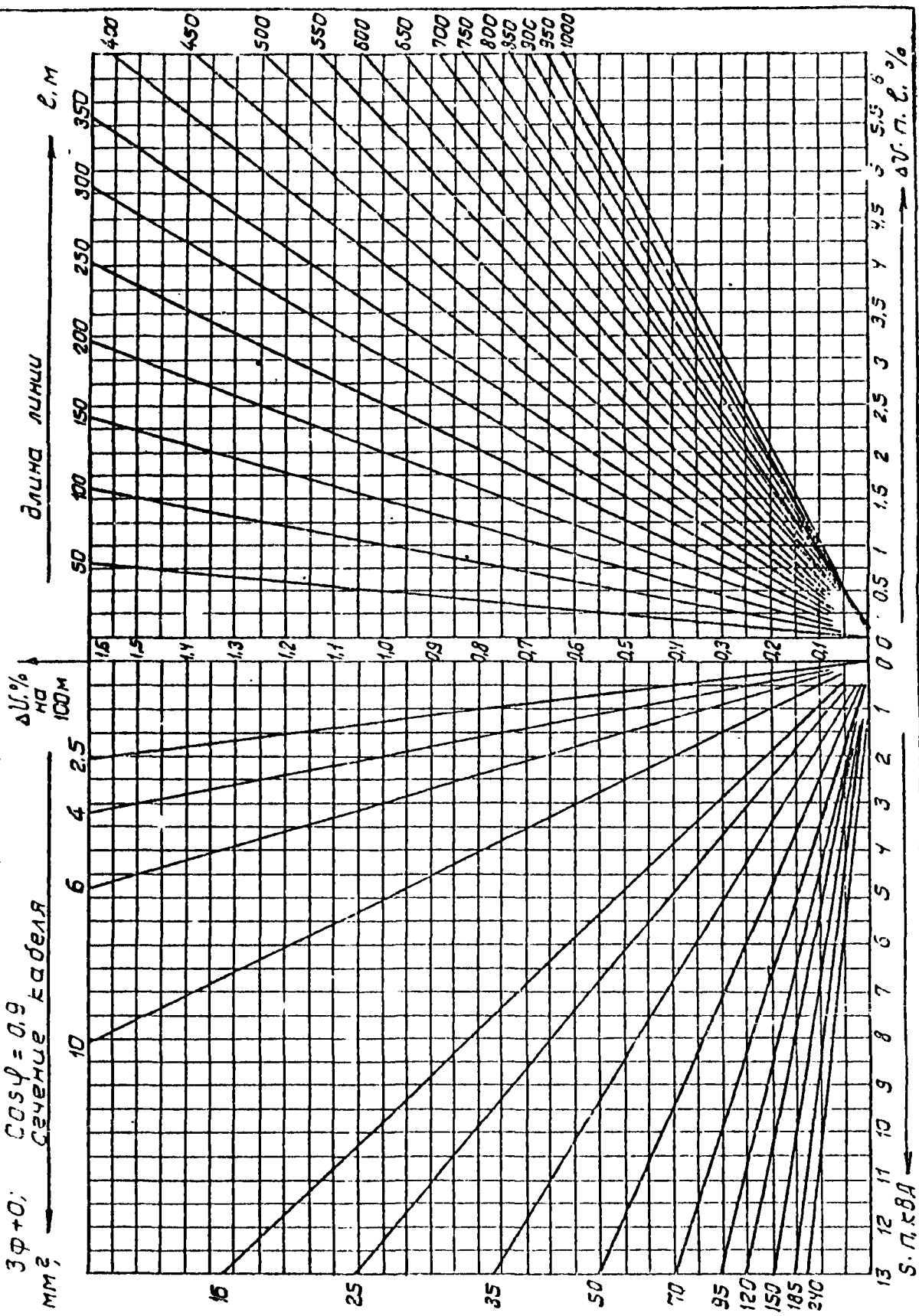
ΔU на 100 м

С. П. ФБА

Кабели с алюминиевыми жилами

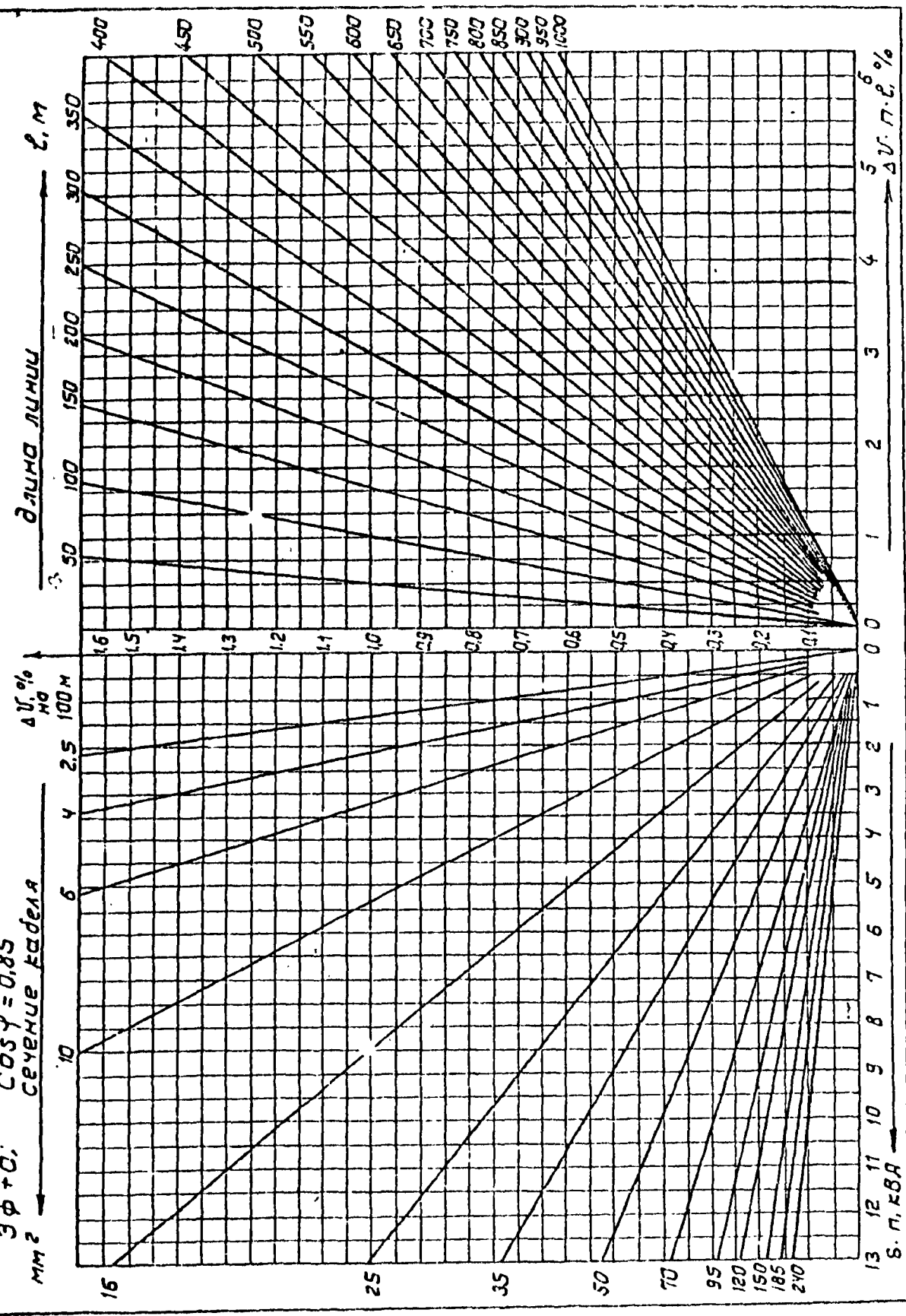
3φ+0; cosφ = 0,9

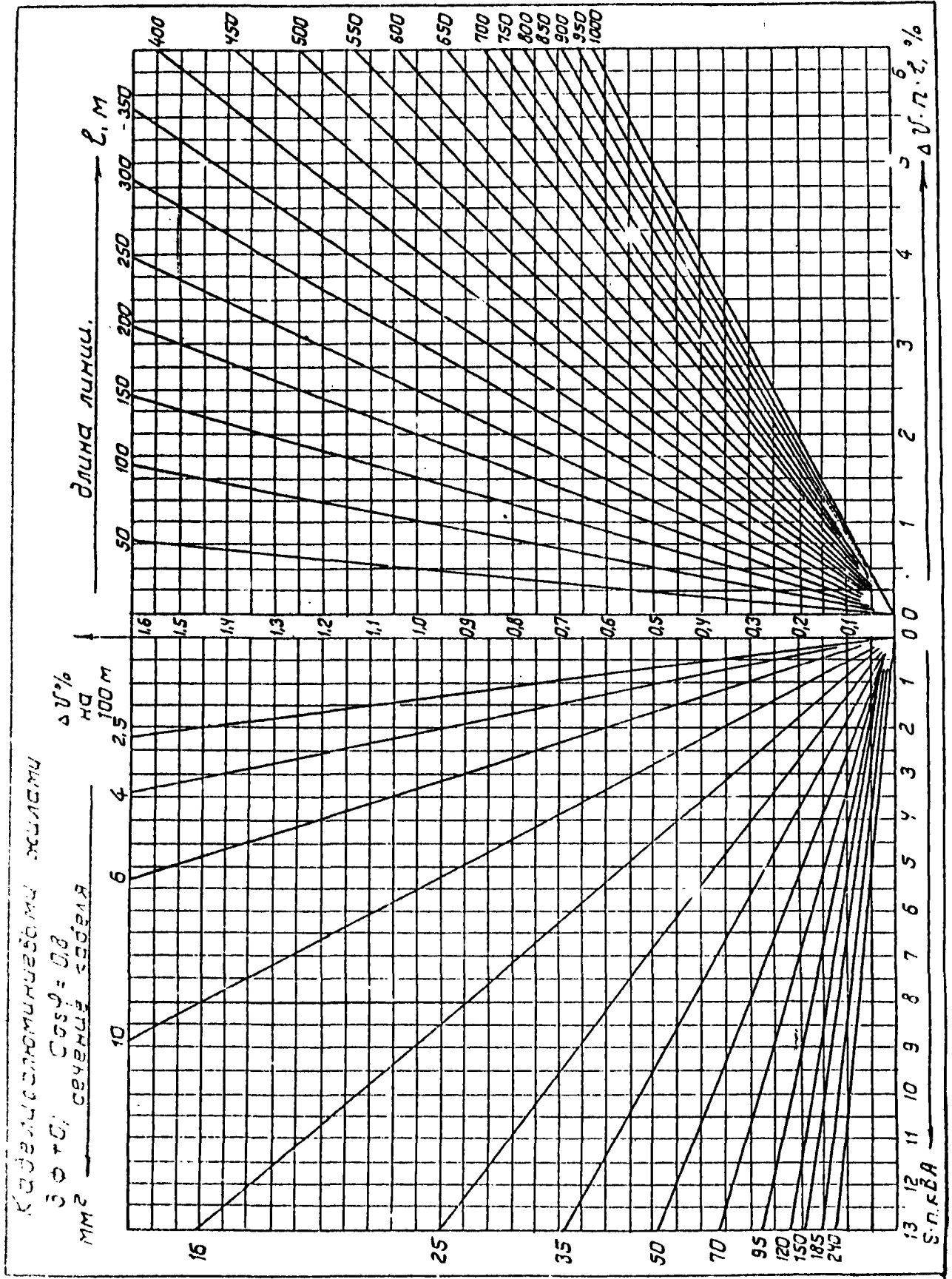
мм² сечение кабеля

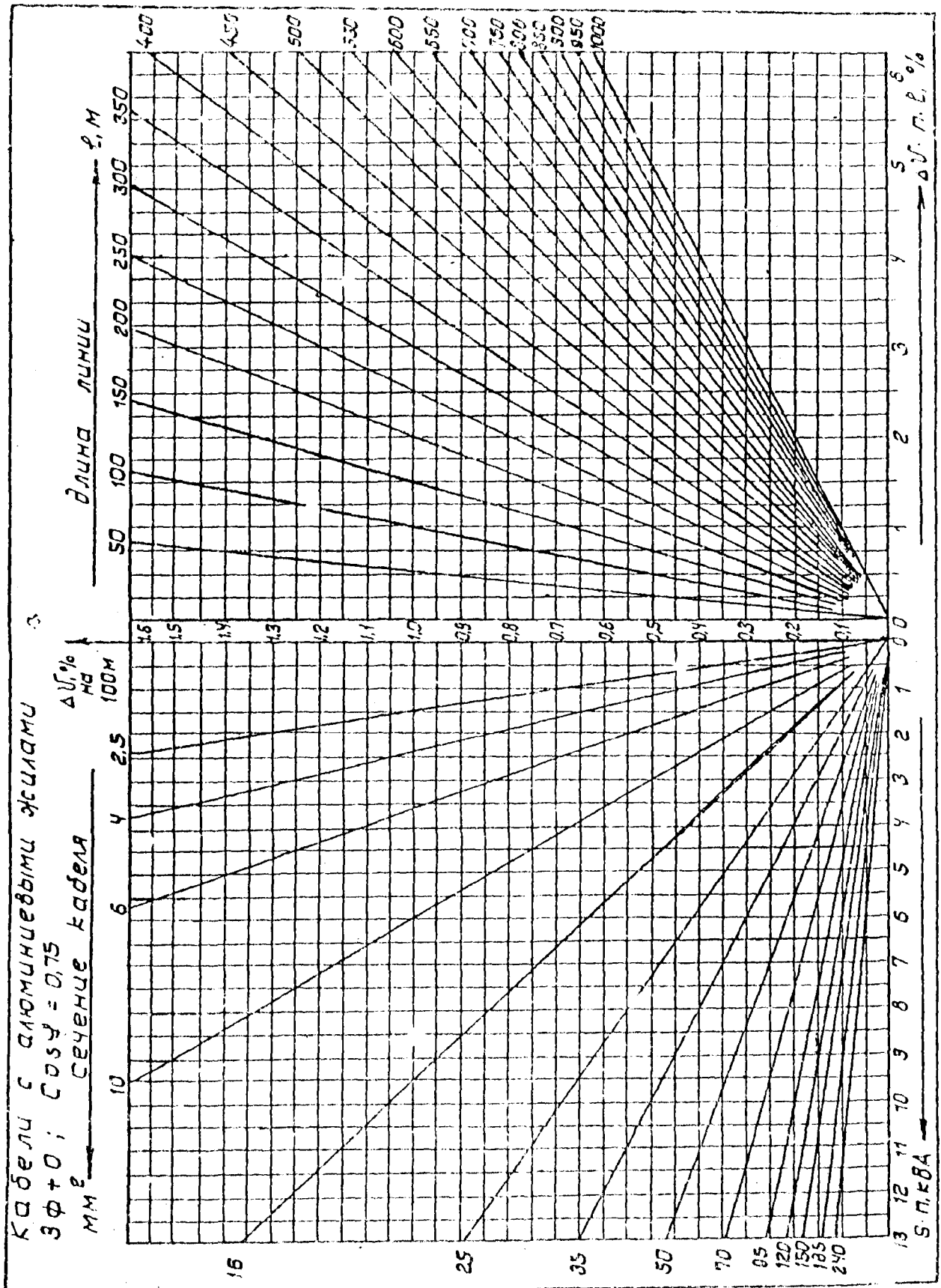


С. П. КБА

Кабели с алюминиесими жилами
 ЭФГО; $\cos \varphi = 0,85$
 сечение кабеля
 мм² →







Кабели с алюминийевими жилами

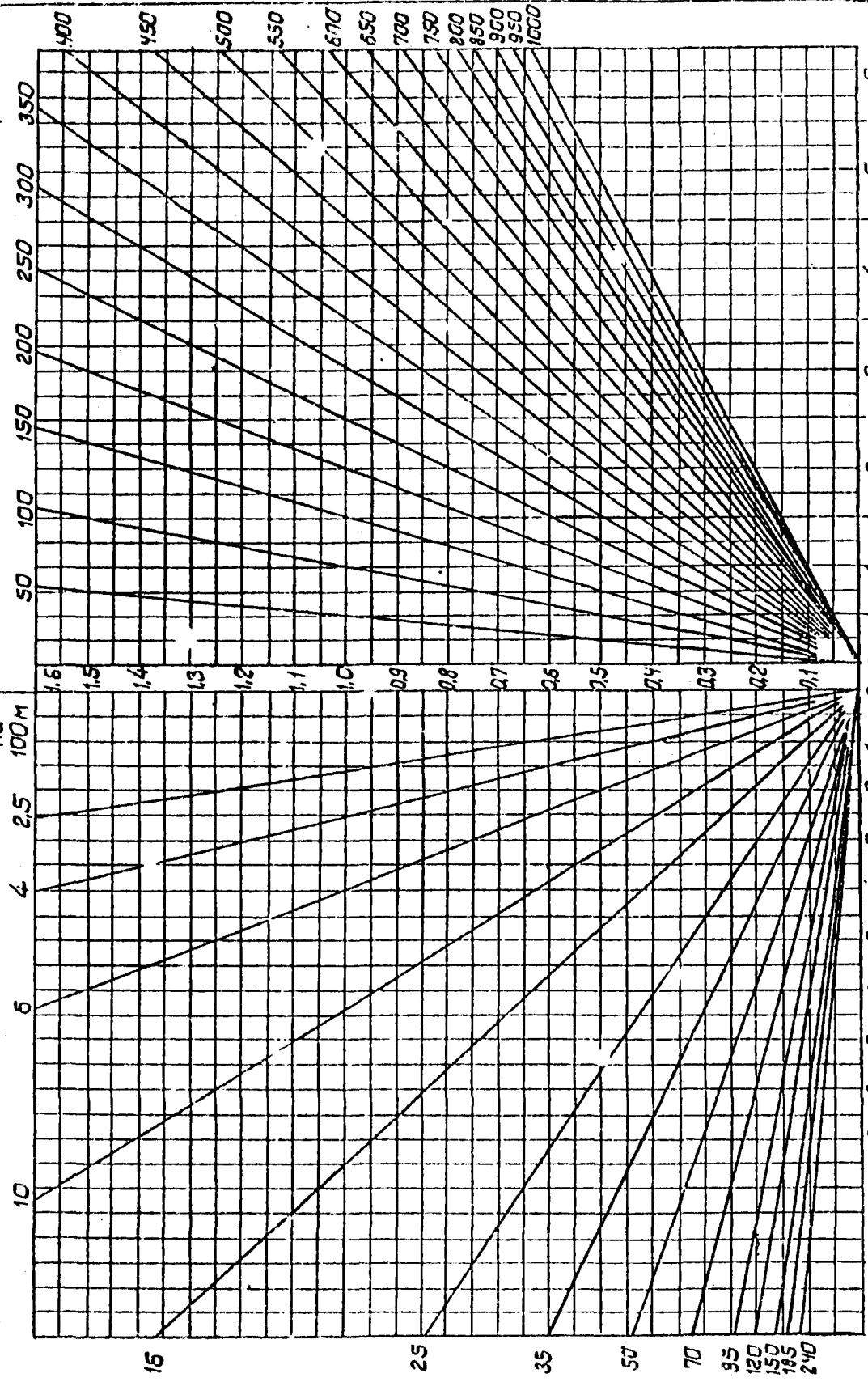
3 ф. т. 0; cos φ = 0,7

мм² — сечение кабеля

ΔU% на 100 м

длина линии

ℓ, м



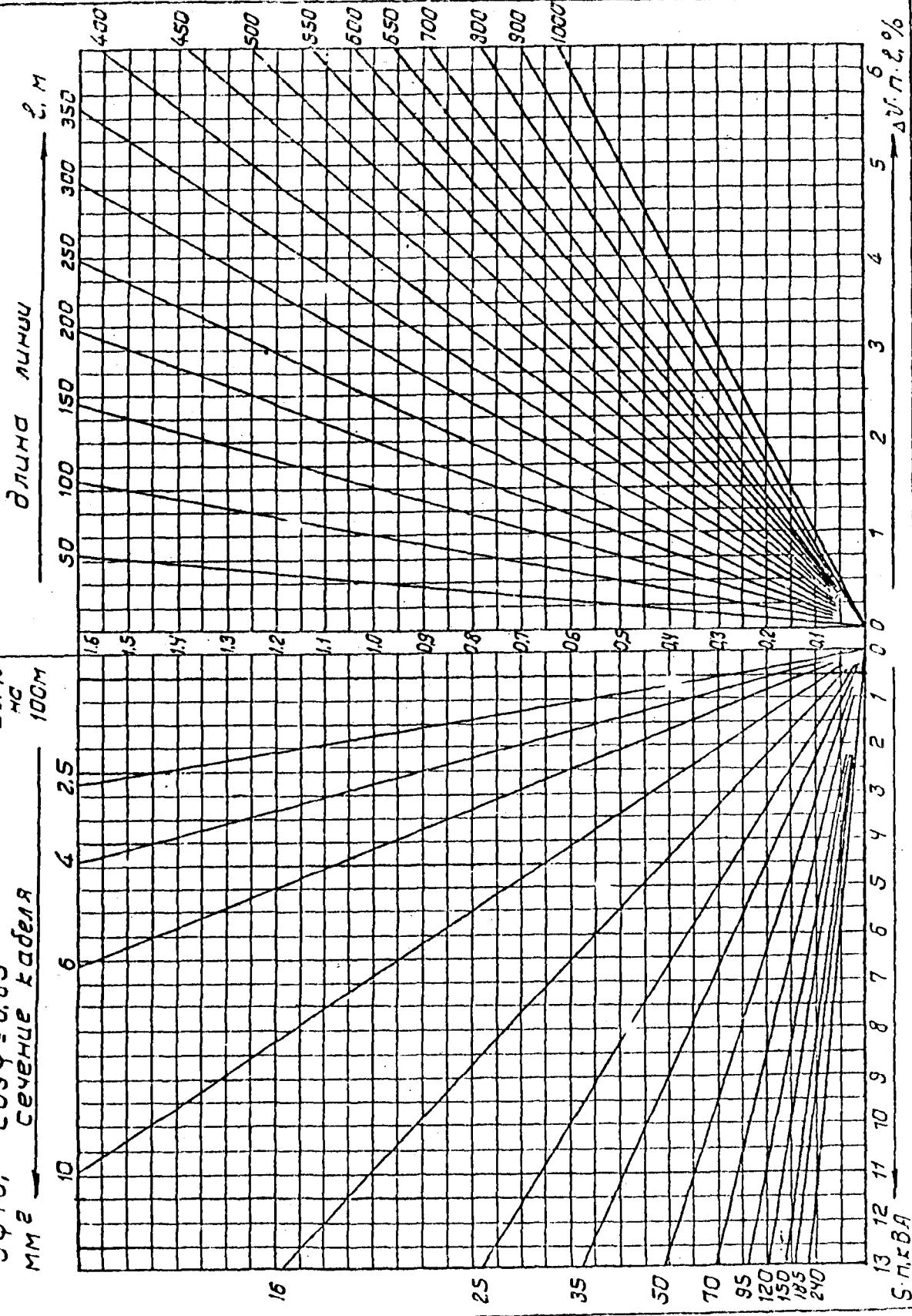
ΔU. П. %

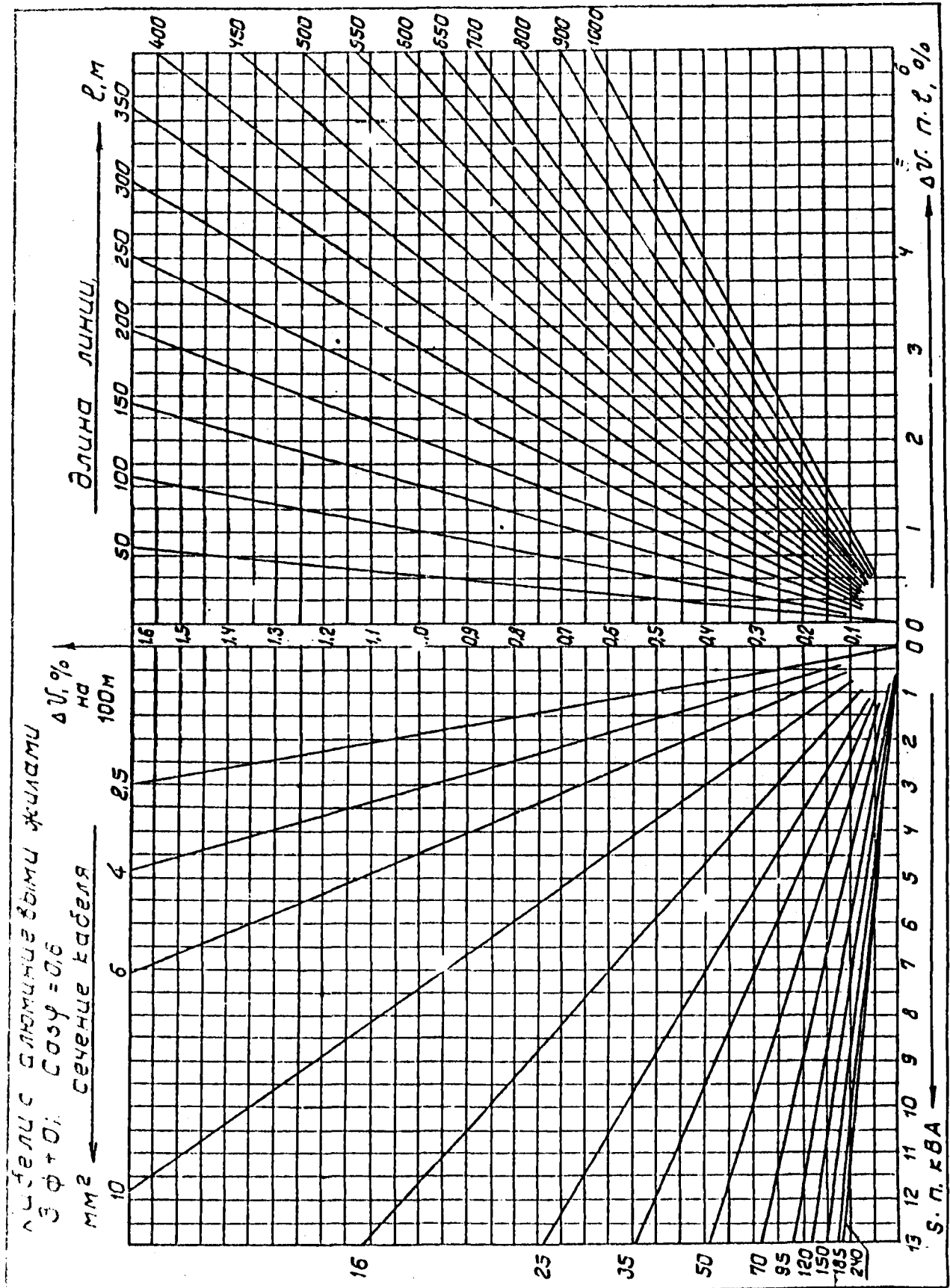
13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 0 1 2 3 4 5 6

6. П. Е. Б. Я

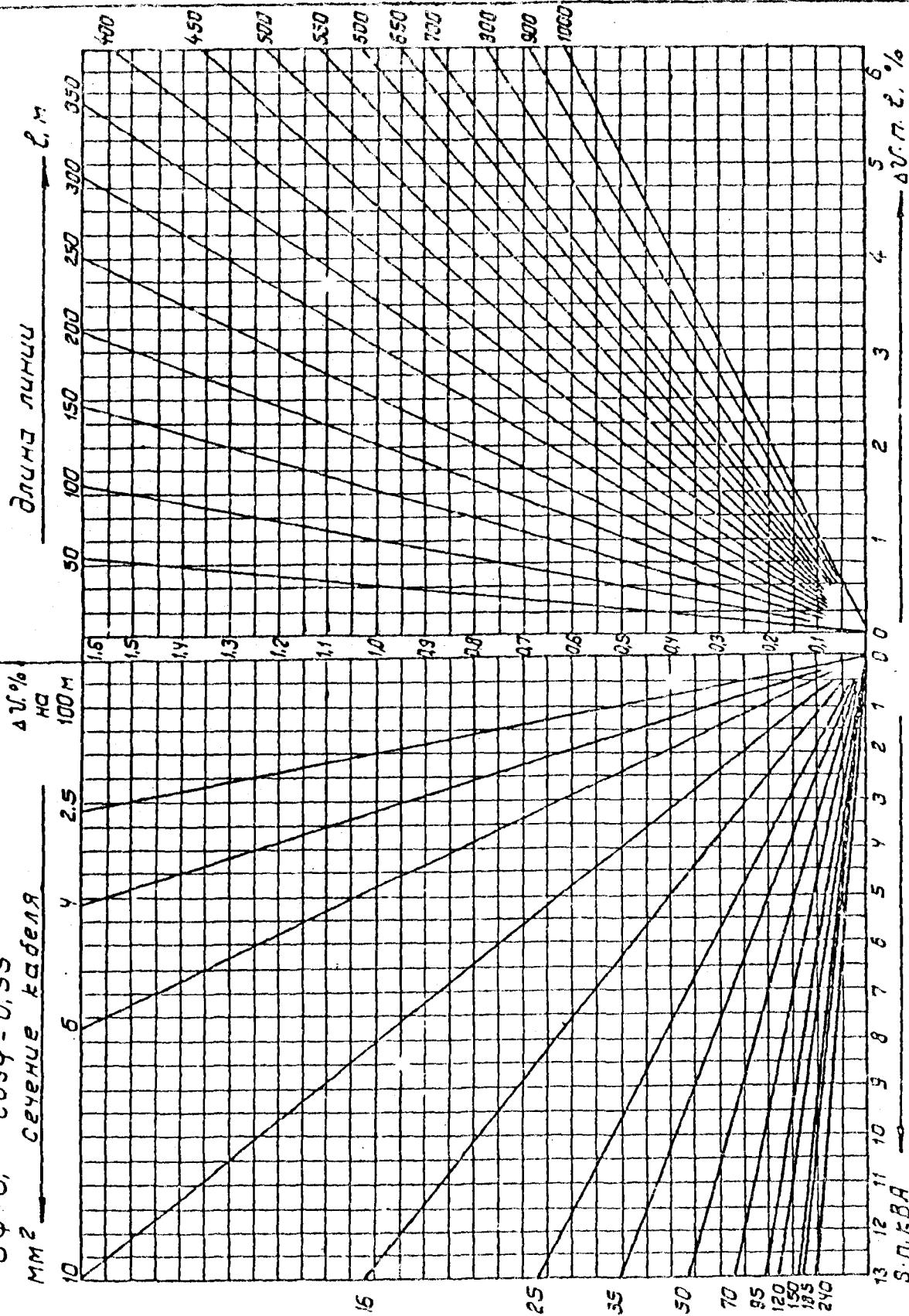
Кабели с алюминиевыми жилами
 3φ+0; $\cos\varphi = 0.65$
 мм² — сечение кабеля

$\Delta U, \%$
 на
 100м





Кабели с алюциневыми жилками
 3 ф. 0; $\cos \varphi = 0,55$
 мм² сечение кабеля



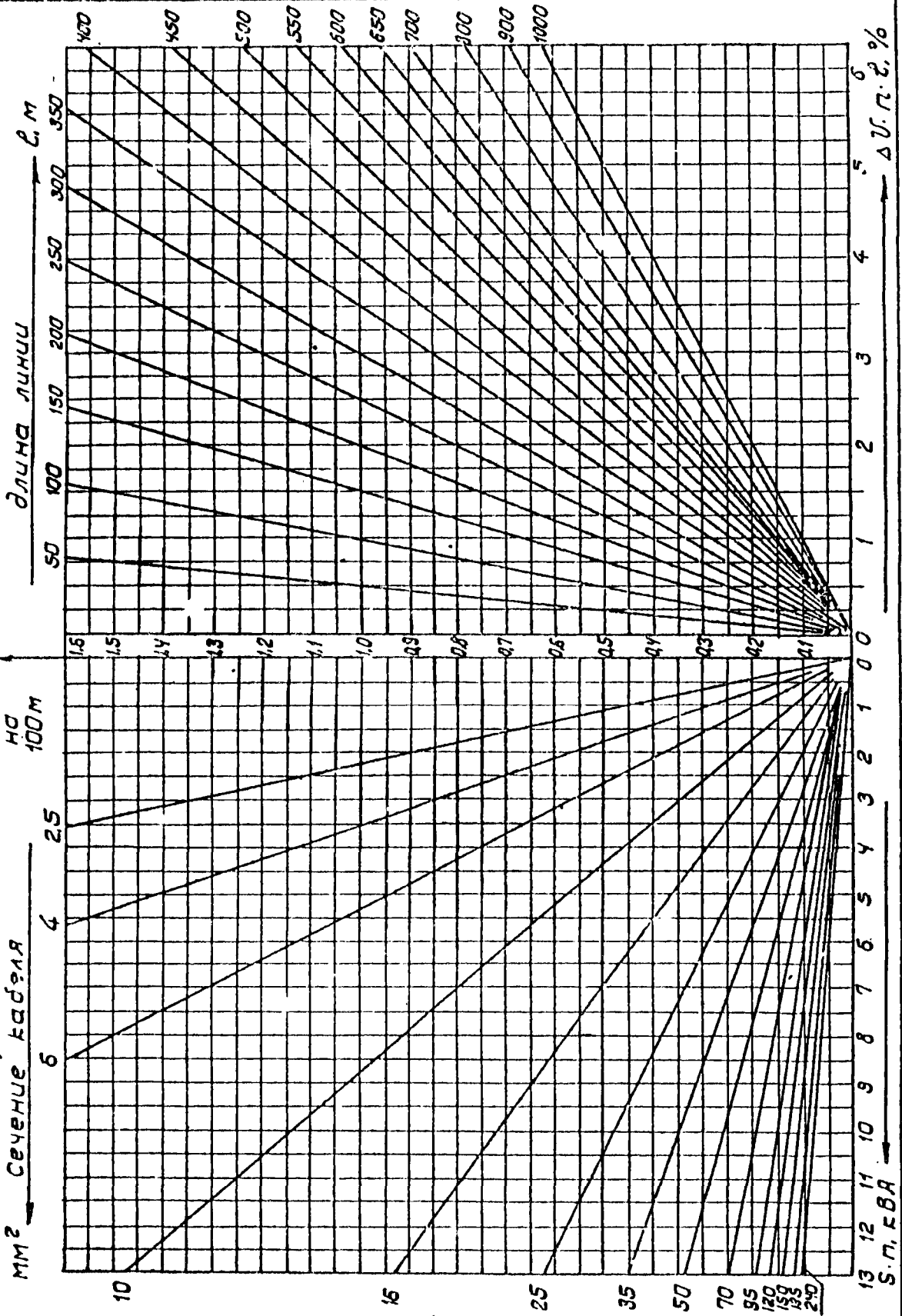
Кабели с алюминевими жилами

3 ф + 0; $\cos \varphi = 0.5$

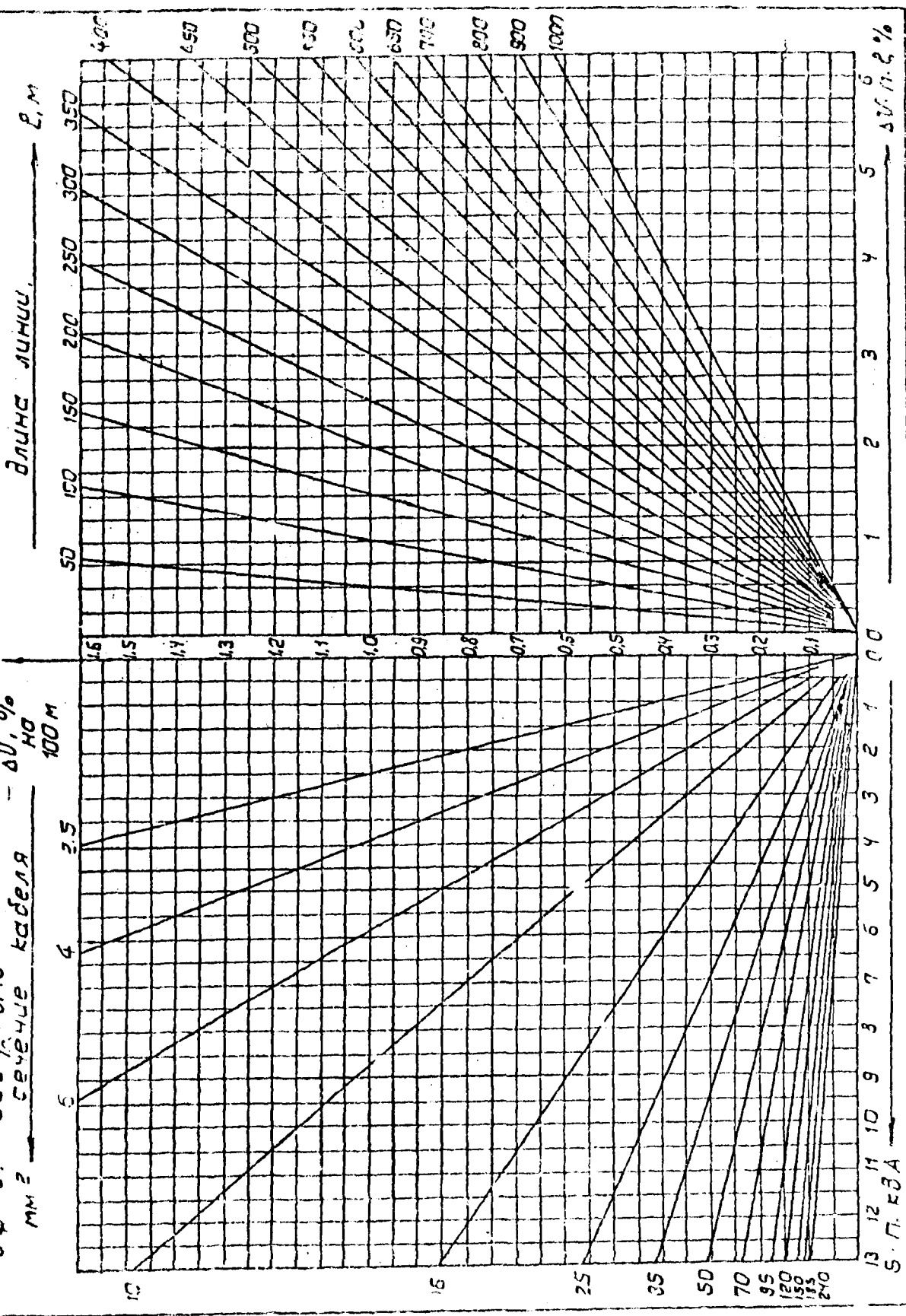
мм² сечение кабеля

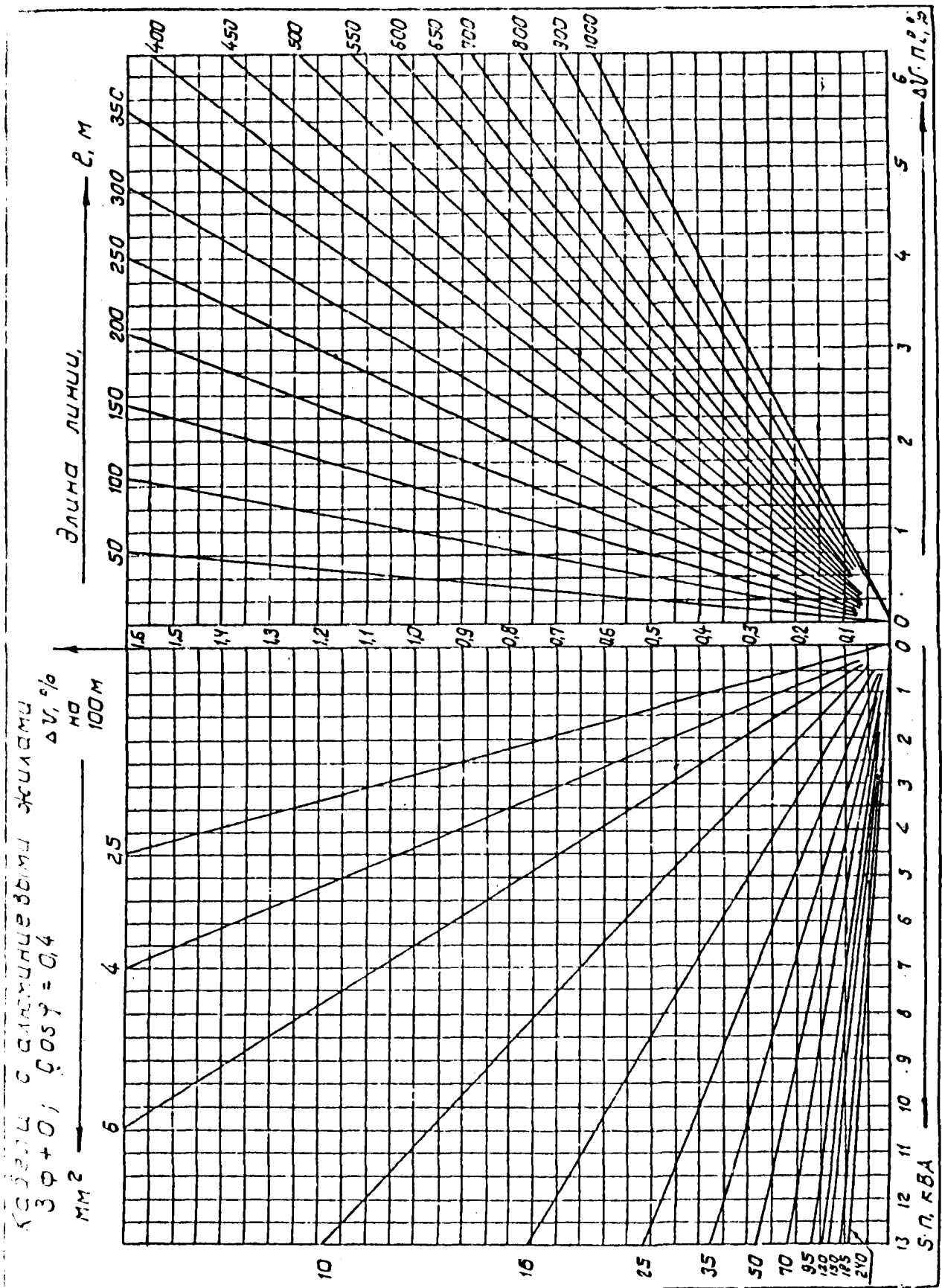
$\Delta U, \%$

на
100 м



Кабели с алюминиевыми
 жилами $\cos \varphi = 0.95$
 мм² — сечение кабеля
 — $\Delta U, \% \text{ на } 100 \text{ м}$





Кабели с диаметром проволоки 3 мм

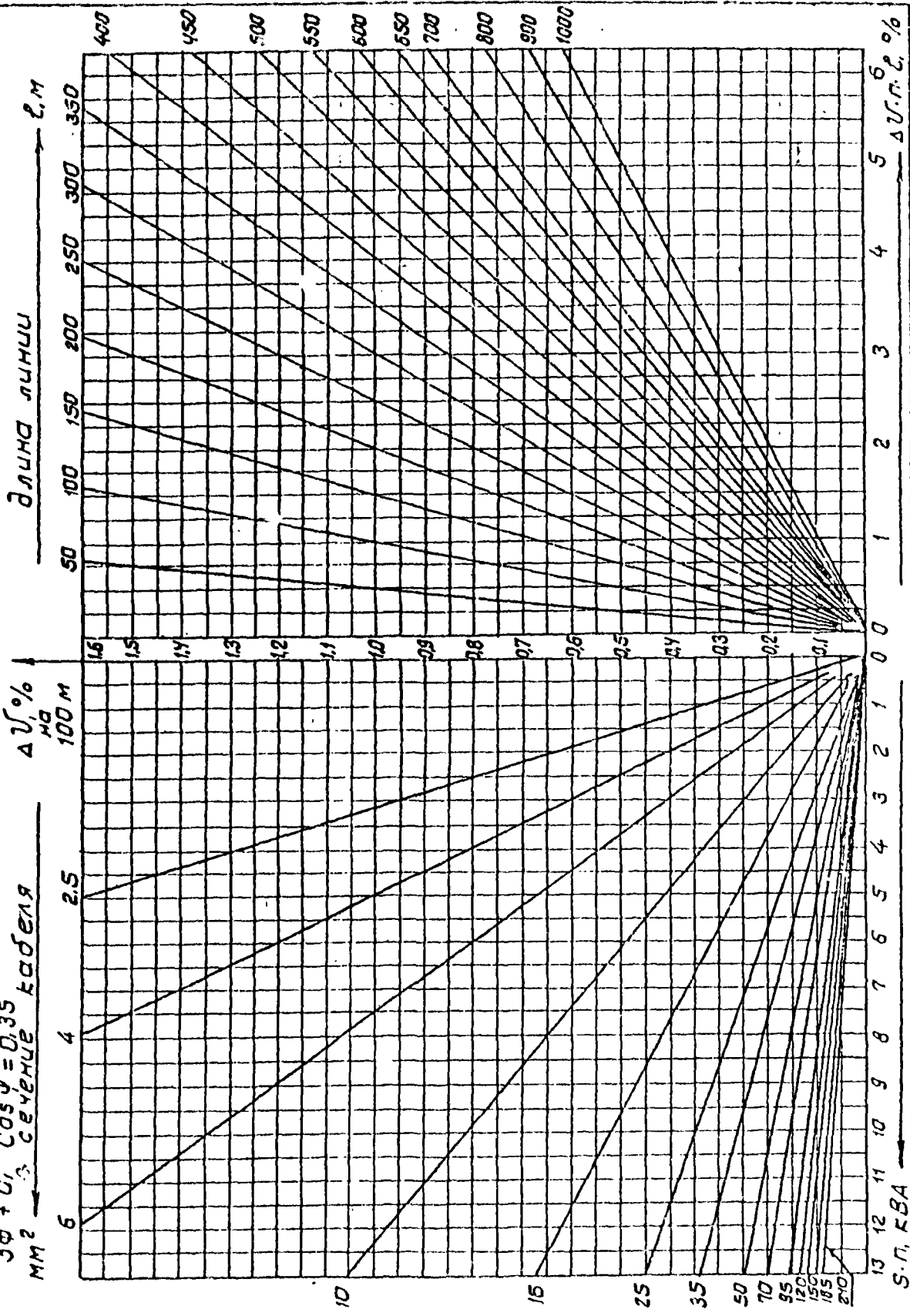
3φ + 0; cos φ = 0,35

мм² → сечение кабеля

ΔU, %

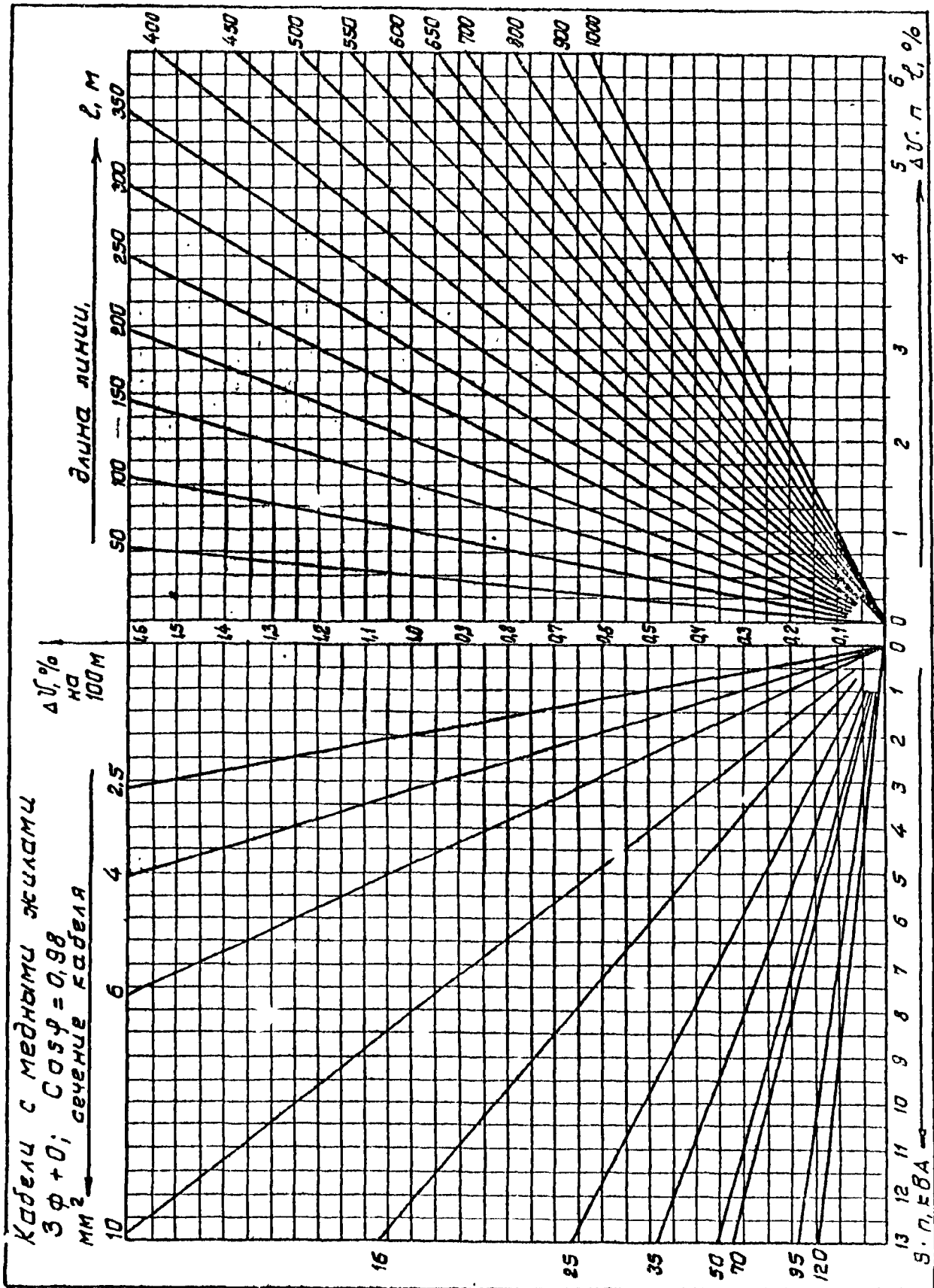
на

100 м

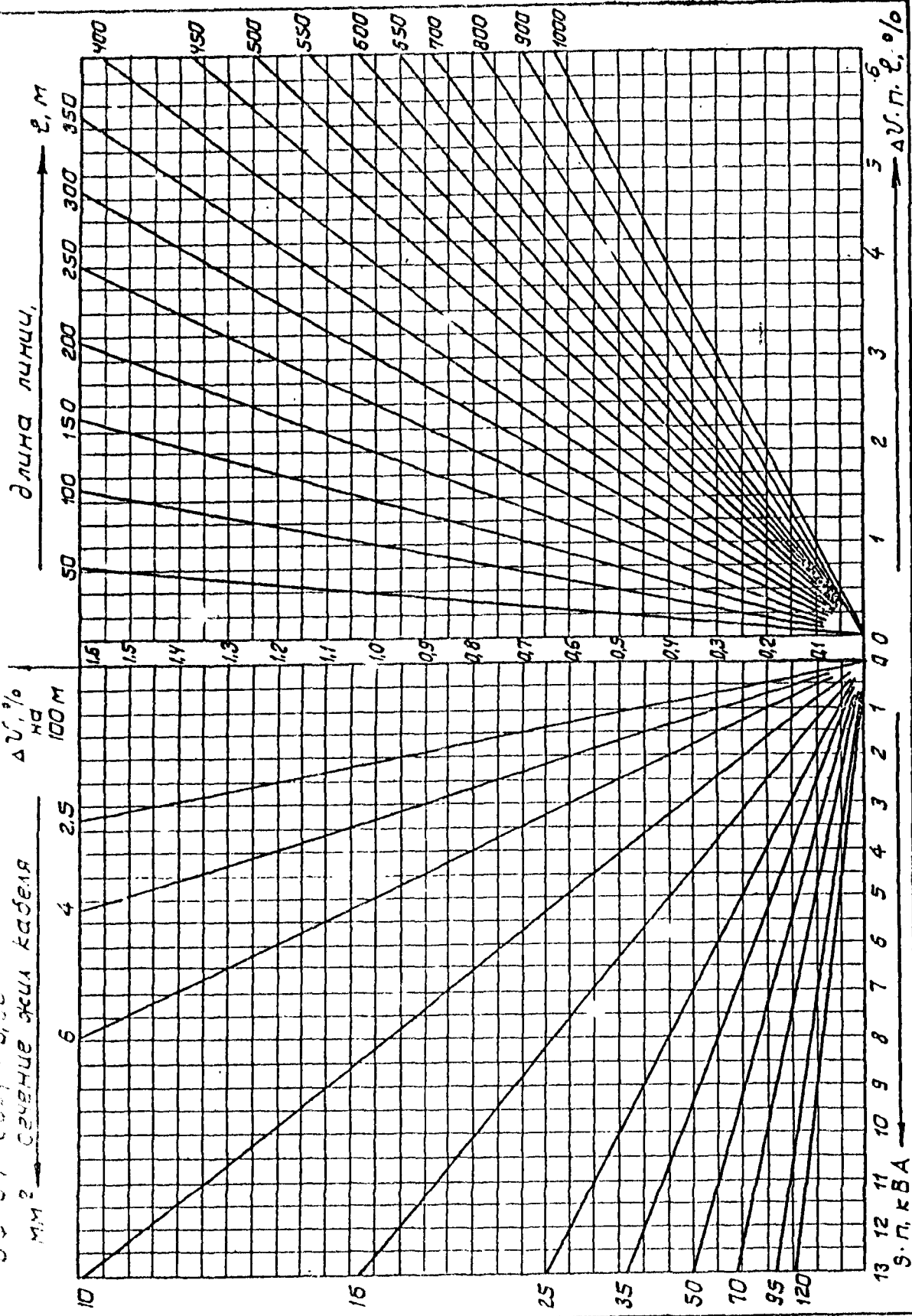


С. П. КВА

НОМОГРАММЫ
для определения потери напряжения
в кабельных линиях 0,38 кВ с медными жилами



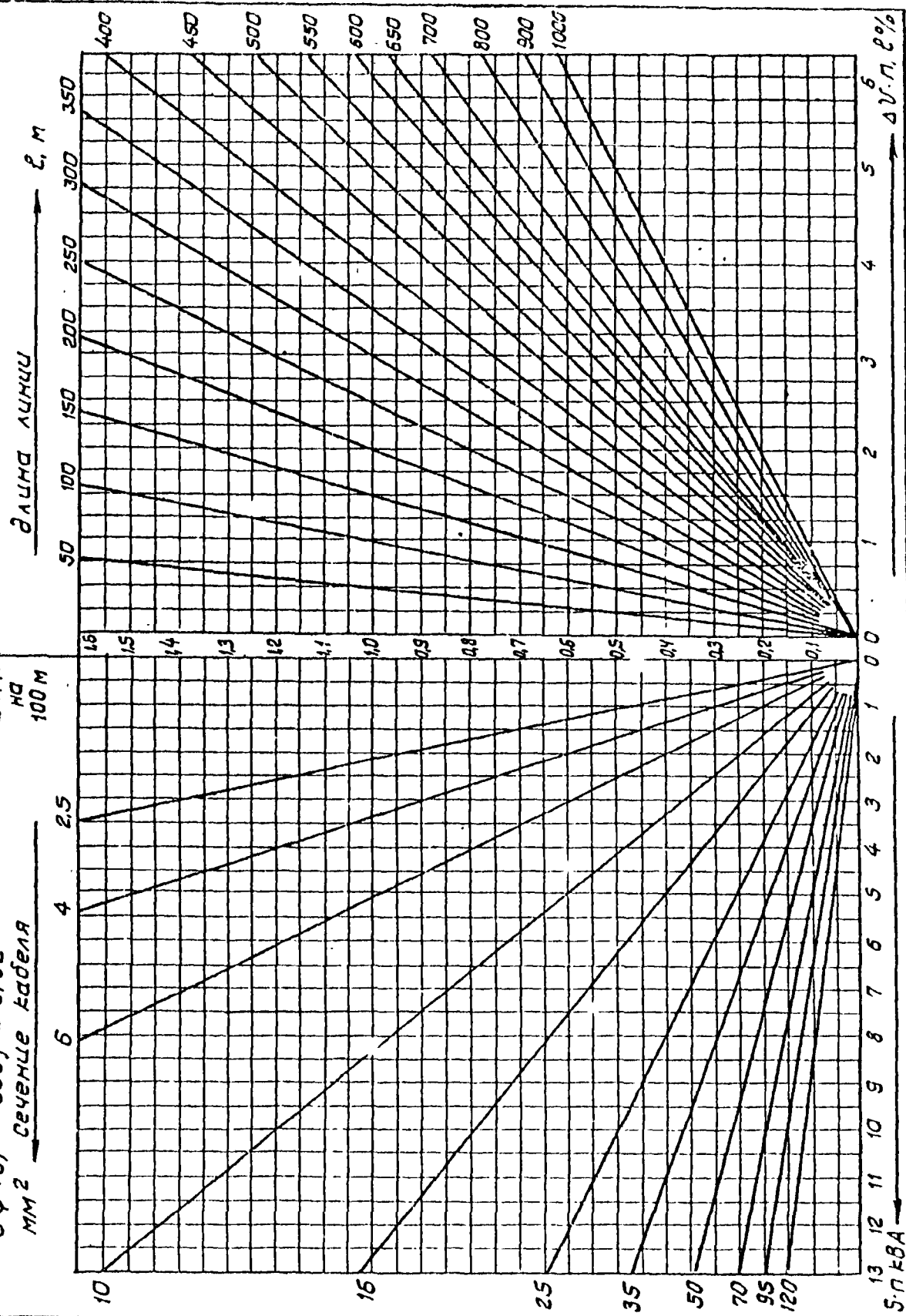
КАБЕЛИ ТИПОВИХ ЖУКАНИ
 3-ФАЗ. СЭДЭ = 0,90
 мм² — СЭЧЕНИЕ ЖИЛ КАБЕЛЯ



ΔU, %
 ΔU, П. Э, %

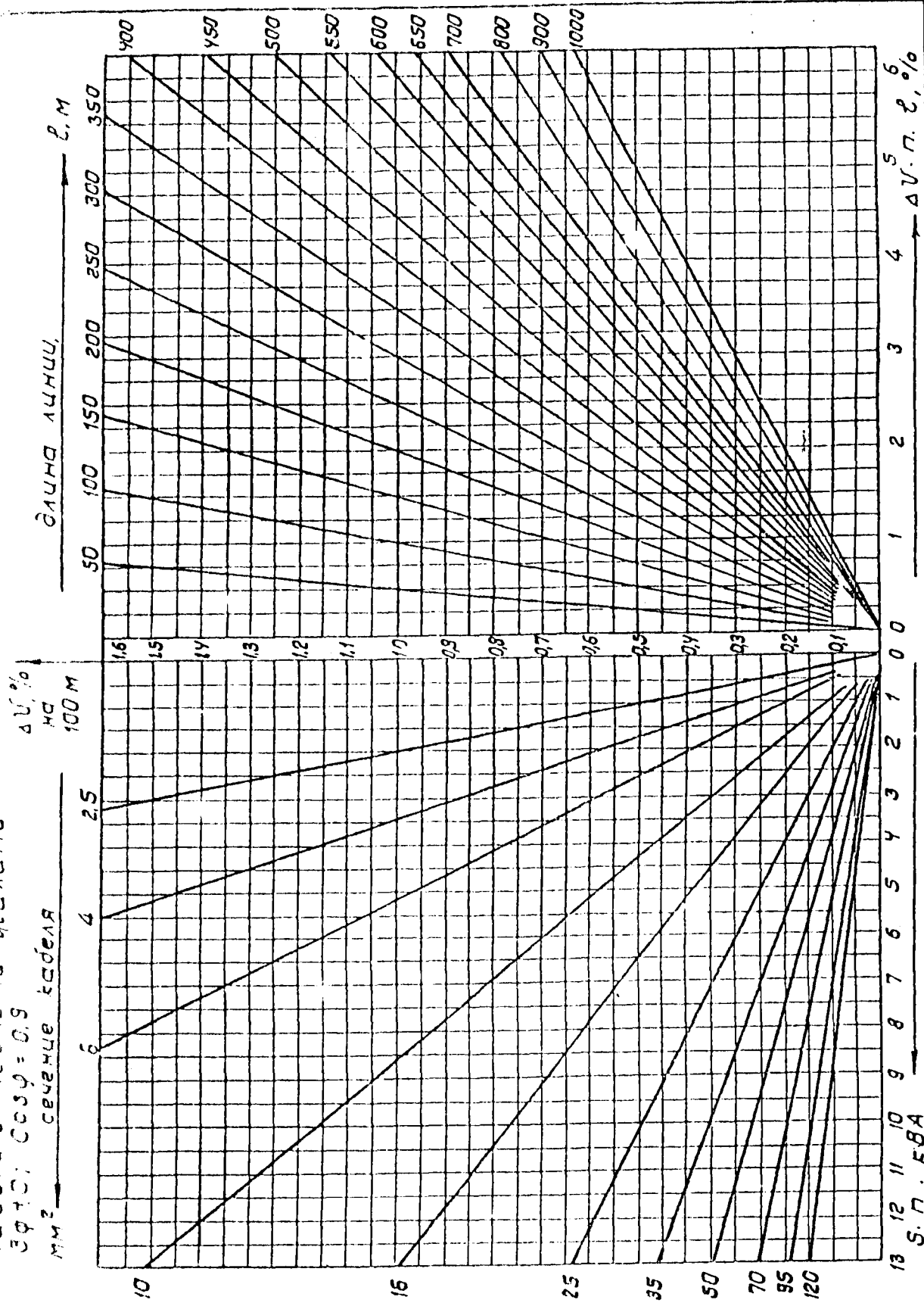
Кабели с медными жилами
 3 ф+0; $\cos \varphi = 0,92$
 мм² сечение кабеля

$\Delta U, \%$
 на
 100 м

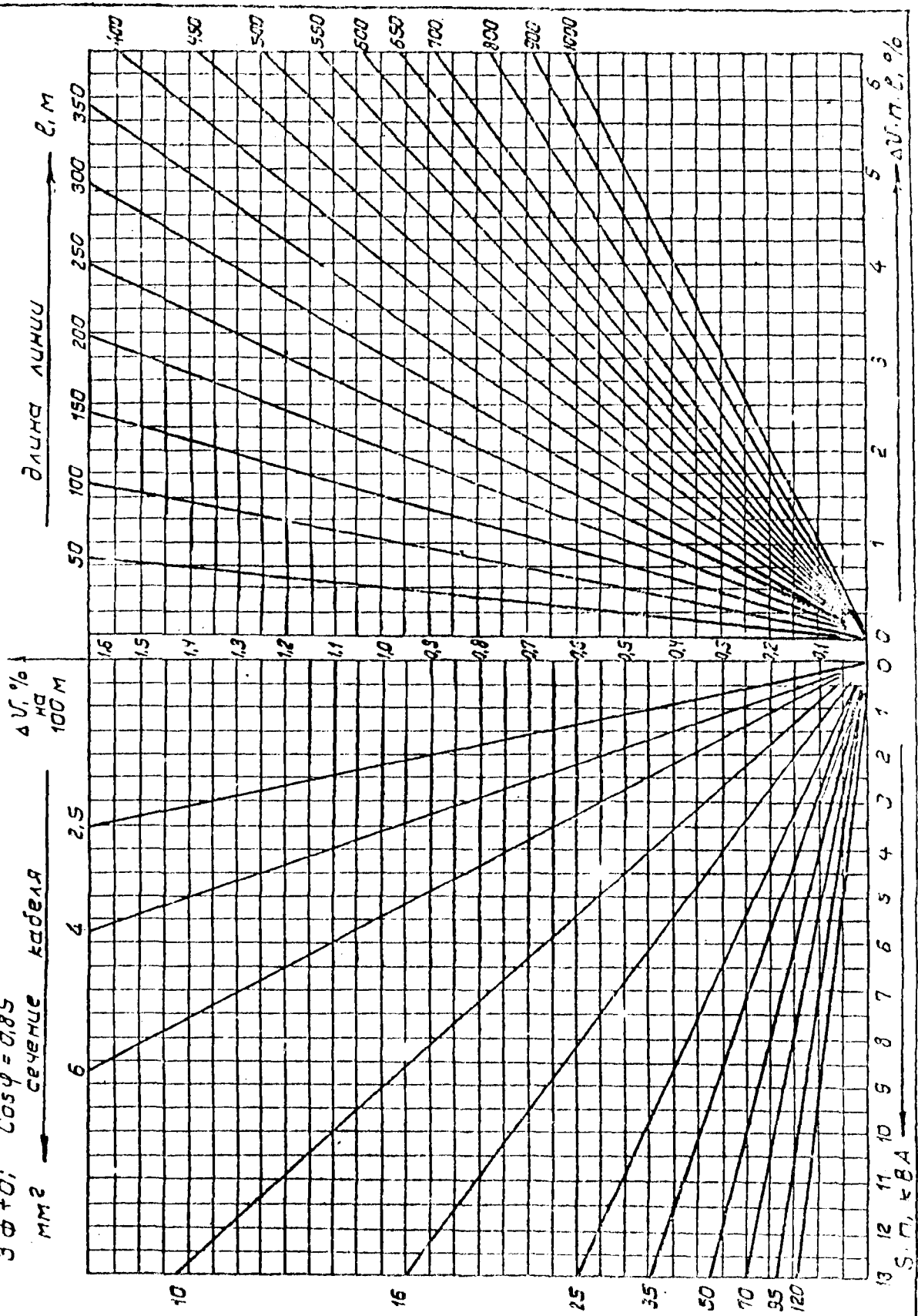


С.П.КБА

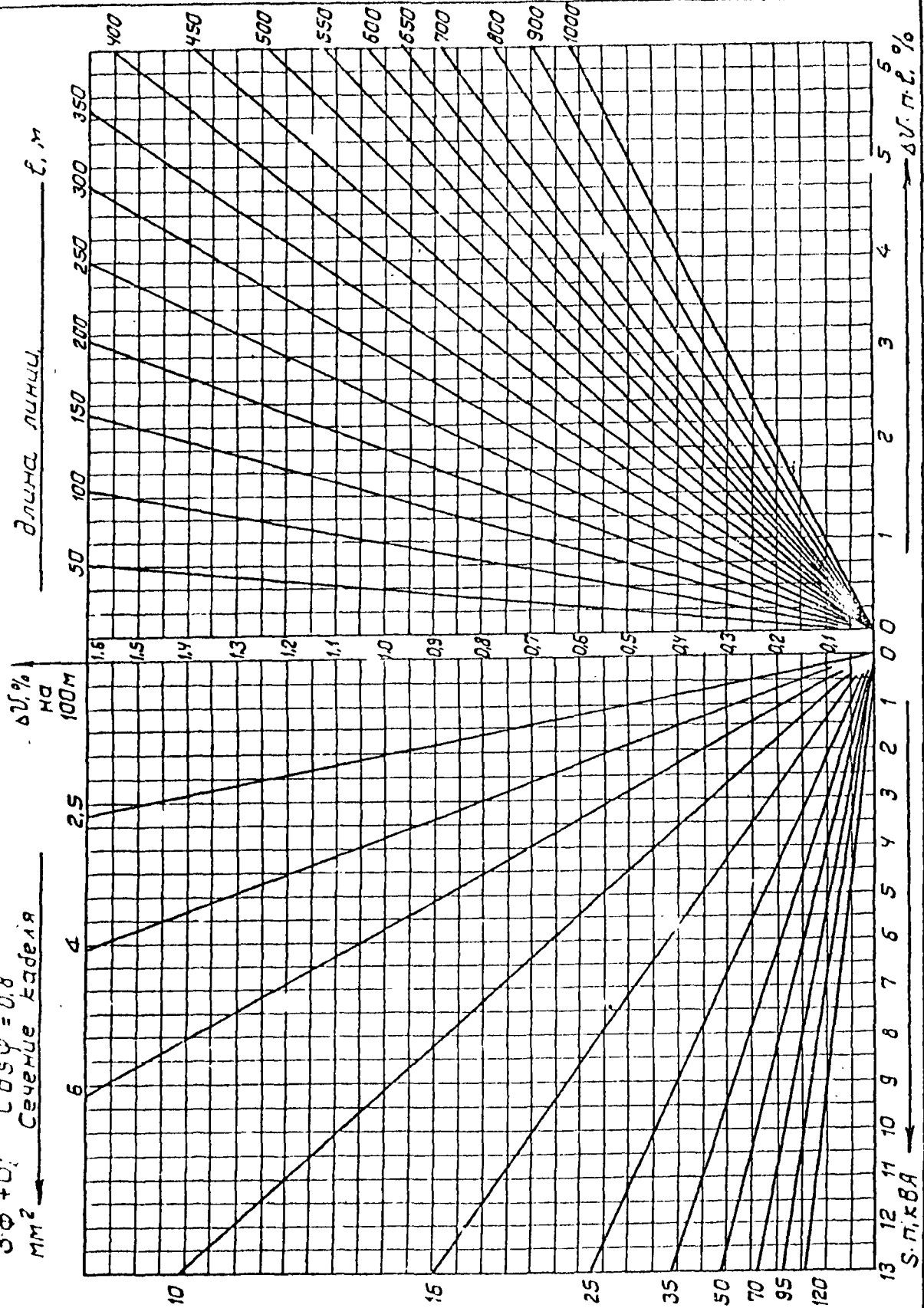
Кабели с медными жилами
 ЭФГО; $\cos\phi = 0.9$
 мм² — сечение кабеля



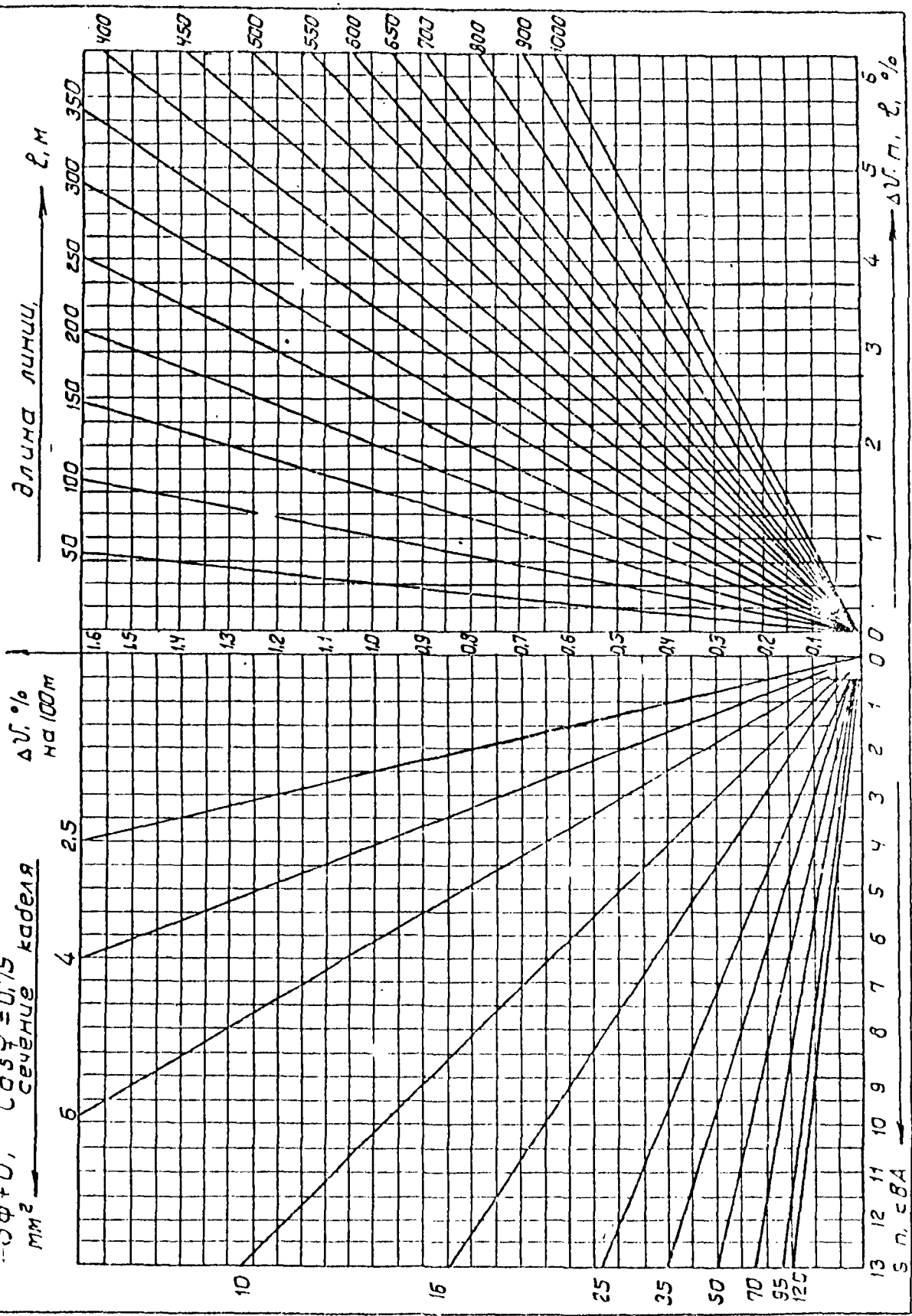
Кабели с медными жилами
 3 ф + 0; $\cos \varphi = 0,85$
 мм² → сечение кабеля



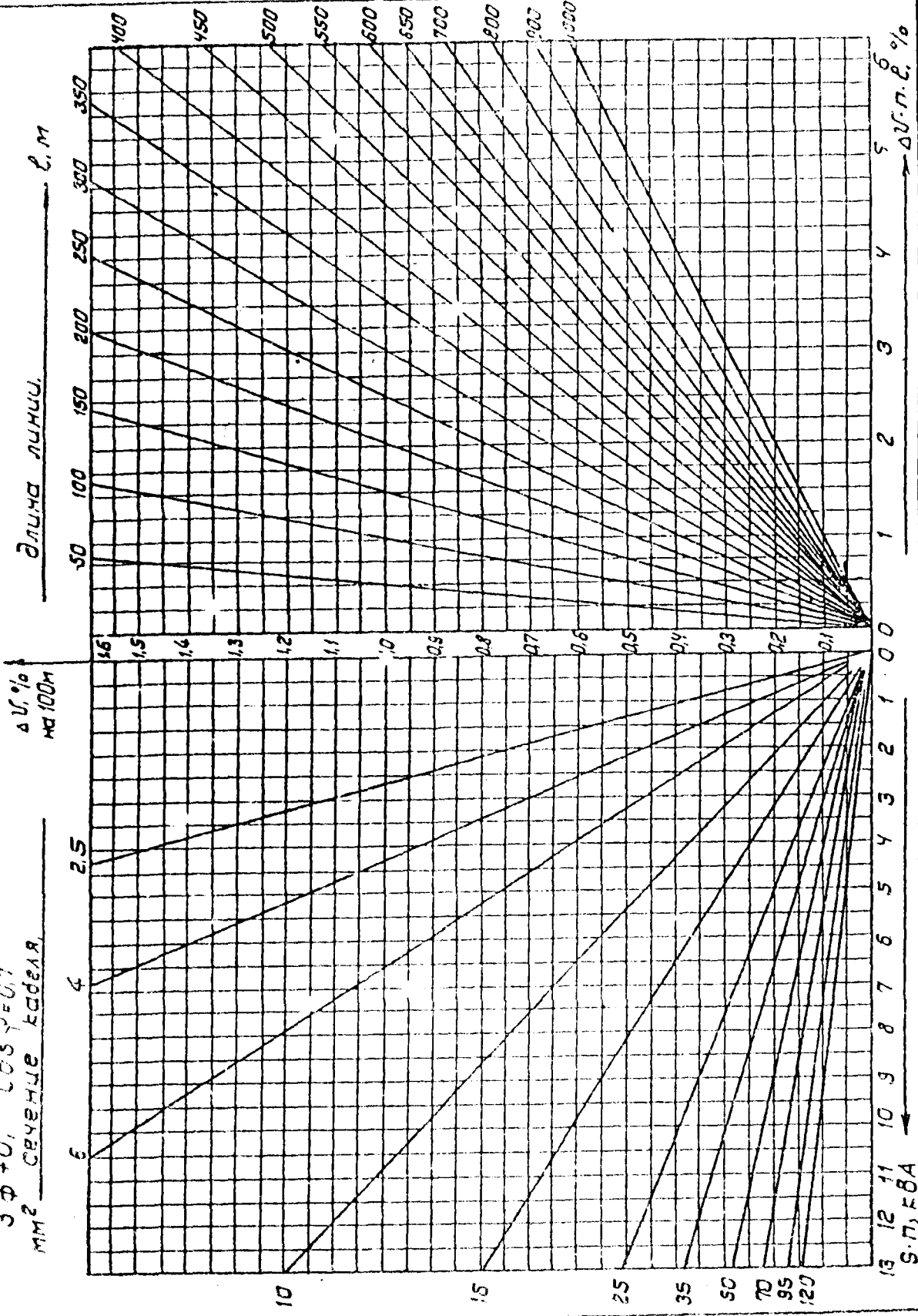
Кабели с медными жилами
 $\cos \varphi = 0.8$
 мм² Сечение кабеля



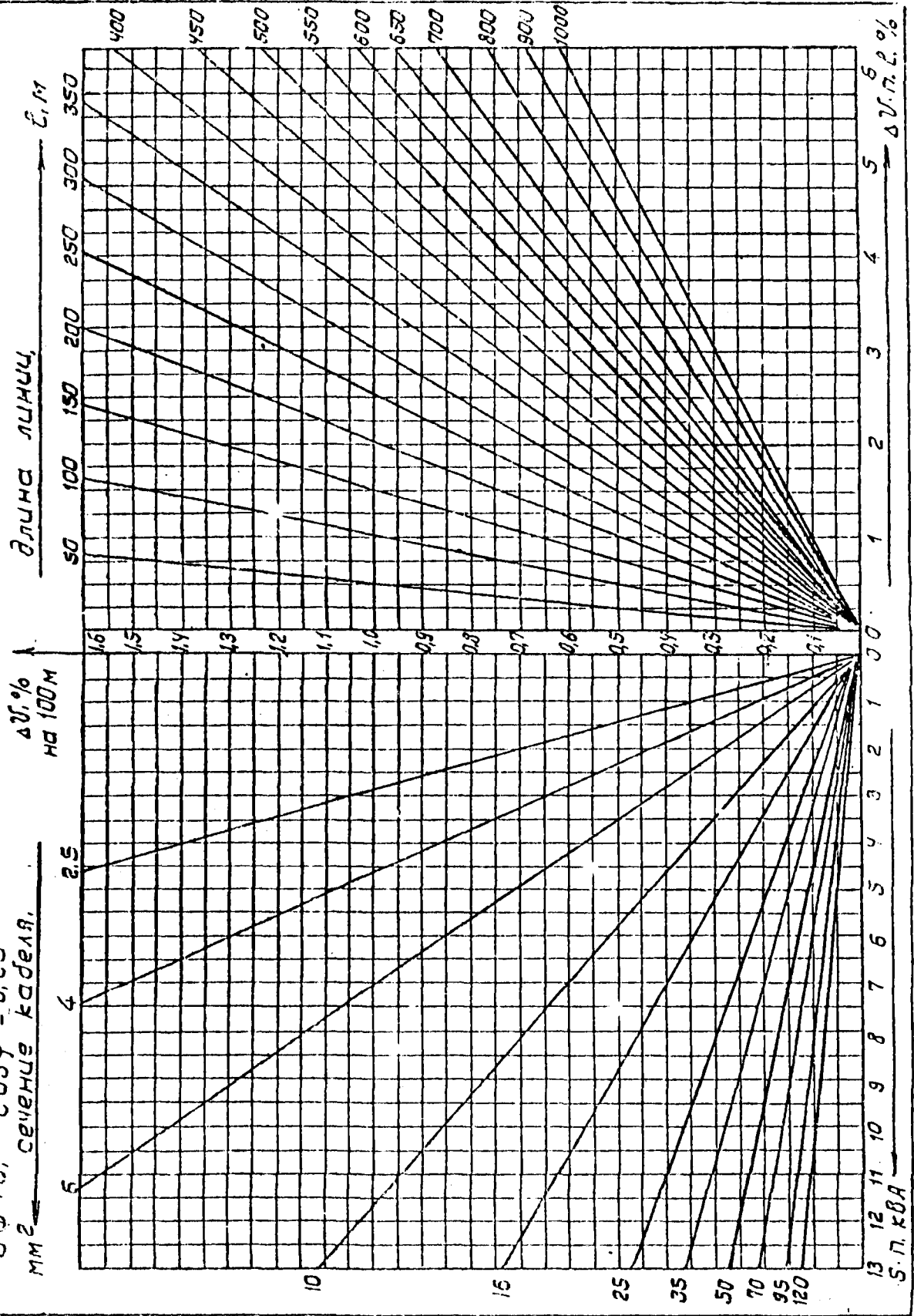
Кабели с медными жилами
 -3Ф+0; $\cos \varphi = 0,75$
 мм² сечение кабеля

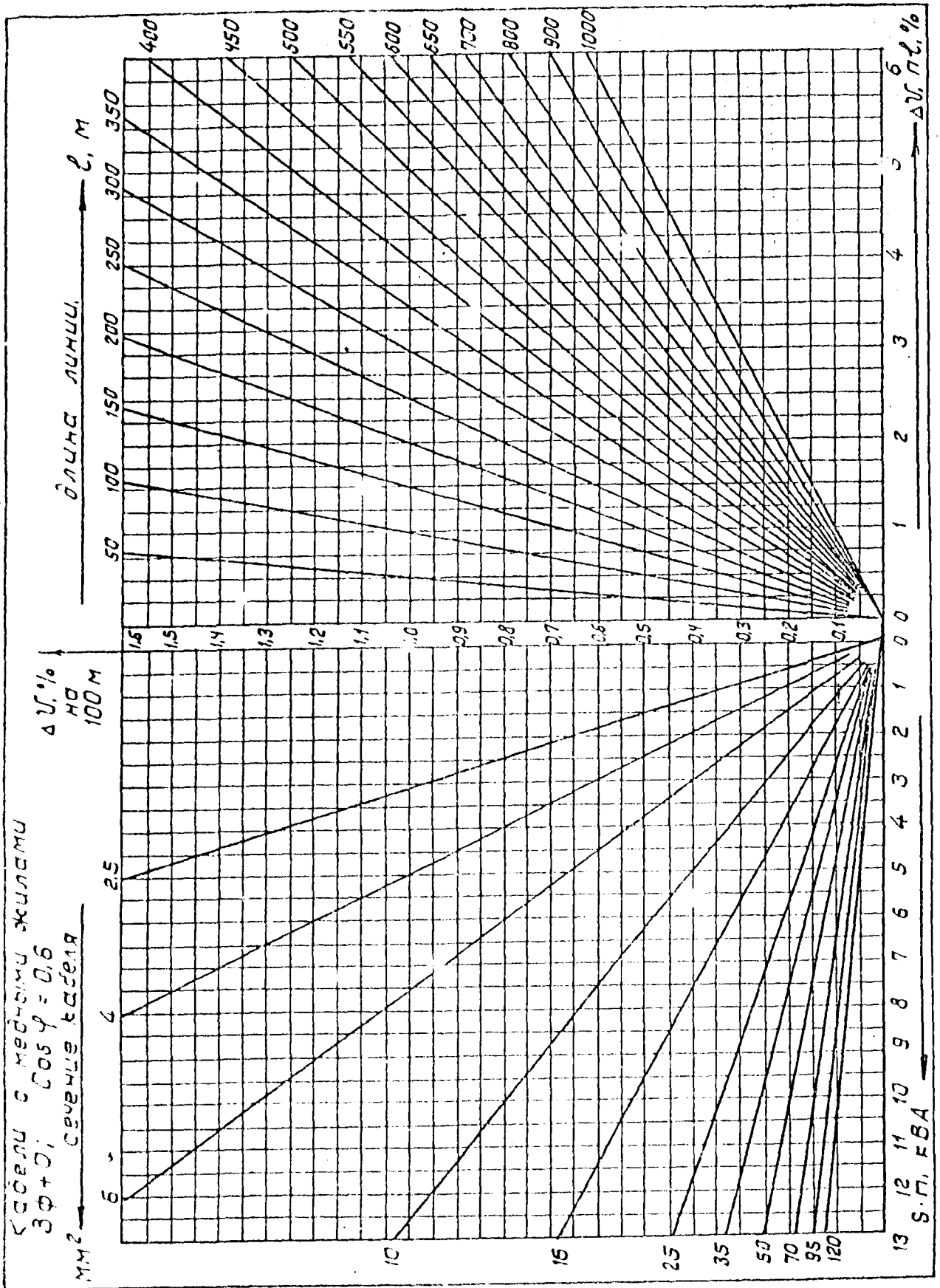


Кабели с медными жилами
 $3 \phi + 0,1 \text{ cos } \varphi = 0,7$
 мм² сечение кабеля



Кабели с медными жилами
 3 ф + 0; $\cos \varphi = 0,65$
 мм² сечение кабеля.

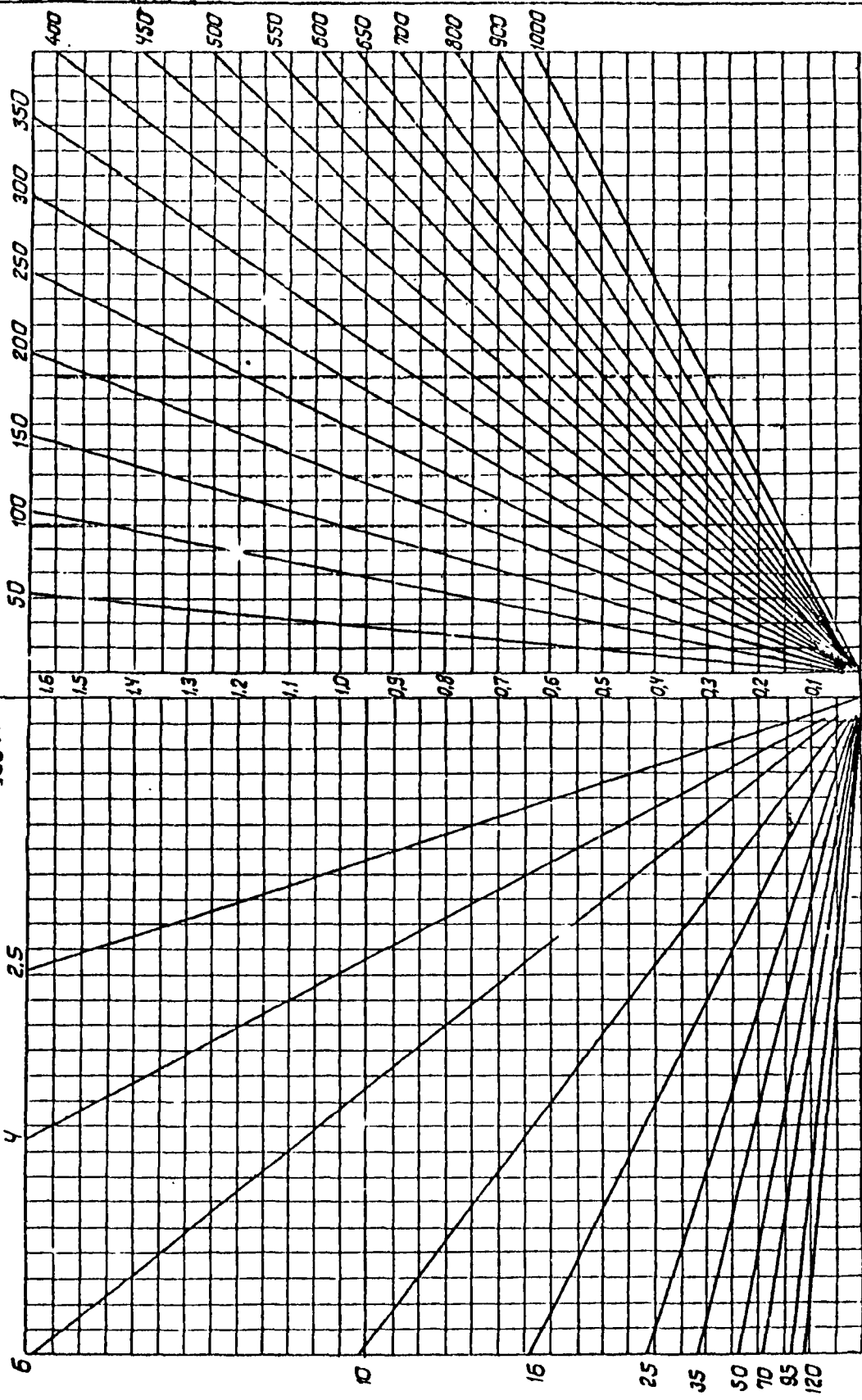




Кабели с медными жилами
 3 ф + 0; $\cos\varphi = 0,55$
 мм² сечение кабеля

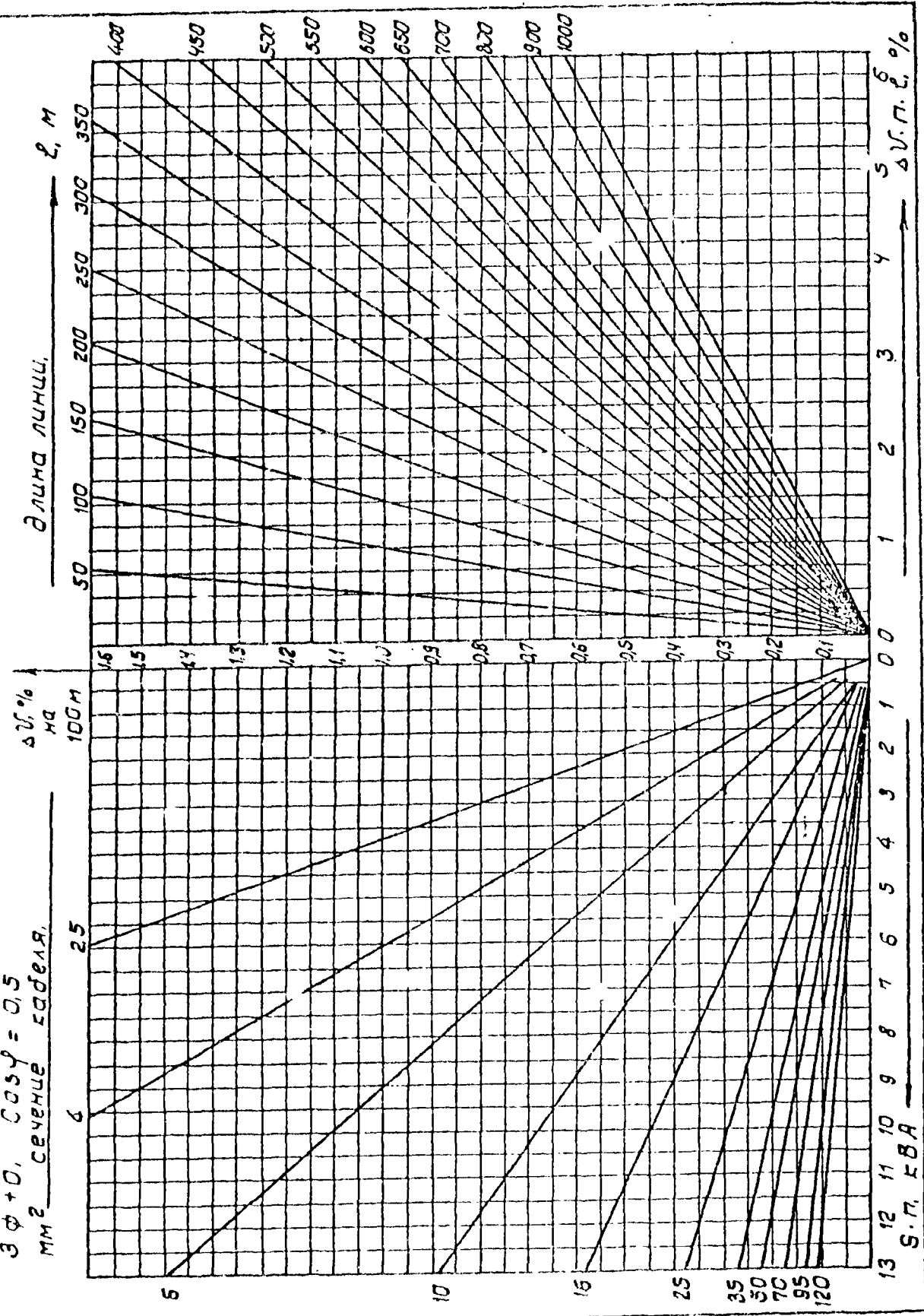
$\Delta U, \%$
 на
 100 м

длина линии, л. м



13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13
 S. П. КБА

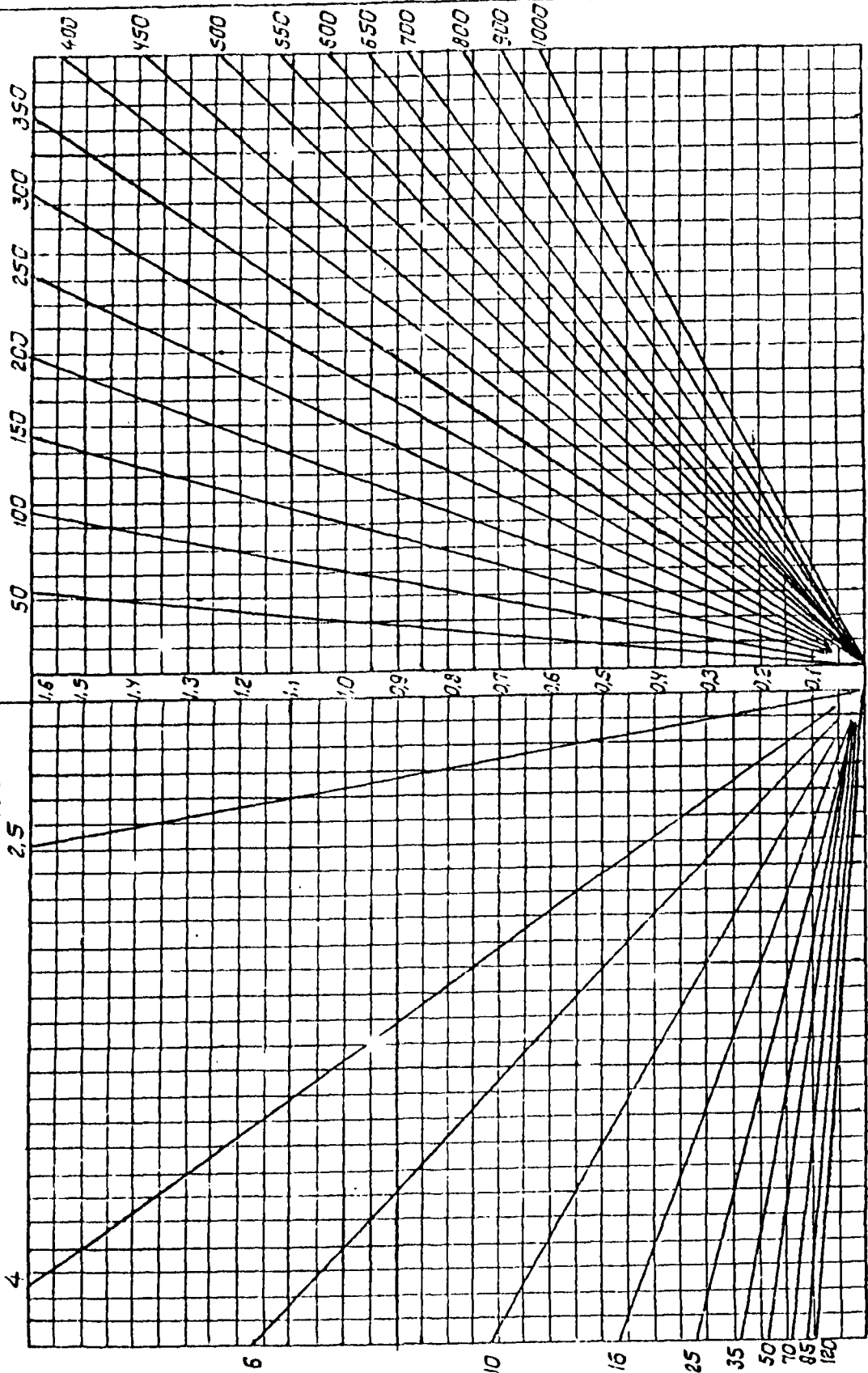
Кабели с медными жилами
 3 ф + 0, cos φ = 0,5
 мм² сечение кабеля.



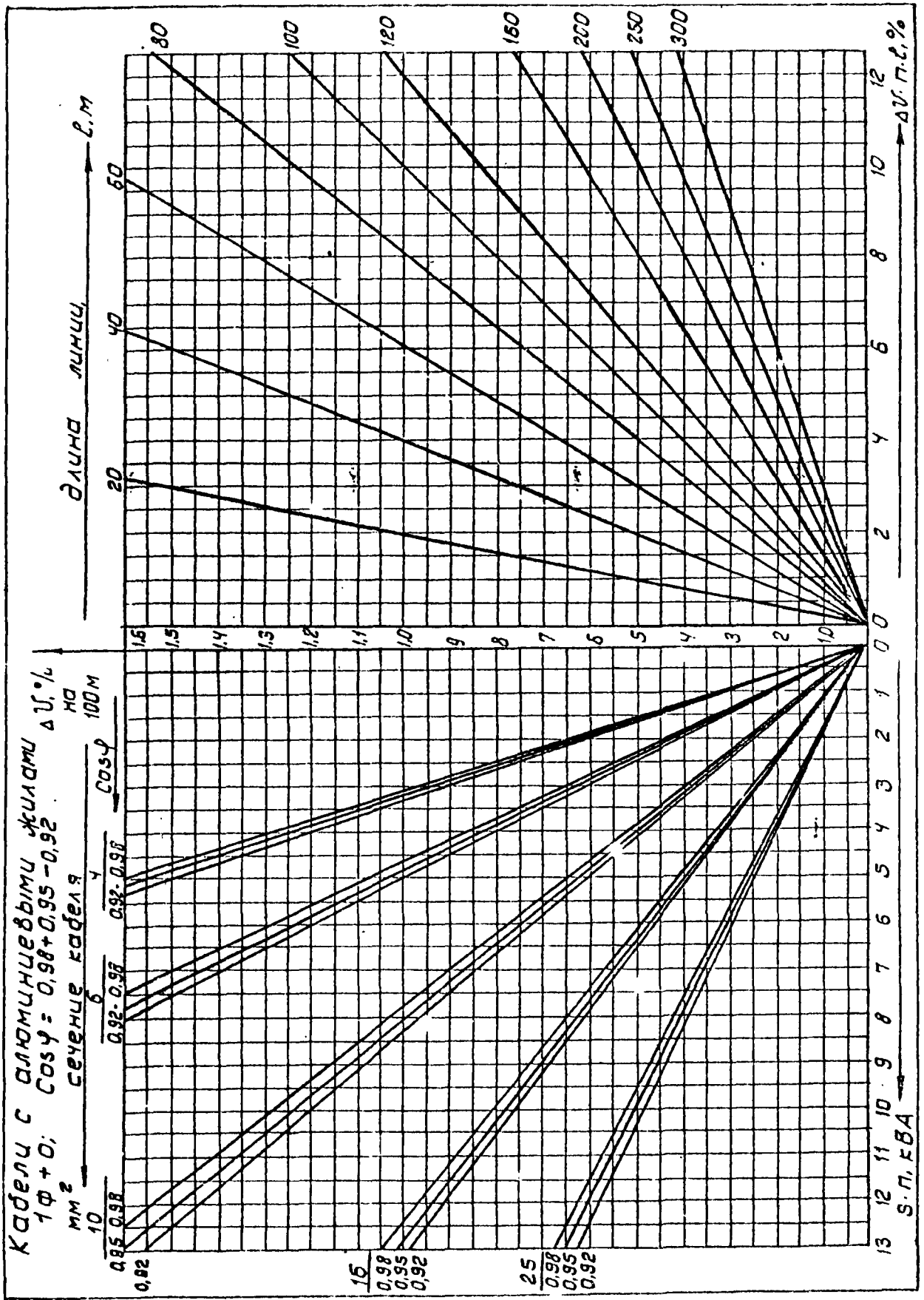
Кабель с медными жилами
 3 ф - 0; cos φ = 0.4
 мм² сечение кабеля

ΔU, %
 на
 100 м

длина линии, м



ΔU, %



4. Справочные данные

Таблица 1

Значения потерь напряжения в трехфазных четырехжильных кабелях
на 100 м длины линии при нагрузке 10 кВА

Сечение жила, мм ²	Коэффициент мощности															
	0,98	0,95	0,92	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3
	Алюминиевые жилы															
150	0,15	0,15	0,15	0,15	0,14	0,14	0,14	0,13	0,13	0,12	0,11	0,11	0,1	0,1	0,09	0,08
185	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,11	0,1	0,1	0,09	0,09	0,08	0,08	0,07
240	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07
	Медные жилы															
150	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06
185	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06
240	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05

Таблица 2

Активные и реактивные сопротивления кабелей и проводов, проложенных в трубах, Ом/км·10⁻²

	Сечение, мм ²															
	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240		
	Алюминиевые жилы															
R	1260	790	526	316	198	128	92	64	46	34	27	21	17	13,2		
X	9,8	9,5	9,0	7,3	6,75	6,62	6,37	6,25	6,12	6,02	6,02	5,96	5,96	5,87		
	Медные жилы															
R	755	465	306	184	120	74	54	39	28	20	15,8	12,3	10,3	7,8		
X	10	9,5	9,0	7,3	6,75	6,6	6,37	6,25	6,12	6,02	6,02	5,96	5,96	5,87		

ТАБЛИЦЫ
для определения потери напряжения в силовых
трансформаторах 6-10/0,4 кВ мощностью до 630 кВА

Таблицы

для определения потери напряжения в силовых трансформаторах 6-10/0,4 кВ мощностью до 630 кВА

Предлагаемые таблицы позволяют определять потери напряжения в трансформаторах в зависимости от коэффициента мощности нагрузки $\cos \varphi$, при эл. нагрузке 100 % от номинальной мощности трансформатора.

При других значениях нагрузки трансформатора

$$\Delta U = \Delta U_{100} \frac{\Sigma S_{\text{нагр. (кВА)}}}{S_{\text{ном.тр-ра (кВА)}}$$

Приведенные в таблицах значения ΔU приближены, но достаточно точны для технических расчетов в проектах.

Например :

1. Силовой трансформатор мощностью - 100 кВА.

Схема соединения обмоток $\Delta / \Delta^0 - 0$.

Нагрузка - 80 кВА, $\cos \varphi - 0,85$.

Решения : из таблицы 1

$$\Delta U_{\%}^{100} = 3,77 \quad \Delta U_{\%} = \frac{80}{100} \cdot 3,77 = 3,02$$

2. Те же данные трансформатора, но суммарная нагрузка трансформатора, с учетом пусковой мощности электродвигателя = 145 кВА

$$\Delta U_{\%}^{100} = 3,77 \quad \Delta U_{\%} = \frac{145}{100} \cdot 3,77 = 5,47$$

Таблица 1

Потери напряжения в силовых трансформаторах 6-10/0,4 кВ мощностью до 630 кВА, со схемой соединения обмоток Δ/Y_0-0
 U_{100} в % при нагрузке 100% от номинальной мощности трансформатора)

Мощность трансформатора кВА	Коэффициент мощности нагрузки (cos ψ)															
	0,98	0,95	0,92	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4		
25	3,1	3,46	3,7	3,8	4,0	4,2	4,3	4,39	4,45	4,48	4,5	4,49	4,47	4,44		
40	2,93	3,3	3,35	3,68	3,92	4,1	4,22	4,32	4,39	4,44	4,46	4,48	4,47	4,46		
63	2,78	3,17	3,43	3,57	3,83	4,02	4,16	4,27	4,36	4,42	4,45	4,47	4,48	4,48		
100	2,82	3,08	3,35	3,49	3,77	3,97	4,12	4,24	4,34	4,4	4,45	4,48	4,5	4,5		
160	2,42	2,85	3,14	3,29	3,59	3,82	3,99	4,13	4,24	4,33	4,4	4,45	4,48	4,5		
250	2,3	2,74	3,04	3,2	3,52	3,76	3,95	4,1	4,23	4,32	4,4	4,46	4,5	4,53		
400	2,2	2,64	2,94	3,1	3,42	3,66	3,86	4,0	4,14	4,25	4,33	4,39	4,44	4,54		
630	2,24	2,82	3,2	3,42	3,84	4,18	4,5	4,67	4,86	5,01	5,14	5,25	5,33	5,4		

 $\Sigma \Sigma$ нагр. (кВА)

 При других значениях нагрузки трансформатора $\Delta U = \Delta U_{100} \cdot$
 Σ ном. тр-ра (кВА)

Таблица 2

Потери напряжения в силовых трансформаторах 6-10/0,4 кВ мощностью до 250 кВА, со схемой соединения обмоток $\Delta/Z_0/11$
(ΔU_{100} в % при нагрузке 100% от номинальной мощности трансформатора)

Мощность трансформатора кВА	Коэффициент мощности нагрузки (cos ψ)													
	0,98	0,95	0,92	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4
25	3,62	4,06	4,35	4,5	4,79	4,99	5,13	5,24	5,32	5,36	5,39	5,39	5,38	5,35
40	3,36	3,6	4,09	4,25	4,54	4,75	4,9	5,02	5,11	5,17	5,2	5,22	5,22	5,2
63	3,17	3,6	3,89	4,04	4,33	4,54	4,69	4,82	4,9	4,96	5,0	5,02	5,03	5,02
100	3,04	3,43	3,76	3,83	4,09	4,27	4,41	4,51	4,59	4,64	4,67	4,68	4,68	4,66
160	2,59	2,53	3,15	3,27	3,5	3,66	3,78	3,87	3,93	3,98	4,0	4,02	4,1	4,0
250	2,06	2,25	2,36	2,46	2,53	2,6	2,64	2,67	2,68	2,68	2,67	2,65	2,63	2,59

При других значениях нагрузки трансформатора

$$\Delta U = \Delta U_{100} \cdot \frac{\Sigma S \text{ нагр. (кВА)}}{\text{Сном.тр-ра (кВА)}}$$

РЕКОМЕНДАЦИИ
по выбору аппаратов и расчету защит
на трансформаторных подстанциях 6-10/0,4 кВ
сельских электрических сетей

Рекомендации по выбору аппаратов и расчету защиты на трансформаторных подстанциях сельских эл.сетей

1. ВВЕДЕНИЕ.

Настоящие рекомендации составлены на основе действующих нормативных и директивных материалов с учетом опыта проектирования и эксплуатации электрических распределительных сетей.

Оборудование для трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ выпускается заводами с определенным набором аппаратов защиты, параметры которых заданы ТУ и типовыми проектами. Это обстоятельство требует в необходимых обоснованных случаях предусматривать замену аппаратов защиты линий электропередачи 0,38 кВ. Выбор параметров срабатывания аппаратов защиты в сетях напряжением до 1000 В связан с выбором сечения проводов и кабелей.

Рекомендации предназначены для использования при проектировании распределительных электросетей.

2. ВЫБОР ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ

Защита потребительских трансформаторов 10/0,4 кВ со стороны напряжения 10 кВ осуществляется плавкими предохранителями типов ПКТ и ПКЭ.

2.1. Номинальные токи плавких вставок предохранителей ПКТ и ПКЭ, применяемых для защиты трансформаторов 10/0,4 кВ, принимаются по данным таблицы I (на основании действующих нормативных материалов.)

2.2. Для обеспечения термической устойчивости трансформатора 10/0,4 кВ при к.з. на шинах 0,4 кВ необходимо, чтобы минимальный ток к.з. в месте установки трансформатора был не меньше значений, приведенных в таблице , или сопротивление от генерирующей точки до места установки трансформатора не превышало значений, приведенных в таблице...

Определение минимального тока двухфазного к.з. на выводах 10 кВ трансформаторов производится из условия :

$$t_n = t_y,$$

где t_n - время перегорания предохранителя ПК при двухфазном к.з. на шинах 0,4 кВ защищаемого трансформатора с учетом разброса тока плавкой вставки $\pm 20\%$;

t_y - время термической устойчивости трансформатора.

По минимальному току I к.з., при котором $t_n=t_y$, с учетом сопротивления трансформатора определено максимально допустимое сопротивление от источника питания до выводов 10 кВ трансформатора и отсюда - минимально допустимый ток двухфазного к.з. на выводах трансформатора 10 кВ.

Предельно допустимая удаленность потребительских трансформаторов 10/0,4 кВ от источника питания по условию обеспечения термической устойчивости трансформаторов при коротком замыкании на выводах 0,4 кВ

Тип трансформатора КТП	Номинальный ток плавкой вставки, А	Минимально-допустимый ток 2-х фазного к.з. на выводах 10 кВ, А	Предельно-допустимое сопротивление до источника питания, Ом
1	2	3	4
ТМ-25	3,2	13	400
ТМ-40	5	28	187,5
ТМ-63	8	38,2	138
ТМ-100	16	94	56
ТМ-160	20	90	58,4
ТМ-250	32	123	42,7
ТМ-400	50	246	21,3
ТМ-630	75	440	11,9

3. ВЫБОР НИЗКОВОЛЬТНЫХ АППАРАТОВ ЗАЩИТЫ

3.1 Для выбора низковольтных аппаратов защиты требуется выполнить расчеты токов короткого замыкания в сети.

При выполнении проектов электроснабжения сельских потребителей, учитывая ряд особенностей исходных данных, токи короткого замыкания можно определить по номограммам, приведенным в данных технических материалах.

Получаемые по номограммам результаты приближены, но достаточно точны для проведения технических расчетов в проектах эл. сетей.

3.2. На трансформаторных подстанциях напряжением 10/0,4 кВ производства различных заводов, в качестве устройств защиты отходящих линий 0,38 кВ используются следующие аппараты :

- автоматические выключатели с тепловыми и электромагнитными расцепителями и внешним токовым реле РЭ-13-2 или РЭ-571, включенным в нулевой провод, с действием на независимый расцепитель;

- автоматические выключатели с тепловыми и электромагнитными расцепителями, оборудованные защитной приставкой типа ЗТН-0,4 имеющей токовую защиту от междуфазных и однофазных коротких замыканий с действием на независимый расцепитель;

- автоматические выключатели с тепловыми и электромагнитными расцепителями, со встроенным расцепителем максимального тока в нулевом проводе;

- плавкие предохранители типа ПР-2 и ПН-2.

В соответствии с Правилами устройства электроустановок, глава III-I / I /, параметры срабатывания аппаратов защиты выбираются по условиям обеспечения быстродействия и селективности защиты электрической сети.

Технические данные автоматов, предохранителей и реле, применяемые на ТП 10/0,4 кВ приведены в приложении.

Конкретно, какие типы аппаратов защиты установлены на подстанциях и их параметры, указано в типовых проектах подстанций, а также в " Информационном сборнике сельских КТП 10 кВ" И.С.СЭС-96, распространяемых АО РОСЭП ("Сельэнергопроект").

3.3. Расчеты защит автоматическими выключателями выполняются с учетом следующих рекомендаций.

Номинальный ток теплового расцепителя и номинальный ток плавкой вставки определяются выражением

$$I_p = 1,1 (I_{л \max} + 0,41 I_{пд}), (1)$$

где

$I_{л \max}$ - максимальный ток нагрузки линии без учета номинального тока пускаемого двигателя, А; $I_{пд}$ - пусковой ток наиболее мощного электродвигателя, подключенного к данной линии, А

Если пусковой ток $I_{пд}$ меньше $0,1 I_{л \max}$, то второе слагаемое этой формулы можно не учитывать.

В качестве номинального тока теплового расцепителя принимается ближайшее большее значение из ряда приведенного в технических данных автоматов (см.приложение).

$$K_{ч} = \frac{I_{к.мин}}{I_{н.р.}} \quad (2)$$

где

$I_{к.мин}$ - минимальное значение тока двухфазного или однофазного на нулевой провод короткого замыкания в конце защищаемой линии; $I_{н.р.}$ - номинальный ток теплового или замедленного действия расцепителя, значения которых приведены в технических данных (см.приложение).

В автоматических выключателях некоторых типов предусмотрена возможность регулировки уставки по току срабатывания тепловых расцепителей в пределах от 0,9 до 1,15 номинального тока расцепителя. Указанную регулировку уставок производят в условиях эксплуатации и в проектах не учитывают.

Значение коэффициента чувствительности должно быть не менее 3 ПУЭ (I-7-85).

Если данное условие не выполняется, то на линии необходима установка секционированного аппарата. В тех случаях, когда на подстанции в соответствии с типовыми проектами установлен автоматический выключатель с большим номинальным током теплового расцепителя по отношению к расчетному току $I_{н.р.}$ и коэффициент чувствительности получается менее 3, то следует предусматривать замену выключателя, соблюдая при этом условия (1) и (2).

В соответствии с (3) эффективность селективной токовой отсечки, выполненной на электромагнитном расцепителе, оценивается зоной ее действия, которая определяется выражением:

$$X\% = \frac{100}{Z_{л}} \cdot \left(\frac{U_{ном.}}{\sqrt{3} \cdot I_{э.р.}} - Z_{т} \right), \quad (3)$$

Токовая отсечка считается эффективной, если зона ее действия составляет не менее 10-15% длины линии.

Выражение (3) можно упростить. Если $U_{ном.} = 0,4$ кВ, а сопротивление трансформатора прямой последовательности, определяется выражением

$$Z_{т} = \frac{0,4}{\sqrt{3} \cdot I_{к(3)}}, \quad \text{то} \quad (4)$$

$$X\% = \frac{23 (I_{к(3)} - I_{э.р.})}{Z_{л} \cdot I_{к(3)} \cdot I_{э.р.}},$$

где

$I_{э.р.}$ - ток срабатывания электромагнитного расцепителя (см. техданные)

$I_{к(3)}$ - ток трехфазного к.з. в месте установки защиты.

Эффективность токовой отсечки можно оценить, определив ее коэффициент чувствительности (аналогично выражению (2), который для точки установки аппарата защиты должен быть не менее 1.2.).

При защите линий автоматами с электромагнитными расцепителями, имеющих кратность срабатывания менее $10 I_{н.р.}$, токи уставки следует проверять по выражению

$$I_{э.р.} \geq K_{н.} \cdot (I_{л.мах} + I_{п.д.}), \quad (5)$$

где

$I_{п.д.}$ - максимально возможный пусковой ток запускаемых одновременно электродвигателей; $K_{н.} = 1,2$ - коэффициент надежности.

Для выключателей имеющих большую кратность тока срабатывания электромагнитного расцепителя, по отношению к номинальному току, проверка по выражению (5) не требуется.

3.4. Расчет защиты нулевой последовательности рекомендуется выполнять с учетом следующих рекомендаций.

При замыкании одного из фазных проводов линии на нулевой провод ток нулевой последовательности протекает в цепи, образованной этими проводами. Защита от однофазных коротких замыканий на нулевой провод может быть выполнена с контролем тока нулевой последовательности в нулевом проводе, с применением выносных реле типа РЭ 13-2.

В выключателях серии АП-50 предусмотрен максимальный расцепитель для включения в нулевой провод срабатывания равным $1,4 I_{н.р.}$. Коэффициент чувствительности такой защиты определяется выражением :

$$Kч = \frac{I_{к (I) \text{ мин}}}{1,4 I_{н.р.}} \quad (6)$$

где

$I_{к (I) \text{ мин}}$ - минимальный ток однофазного короткого замыкания на нулевой провод в конце линии. Коэффициент чувствительности должен быть не менее 1,5.

В основном комплектные трансформаторные подстанции 6-10/0,4 кВ оснащены токовой защитой нулевой последовательности, выполненной с использованием токового реле РЭ 13-2 или РЭ 571, включенного в нулевой провод отходящей линии. Контакты токового реле действуют на замыкание цепи независимого расцепителя автоматического выключателя без выдержки времени.

Ток срабатывания токового реле выбирается по условию отстройки от тока рабочего небаланса в нулевом проводе с коэффициентом запаса 1,4. При осветительной или другой нагрузке, обусловленной однофазными токоприемниками, величина рабочего небаланса может достигать $0,5 \cdot I_{л.макс}$ (4). Тогда ток срабатывания реле РЭ определится выражением

$$I_{рэ} = 0,71 I_{л.макс}. \quad (7)$$

Коэффициент чувствительности токовой защиты нулевой последовательности является выражением

$$Kч = \frac{I_{к.мин} - I_{л.макс.}}{I_{рэ}} \quad (8)$$

Величина $Kч$ должна быть не менее 1,5 при повреждении в самой удаленной точке линии.

При однофазных коротких замыканиях токовая защита нулевой последовательности является основной, т.к. она имеет большую чувствительность по сравнению с резервными защитами, выполненными на тепловых и электромагнитных расцепителях в фазных проводах линии.

3.2.3. Расчет защиты приставки типа ЗТИ-0,4 выполняется с учетом следующих рекомендаций.

Защитная приставка ЗТИ-0,4 содержит максимальную токовую защиту и токовую защиту нулевой последовательности от замыканий фазных проводов на землю и нулевой провод. Защита действует на независимый расцепитель автоматического выключателя напряжением 36 В. Оба устройства защиты имеют обратно-зависимые от тока характеристики времени срабатывания. Предусмотрена ступенчатая регулировка уставок по току и по времени срабатывания (табл.2).

Таблица 2.

Технические параметры защиты ЗТИ-0,4

Вид защиты	Уставка по току срабатывания (Iy), А	Уставки по времени, С	Регулировка уставок по току срабатывания
Номинальные токи защищаемых линий, А	63 100 160	4,2	
Защита от междуфазных к.з.	100 160 250	$t = \frac{I^2_{к}}{I_y} - I$ +40%	ступенчатая
Защита от однофазных к.з. на землю на нулевой провод	3 - 7 40 80 120	0,1-0,2 4,2 $t = \frac{I_{к(1)}}{I_y} - I$ +40%	нерегулир. ступенчатая

Ток срабатывания защиты от междуфазных замыканий определяется выражением (1). В качестве тока уставки принимается ближайшее большее значение по табл.2.

Коэффициент чувствительности к токам междуфазных к.з. определяется выражением (2). Его значение должно быть не менее 1,5.

Ток срабатывания защиты от однофазных к.з. на нулевой провод, определяется по условию отстройки от наибольшего значения тока небаланса, равного половине максимального тока нагрузки линии, с коэффициентом надежности 1,2.

$$I_{\text{это}} = 0,6 I_{\text{л.макс}} \quad (9)$$

Коэффициент чувствительности защиты к токам однофазных к.з. на нулевой провод в конце защищаемой линии определяется выражением :

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.мин.}} - 0,5 I_{\text{л.макс.}}}{I_{\text{у}}} \quad (10)$$

где

$I_{\text{к.мин.}}$ - минимальный ток однофазного к.з. на нулевой провод в конце линии;

$I_{\text{у}}$ - ток уставки, принятый по табл. 2, как ближайший больший по отношению к току срабатывания, вычисленному по формуле (9).

Значение коэффициента чувствительности должно быть также не менее 1,5. Время срабатывания защиты при междуфазных к.з. и замыканиях на нулевой провод определяется по выражению.

$$t = \frac{42}{\frac{I_{\text{к}}}{I_{\text{у}}} - 1} \pm 40\% \quad (11)$$

при значениях отношения $\frac{I_{\text{к}}}{I_{\text{у}}}$ от 2 до 8, где гарантируется приведенная погрешность.

3.5. Расчет защиты низковольтными предохранителями выполняется с учетом следующих рекомендаций.

Типы предохранителей, установленные в КТП, их номинальные токи и токи плавких вставок заданы заводом.

В случае необходимости замены другими плавкими вставками расчет ведется в следующем порядке.

Номинальный ток плавкой вставки предохранителя типа ПР-2 или ПН-2 определяется по выражению (1) и принимается как ближайшее большее значение.

Выражение для определения коэффициента чувствительности предохранителя имеет вид :

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.мин.}}}{I_{\text{п.в.}}} \quad (12)$$

где

$I_{\text{к.мин.}}$ - минимальное расчетное значение тока одно- или двухфазного короткого замыкания в конце линии; $I_{\text{п.в.}}$ - номинальный ток плавкой вставки предохранителя.

В соответствии с П.1 -7-85, величина коэффициента чувствительности должна быть не менее 3.

НОМОГРАММЫ
для определения значений токов замыкания
между фазным и нулевым проводами в воздушных
линиях электропередачи напряжением 0,38 кВ

НОМОГРАММЫ
для определения значений токов замыкания
между фазным и нулевым проводами ВЛ 0,38 кВ,
присоединяемыми к трансформаторам 6-10-20-35/0,4 кВ
с глухозаземленной нейтралью

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
Пояснительная записка.....	81.
Номограмм 1	
1. Трансформаторы 6-10/0,4 кВ со схемой соединения обмоток $Y/Y_0 - 0$	85..
2. Трансформаторы 6-10/0,4 кВ. Схема соединения обмоток $Y/ Z_n - 11$	86..

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1. Номограммы предназначаются для определения значений токов замыкания между фазным (фонарным) и нулевым проводами ВЛ 380/220 В с глухозаземленной нейтралью, присоединяемыми к трансформаторам, питающимся от сетей энергосистем. Определение значений токов замыкания необходимо для проверки срабатывания защитных устройств и отключения линий или отдельных их участков при однофазных замыканиях.

Расчетными точками для определения токов замыкания являются наиболее (электрически) удаленные вводы.

Технические данные трансформаторов приняты по ТУ 16-672.160-87.

Данные по проводам приняты по ГОСТ 839-80.

Данные, приведенные для проводов марки А, относятся также и к проводам марки АКП.

2. Значения токов замыкания определены по формуле :

$$I^{(1)}_K = \frac{U_\phi}{\sqrt{\frac{[L(\gamma_\phi + \gamma_0) + \gamma_K]^2 + [L(x_{0'} + x_{0''})]^2 + Z_{\text{тпр}}}{3}}} \text{ А}$$

где: U_ϕ - фазное напряжение сети, В

$Z_{\text{тпр}}$ - полное сопротивление трансформатора тока замыкания на корпус, Ом;

l - длина участка линии, км;

γ_ϕ - удельное активное сопротивление фазного провода, Ом/км;

γ_0 - удельное сопротивление нулевого провода, Ом/км;

$x_{0'}$ - внешнее индуктивное сопротивление проводов, Ом/км;

$x_{0''}$ - внутреннее индуктивное сопротивление проводов, Ом/км;

(учитывается только для стальных проводов)

γ_K - совокупное активное сопротивление контактов короткозамкнутой цепи, Ом;

3. Номограммы имеют следующие шкалы :

- в нижней части - длины линий, м;

- в верхней части - значения токов замыкания, А;

- справа и слева - значения сопротивлений петли проводов, Ом.

На номограммы нанесены графики зависимости сопротивления проводов при различных их сочетаниях, от протяженности линии, а также зависимости полных сопротивлений короткозамкнутой цепи от сопротивления проводов и трансформаторов.

4. Ключ пользования приведен на номограмме.

Определение значений токов замыкания производится по известным исходным данным, полученным при расчете сети :

- схема сети;
- марки и сечения проводов ВЛ на отдельных участках сети;
- мощность и схема соединения обмоток трансформаторов.

Значения токов замыкания определяются для электрически наиболее удаленных вводов.

По упомянутым исходным данным определение токов замыкания производится в следующем порядке :

- от точки на нижней шкале, соответствующей длине участка ВЛ, проводится перпендикулярно шкале (наложением линейки) линия до пересечения с прямой соответствующей определенному сочетанию марок и сечений петли проводов фаза + нуль (обозначены слева номограммы);

- полученная точка пересечения сносится вправо (или влево) до пересечения с кривой, соответствующей определенной мощности трансформатора;

- из полученной точки пересечения восстанавливается перпендикуляр до пересечения с верхней шкалой, на которой читается значение тока замыкания, А.

В тех случаях, когда сочетание марок и сечений проводов по длине линии на отдельных участках меняется, необходимо предварительно найти суммарное сопротивление петли проводов до точки замыкания суммированием сопротивлений проводов отдельных участков.

Для этого по известной длине участка линии и сочетанию марок и сечений проводов определяется, как это описано ранее, точка пересечения между ними. Эта точка сносится вправо или влево до пересечения со шкалой сопротивлений проводов (Z_n) , на которой определяется значение сопротивлений проводов и записывается $Z_{п1}$. Таким же образом определяется сопротивление проводов на последующих участках линии и записываются $Z_{п2}$, $Z_{п3}$, $Z_{п4}$ и т.д. Полученные значения сопротивлений проводов на отдельных участках суммируются $Z_n = Z_{п1} + Z_{п2} + Z_{п3} + Z_{п4} + \dots + Z_{пn}$.

Найденное суммарное сопротивление проводов до точки замыкания отмечается на шкале сопротивлений петли проводов справа или слева номограммы. Затем эта точка сносится по горизонтали до пересечения с кривой, соответствующей определенной мощности трансформатора. Из полученной точки пересечения, как и в первом случае, восстанавливается перпендикуляр до пересечения с верхней шкалой, на которой читается значение тока замыкания, А.

5. Пример пользования номограммами.

Исходные данные ;

- длина участка линии $L = 506$ м;
- провода фаза + нуль А25 + А25;
- мощность трансформатора $S = 100$ кВА;
- схема соединения обмоток трансформатора $Y/\Delta - 0$.

Решение (см. ключ на номограмме).

Точку, соответствующую длине линии $L = 506$ м, поднимаем до пересечения с прямой, соответствующей сочетанию проводов А25+А25. Эту точку сносим вправо до пересечения с кривой, соответствующей мощности трансформатора $S = 100$ кВА. Полученную точку поднимаем до пересечения с верхней шкалой, на которой читаем значение тока замыкания :

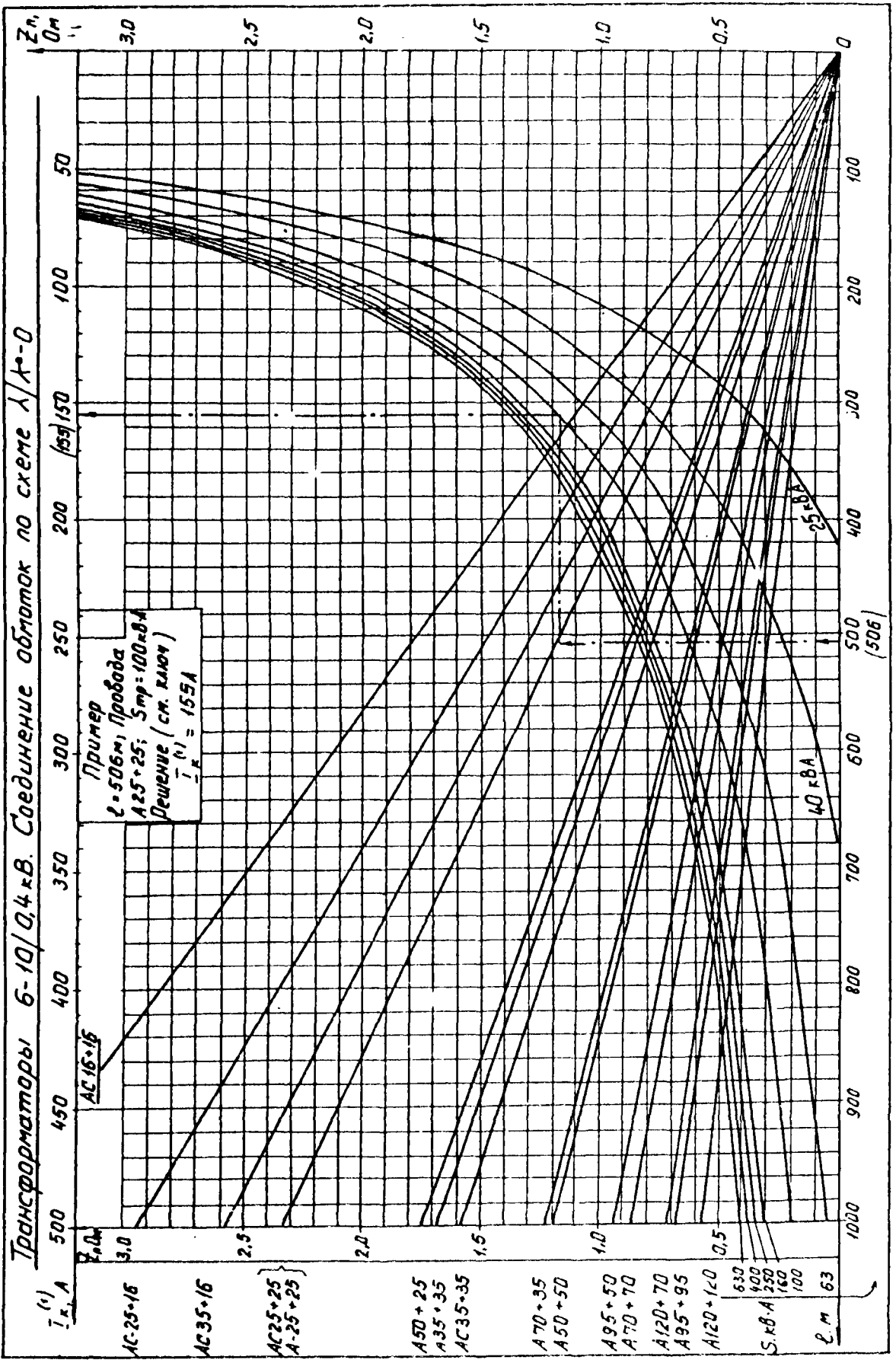
$$I_{K(1)} = 155 \text{ А}$$

6. Полученные по номограммам результаты приближены, но достаточны для проведения технических расчетов в проектах.

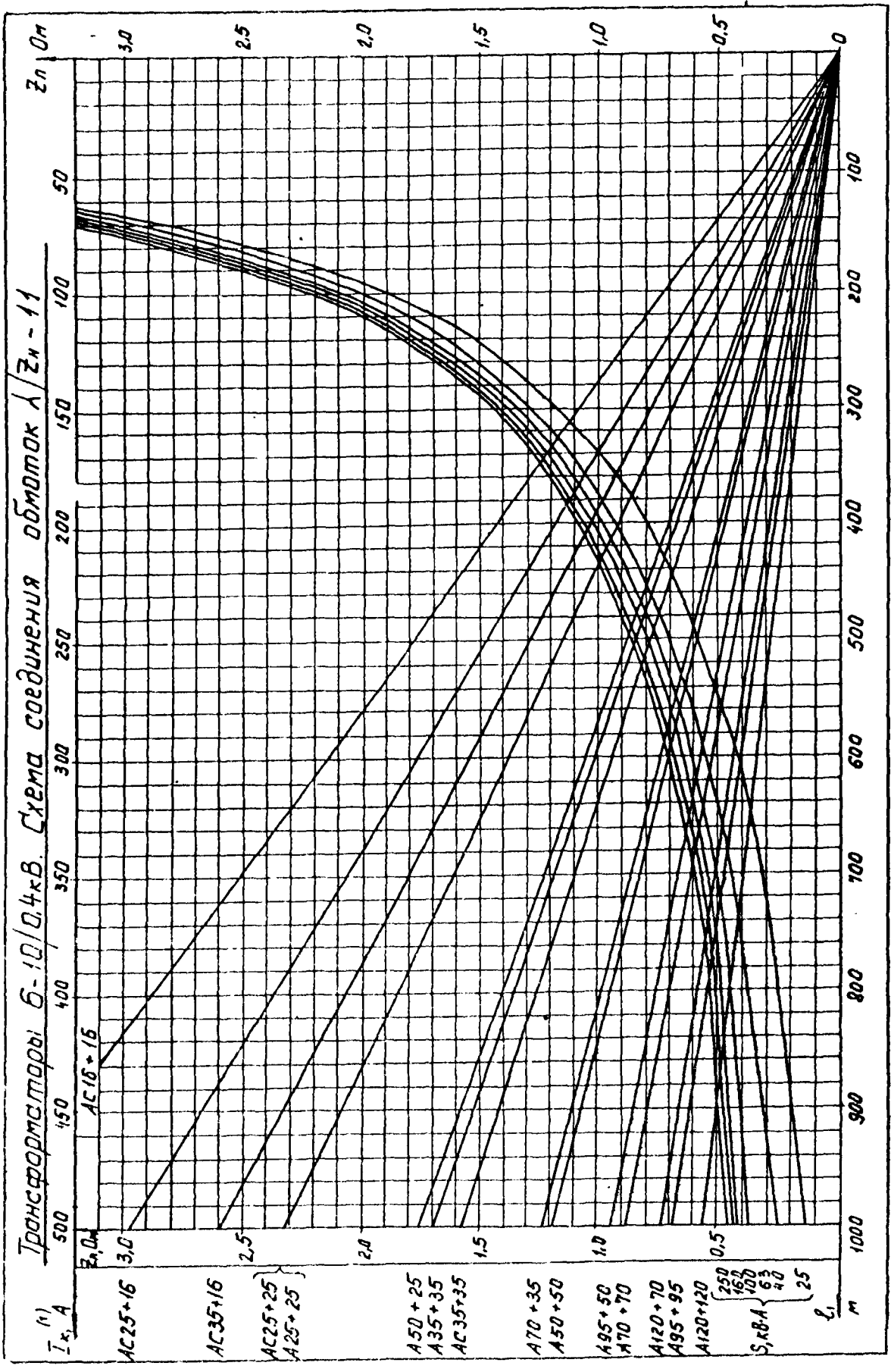
7. Справочные данные приведены в приложении.

НОМОГРАММЫ
для определения значений токов замыкания
между фазным и нулевым проводами в воздушных
линиях электропередачи напряжением 0,38 кВ

Трансформаторы 6-10/0,4 кВ. Соединение обмоток по схеме $\Delta/\Delta-0$



- $I_1, \text{А}$
- AC 25*16
- AC 35*16
- AC 25*25
- A-25*25
- A 50*25
- A 35*35
- AC 35*35
- A 70*35
- A 50*50
- A 95*50
- A 70*70
- A 120*70
- A 95*95
- A 120*120
- 630
- 600
- 500
- 400
- 300
- 200
- 100
- 63



НОМОГРАММЫ
для определения значений токов трехфазного
и двухфазного короткого замыкания в воздушных
линиях электропередачи напряжением 0,38 кВ

**Номограммы для определения значений токов трехфазного и
двухфазного короткого замыкания в ВЛ 0,38 кВ**

СО Д Е Р Ж А Н И Е

	стр.
Пояснительная записка.....	89
Номограммы	
1. Трансформаторы 6-10/0,4 кВ со схемой соединения обмоток $\Delta/\Delta - 0$	93
2. Трансформаторы 6-10/0,4 кВ. Схема соединения обмоток $\Delta/ Z_n - 11$	94

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

1. Номограммы предназначаются для определения значений токов трехфазного и двухфазного короткого замыкания в воздушных линиях электропередачи 0,38 кВ.

2. Действующее значение периодической составляющей максимального тока трехфазного металлического короткого замыкания определялось по формуле :

$$I^{(3)}_{к.макс.} = \frac{U}{\sqrt{3} (Z_T + Z_L + Z_C)}, \quad (1)$$

где U - расчетное междуфазное напряжение сети 0,38 кВ,
принимается равным 400 В;

Z_T - полное сопротивление прямой последовательности трансформатора
6-10/0,4 кВ, приведенное к напряжению 400 В (см. приложение, стр. 133)

Z_L - полное сопротивление фазного провода линии 0,38 кВ от шин подстанции
до места повреждения, Ом.

Z_C - полное сопротивление системы, приведенное к напряжению 400 В, Ом.

$$Z_L = L \sqrt{r_L^2 + x_L^2};$$

где L - длина участка линии, км

r_L - удельное активное сопротивление проводов, Ом/км;

x_L - удельное индуктивное сопротивление, Ом/км;

Полное сопротивление системы представляет собой результирующее сопротивление элементов сети 10 кВ от выводов рассматриваемого трансформатора до источника питания. В данном случае сопротивление сети 10 кВ (и более высоких напряжений) принято равным нулю. Это допущение обусловлено тем, что при приведении к напряжению 0,4 кВ сопротивления элементов сети 10 кВ уменьшаются в $(10/0,4)^2 = 625$ раз.

Сопротивление системы следует учитывать при выполнении более точных расчетов и составляет 10% и более от сопротивления трансформатора 10/0,4 кВ.

3. Ток двухфазного к.з. определяется на основе значений тока трехфазного к.з. по формуле :

$$I_{к(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{к(3)} = 0,866 I_{к(3)}$$

3. Состав номограмм.

Номограммы имеют следующие шкалы :

- в нижней части - длины линий, м
- в верхней части - значения токов замыкания, А;
- справа и слева - значения сопротивлений линий, Ом;

На номограммы нанесены графики зависимости сопротивления проводов при различных их сочетаниях от протяженности линии, а также зависимости полных сопротивлений короткозамкнутой цепи от сопротивления проводов и трансформаторов.

4. Порядок пользования номограммами.

Ключ пользования номограммами приведен на листе

Определение значений токов замыкания производится по известным исходным данным, полученным при расчете сети :

- схема сети;
- марки и сечения проводов ВЛ на отдельных участках сети;
- мощность и схема соединения обмоток трансформаторов.

По упомянутым исходным данным определение токов замыкания производится в следующем порядке :

- от точки на нижней шкале, соответствующей длине участка ВЛ, проводится перпендикулярно шкале (наложением линейки) линия до пересечения с прямой, соответствующей определенному сочетанию марок и сечений проводов (обозначенных слева номограммы);

- полученная точка пересечения сносится вправо (или влево) до пересечения с кривой, соответствующей определенной мощности трансформатора;

- из полученной точки пересечения восстанавливается перпендикуляр до пересечения с верхней шкалой, на которой читается значение тока замыкания, А.

В тех случаях, когда марки и сечения проводов по длине линии на отдельных участках меняются, необходимо предварительно найти суммарное сопротивление линии до точки замыкания суммированием сопротивлений отдельных участков.

Для этого по известной длине участка линии, марка и сечение проводов определяется, как это описано ранее, точка пересечения между ними. Эта точка сносится вправо или влево до пересечения со шкалой сопротивлений линии ($Z_{л}$), на которой определяется значение сопротивлений проводов и записывается $Z_{л1}$. Таким же образом определяется сопротивление проводов на последующих участках линии и записываются $Z_{л1}$, $Z_{л2}$, $Z_{л3}$ и т.д. Полученные значения сопротивлений проводов на отдельных участках суммируются $Z_{л} = Z_{л1} + Z_{л2} + Z_{л3} + Z_{л4} + \dots + Z_{лп}$.

Найденное суммарное сопротивление проводов до точки замыкания отмечается на шкале сопротивлений линии справа или слева номограммы. Затем эта точка сносится по горизонтали до пересечения с кривой, соответствующей определенной мощности трансформатора. Из полученной точки пересечения, как и в первом случае, восстанавливается перпендикуляр до пересечения с верхней шкалой, на которой читается значение тока замыкания, А.

5. Пример пользования номограммами.

Ток двухфазного к.з. определяется по формуле п.3

Исходные данные :

- длина участка линии $L \approx 506$ м;
- провода А25;
- мощность трансформатора $S \approx 100$ кВА;
- схема соединения обмоток трансформатора Δ/Y_0 .

Решение (см. ключ на номограмме).

Точку, соответствующую длине линии $L = 506$ м, поднимаем до пересечения с прямой, соответствующей сочетанию проводов А25. Эту точку сносим вправо до пересечения с кривой, соответствующей мощности трансформатора $S = 100$ кВА. Полученную точку поднимаем до пересечения с верхней шкалой, на которой читаем значение тока замыкания :

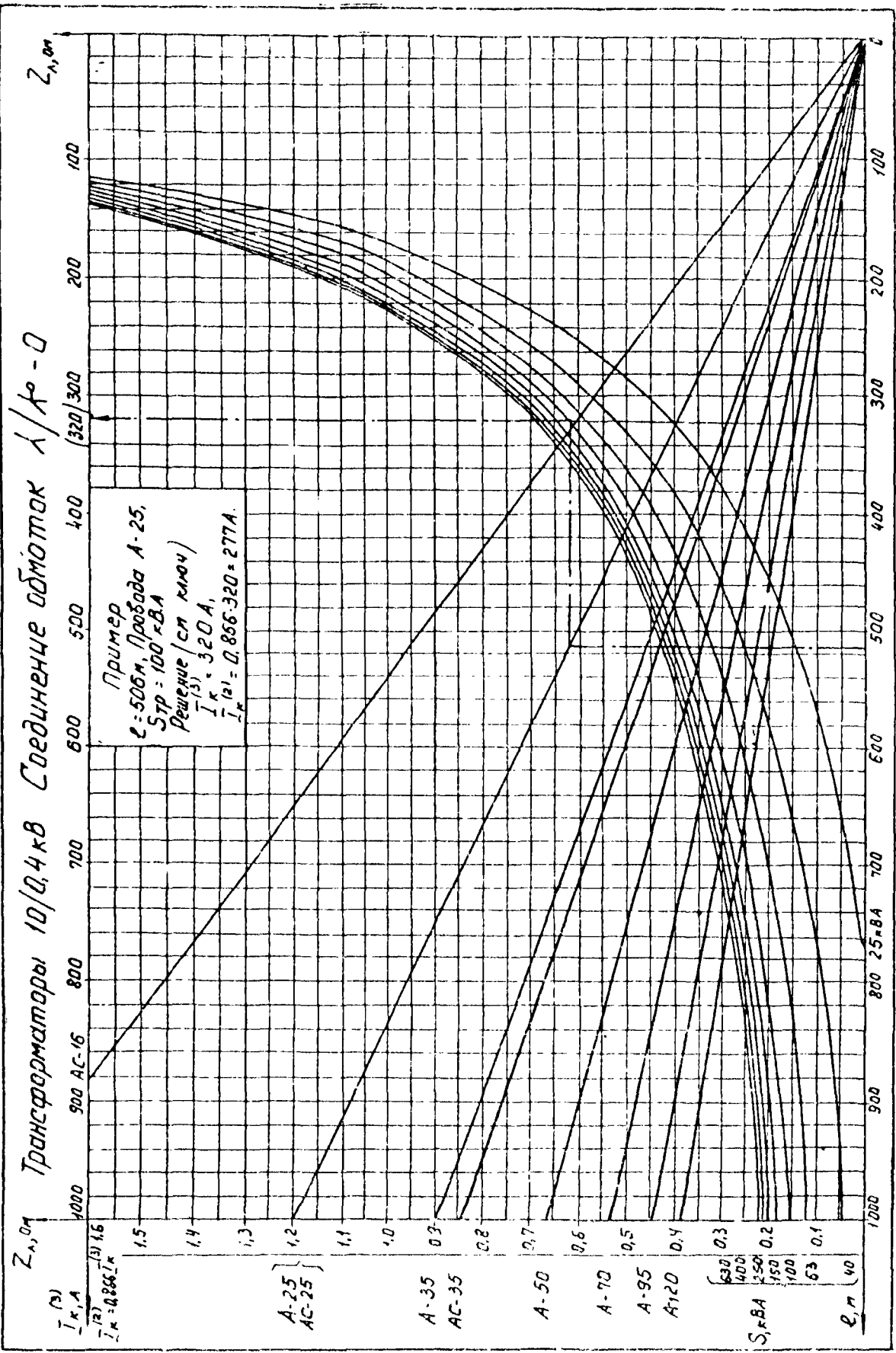
$$I^{(3)}_к \approx 320 \text{ А}$$

$$\text{Ток двухфазного КЗ } I^{(2)}_к = 0,866 \approx 277 \text{ А.}$$

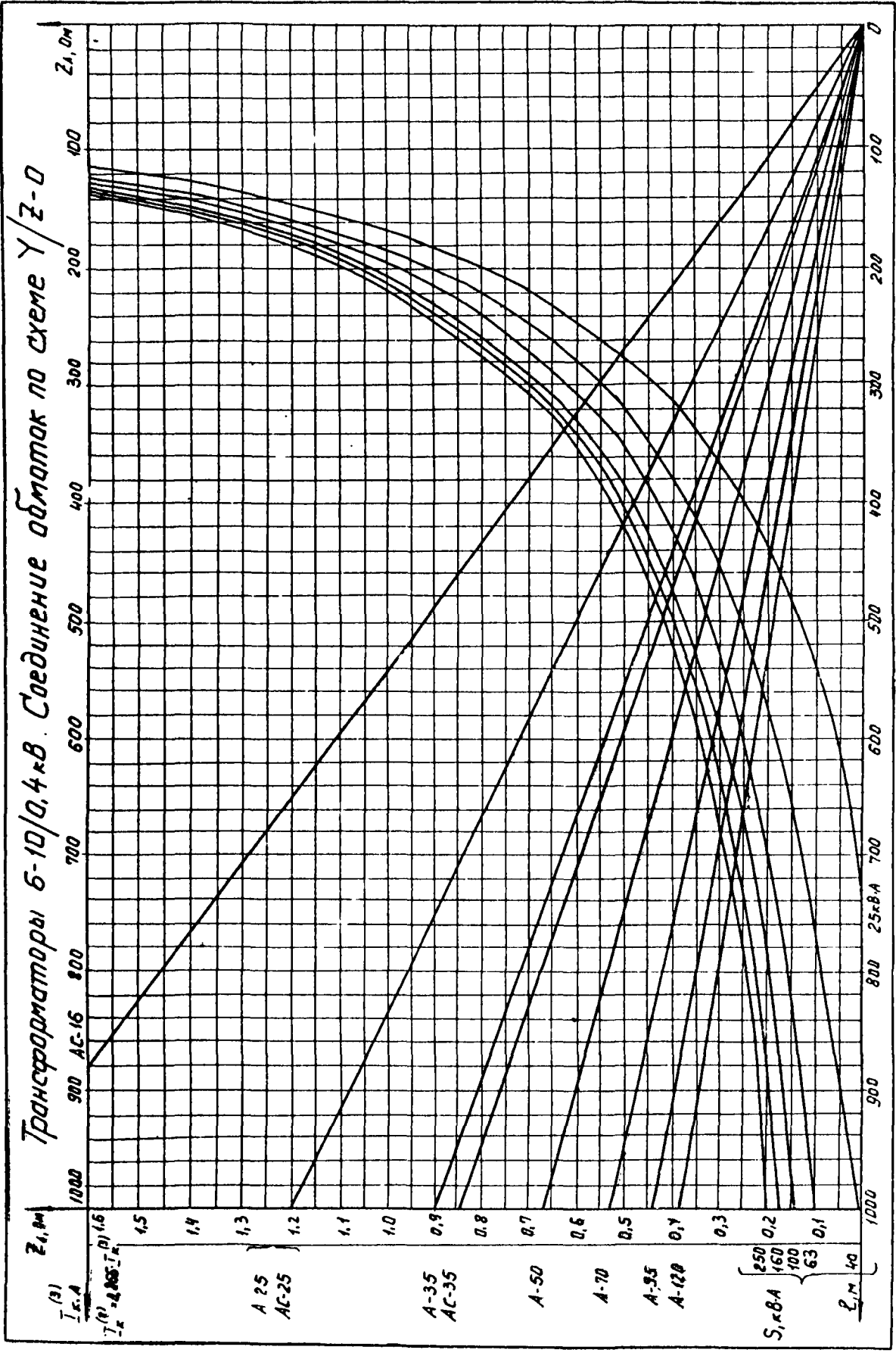
6. Получаемые по номограммам результаты приближенны, но достаточны для проведения технических расчетов в проектах.

7. Справочные данные приведены в приложении.

НОМОГРАММЫ
для определения значений токов трехфазного
и двухфазного короткого замыкания в воздушных
линиях электропередачи напряжением 0,38 кВ



Трансформаторы 6-10/0,4 кВ. Соединение обмоток по схеме Y/Z-0



ПОМОГРАММЫ
для проверки условий пуска электродвигателей,
присоединяемых к сельским электрическим сетям

СОДЕРЖАНИЕ

стр.

I. Пояснительная записка.....	98
II. Номограммы для определения уровня напряжения на зажимах, включаемых в сеть электродвигателей, обеспечивающего их пуск, и минимального уровня напряжения на зажимах, ранее включенных в сеть, обеспечивающего сохранение их в работе.....	104

А. Двигатели серии АО2, АОЛ2

Пс 3000 об/мин

1. Серия АО2, АОЛ2; P _н = 4 кВт.....	105
2. "- 5,5 кВт.....	105
3. "- 7,5 кВт.....	106
4. "- 10 кВт.....	106
5. "- 13 кВт.....	107
6. "- 17 кВт.....	107
7. "- 22 кВт.....	108
8. "- 30 кВт.....	108

Пс = 1500 об/мин

9. Серия АО2; P _н = 4 кВт.....	109
10. "- 5,5 кВт.....	109
11. "- 7,5 кВт.....	110
12. "- 10 кВт.....	110
13. "- 13 кВт.....	111
14. "- 17 кВт.....	111
15. "- 22 кВт.....	112
16. "- 30 кВт.....	112

Пс = 1000 об/мин

17. Серия АО2; P _н = 4 кВт.....	113
18. "- 5,5 кВт.....	113
19. "- 7,5 кВт.....	114
20. "- 10 кВт.....	114
21. "- 13 кВт.....	115
22. "- 17 кВт.....	115
23. "- 22 кВт.....	116
24. "- 30 кВт.....	116

Б. Двигатели серии АО

Пс = 3000 об/мин

25. Серия АО; P _н = 4,5 кВт.....	117
26. "- 7 кВт.....	118
27. "- 10 кВт.....	118
28. "- 14 кВт.....	119
29. "- 20 кВт.....	119
30. "- 28 кВт.....	120

Пс = 1500 об/мин

31. Серия АО; P _н = 4,5 кВт.....	121
32. "- 7 кВт.....	122
33. "- 10 кВт.....	122
34. "- 14 кВт.....	123
35. "- 20 кВт.....	123
36. "- 28 кВт.....	124

Пс = 1000 об/мин

37. Серия АО P _н = 4,5 кВт.....	125
38. "- 7 кВт.....	126
39. "- 10 кВт.....	126
40. "- 14 кВт.....	127
41. "- 20 кВт.....	127
42. "- 28 кВт.....	128

III. Значения моментов сопротивления трогания, максимальных моментов и коэффициентов загрузки некоторых механизмов, применяемых в сельском хозяйстве.....	129
---	-----

НОМОГРАММЫ

для проверки условий пуска трехфазных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором напряжения 380/220 В мощностью до 30 кВт, присоединяемых воздушными и кабельными линиями к трансформаторам мощностью до 630 кВА.

I. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

А. Общая часть

Одним из дополнительных условий при выборе проводов ВЛ 0,4 кВ является проверка сети на обеспечение пуска электродвигателей.

Проверка сети на обеспечение пуска электродвигателей может быть осуществлена только после определения минимального уровня напряжения на зажимах двигателя, обеспечивающего его пуск или сохранение в работе ранее подключенного к сети двигателя.

С этой целью и разработаны приведенные ниже номограммы, позволяющие определить минимально-допустимые уровни напряжения на зажимах электродвигателей, обеспечивающие их нормальный пуск или сохранение в работе при пуске другого двигателя. По этим же номограммам определяются расчетные пусковые мощности и коэффициенты мощности в режиме пуска двигателя.

На основе полученных по прилагаемым номограммам данных можно при использовании имеющихся номограмм для определения потерь напряжения в трансформаторах, воздушных и кабельных линиях произвести расчет сети для режима пуска электродвигателя.

По полученным значениям потерь напряжения до зажимов двигателя определяется уровень напряжения в момент пуска и сравнивается затем с минимально-допустимым уровнем напряжения, обеспечивающим нормальный пуск или сохранение в работе ранее включенного двигателя.

Б. Состав номограмм

Номограммы составлены отдельно для каждого двигателя, имеющего свои индивидуальные технические характеристики. *)

Каждая номограмма имеет шкалы :

слева - значений пусковых мощностей, кВА;

справа - значений пусковых и максимальных моментов, кгс.м;

снизу - значений напряжения на зажимах электродвигателя в вольтах (В)

или в относительных единицах (в долях от номинального).

*) Номограммы можно применять и для других типов электродвигателей, которые имеют приблизительно аналогичные характеристики.

На каждой номограмме имеется три графика значений : пусковой мощности, максимального и пускового моментов в зависимости от величины напряжения на зажимах проверяемого электродвигателя.

В верхней части номограмм приведены : тип и мощность двигателя, синхронное число оборотов в минуту, а также расчетные технические данные двигателя - пусковая мощность, коэффициент мощности в режиме пуска, пусковой и максимальный моменты двигателя.

В. Порядок проведения проверки электрической сети по условиям пуска асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором

1. Для проверяемого агрегата (двигатель-механизм) по табл.1 стр. 129 определяется приведенный момент сопротивления троганию агрегата ($M_{тр}$.*)

2. Найденный по таблице I момент увеличивается на величину требуемого избыточного момента (0,2 - 0,3 M_n).

3. Полученное в п.2 значение пускового момента двигателя откладывается на шкале M_n прилагаемых номограмм для соответствующего типа двигателя и сносится влево до пересечения с графиком для M_n .

Полученная точка сносится вниз до пересечения со шкалой напряжений. Величина, полученная на этой шкале, дает значение минимально-допустимого напряжения на зажимах двигателя, обеспечивающего нормальный пуск электродвигателя или сохранение его в работе при запуске другого двигателя.

4. Точка пересечения значения M_n с графиком M_n сносится вверх (или вниз) до пересечения с графиком для пусковой мощности (S_n) . Полученная точка сносится влево на шкалу S_n , на которой читается значение пусковой мощности двигателя, кВА.

5. По полученным данным - S_n и $\cos\phi_n$ (значение $\cos\phi_n$ приведено в верхней части номограммы) - и известным параметрам сети, полученным по предшествующим расчетам для режима нормальной работы сети (марка и сечение проводов, отклонение напряжения от номинального и т.д.), производится расчет сети на потерю напряжения в режиме пуска двигателя.

6. Полученные потери напряжения в отдельных элементах сети (п.5) суммируются с полученными ранее отклонениями напряжения и сравниваются с минимально-допустимыми отклонениями напряжения на зажимах рассматриваемого двигателя.

*) При отсутствии в табл.1 данных для рассматриваемого механизма можно применить данные для имеющегося в таблице аналогичного по механическим характеристикам механизма или же их следует получить по запросу от завода-изготовителя.

При отклонениях напряжения на зажимах двигателя менее допустимых нормальный пуск будет обеспечен. В противном случае следует предусмотреть меры по снижению потерь напряжения в сети (увеличение сечений проводов, применение двигателей с контактными кольцами и т.д.).

Г. Порядок проверки на устойчивость работы ранее подключенных к сети электродвигателей

1. По справочным материалам (табл.1, стр. 129) определяется приведенный к валу двигателя максимальный (нагрузочный) момент агрегата или коэффициент загрузки двигателя (в кгс·м или в относительных единицах).

2. Полученные в п.1 значения увеличиваются на величину необходимого избыточного момента ($M_{изб} = 0,2 - 0,3 M_n$). При получении данных в относительных единицах (m_M или K_z) предварительно определяется величина номинального момента агрегата кгс·м, для чего используется величина номинального момента двигателя, приведенная в верхней части номограмм.

3. Величина M_m (по п.2) отмечается на шкале M_m II сносится влево до пересечения с графиком M_m . Полученная точка спускается вниз до пересечения со шкалой значений напряжений, указывающей минимально-допустимый уровень напряжения на зажимах работающего двигателя, обеспечивающий сохранение двигателя в работе.

4. Определяется действительное снижение и уровень напряжения на зажимах рассматриваемого двигателя с учетом дополнительных потерь напряжения в соответствующих точках сети от пускового тока вновь пускаемого двигателя и сравнивается с допустимым снижением напряжения, определенным в п.3.

При снижении напряжения менее допустимого двигатель будет сохранен в работе.

Д. Примеры проведения расчетов по проверке сети 0,38 кВ на удовлетворение условиям пуска асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором

Пример 1

Проверить электрическую сеть, рассчитанную в проекте для нормальных условий работы, на удовлетворение условиям пуска электродвигателя привода измельчителя кормов, присоединенного к трансформатору ТМ 10/0,4 кВ мощностью 160 кВА со схемой соединения обмоток "звезда-зигзаг-II".

Электродвигатель серии АО2-71-4 мощностью 22 кВт.

Воздушная линия протяженностью 200 м до ввода в здание выполнена проводом А-35, а от вводного щитка до зажимов двигателя-проводом АПРТО сечением 25 мм² (L = 15 м).

Отклонения напряжения от номинального по проекту составляют : на шинах 10 кВ подстанции 10/0,4 кВ - 2%, на шинах 0,38 кВ -1,5%, на шинах вводного щитка, к которому присоединен рассматриваемый двигатель, -6%.

Решение :

1. По табл. (стр.130) находим момент сопротивления троганию агрегата (пуск холостую)

$$M_{тр} = 1,2 \text{ кгс}\cdot\text{м}$$

2. Определяем необходимый номинальный пусковой момент двигателя, принимая избыточный момент равный 0,25 Мн

$$M_{пн} = M_{тр} + M_{изб} = 1,2 + 0,25 \times 14,7 = 4,88 \text{ кгс}\cdot\text{м},$$

где 14,7 кгс.м - номинальный момент двигателя АО2-71-4 (номограмма стр 112)

3. Определяем максимально-допустимое снижение напряжения на зажимах пускаемого двигателя, обеспечивающее его нормальный пуск.

По номограмме лист 112, определяем :

$U'_д = 0,58$ о.е. (относительных единиц), или

$$SU = 42\%$$

4. Определяем величину пусковой мощности пускаемого двигателя :

$$S_{п} = 110 \text{ кВА}$$

Значение пускового коэффициента мощности равно 0,52 ($\cos\psi_{п} = 0,52$).

5. По найденным значениям $S_{п}$ и $\cos\psi_{п}$ определяем дополнительные потери напряжения в элементах сети (для двигателя 380/220 В за точку питания принимаются шины 10 кВ подстанции 10/0,4 кВ) :

а) в трансформаторе

$$\text{загрузка трансформатора } \beta = \frac{110}{160} = 0,68 \cos\psi = 0,52:$$

Потери напряжения в трансформаторе (см.таблицу стр. 70) составляют :
 $\Delta U_{тр} = 0,6 \cdot 4,0 = 2,4\%$, где $\Delta U = 4,0$ при 100% нагрузке.

б) в воздушной линии (провод А-35; L = 200 м;

$$S_{п} = 110 \text{ кВА}; \cos\psi_{п} = 0,52)$$

потери напряжения в ВЛ 0,4 кВ (см. номограммы стр.23) составляют :

$$\Delta U_{л} = -10,6\%$$

в) во внутренней проводке (провод АПРТО сечением 25 мм², L=15 м,

$$S_{п} = 110 \text{ кВА}, \cos\psi_{п} = 0,52)$$

потери напряжения составляют $\Delta U_{пр} = -0,8\%$.

6. Суммарные дополнительные потери напряжения от пускового тока двигателя составят :

$$\Sigma \Delta U = \Delta U_{тр} + \Delta U_{л} + \Delta U_{пр} = 2,4 + (-10,6) + (-0,8) = 13,8\% \approx 14,0\%$$

7. Отклонение напряжения от номинального в период пуска двигателя на его зажимах составит :

$$S_{Uп} = S_{\text{вводн.щит}} + \sum \Delta U = -6 + (-14,0) = -20\%,$$

что значительно меньше максимально-допустимого снижения напряжения, обеспечивающего его пуск (-42%), т.е. нормальный пуск двигателя привода измельчителя кормов будет обеспечен.

Пример 2.

Проверить устойчивость работы электродвигателя привода соломосилосорезки, установленной в одном помещении с пускаемым двигателем измельчителя кормов (см. пример 1).

Двигатель серии АО2-52-4 мощностью 10,0 кВт.

Отклонение напряжения от номинального на зажимах работающего двигателя АО2-52-4 составляет - 7,5%.

Решение :

1. По таблице I определяем максимальный нагрузочный момент агрегата $M_m = 1,4$ кгс.м.

2. Определяем необходимый максимальный момент электродвигателя, принимая избыточный момент равным 0,25 Мн.

$$(M_{\text{мн}} - M_m + M_{\text{изб.}} = 1,4 + 0,25 \cdot 6,72 = 3,08 \approx 3,1 \text{ кгс.м,}$$

где 6,72 кгс.м - номинальный момент двигателя АО2-52-4 (номограмма стр. 110)

3. Определяем максимально-допустимое снижение напряжения на зажимах рассматриваемого двигателя, обеспечивающее сохранение его в работе при запуске другого двигателя.

По номограмме стр. определяем :

$$U'_д = 0,51 \text{ о.е., или } S_U = 49\%.$$

4. Определяем действительную величину отклонения напряжения на зажимах работающего двигателя (дополнительные потери от пускаемого двигателя учитываются только до вводного щитка, к которому присоединены оба двигателя)

$$S_{Uд} = \Delta U_{\text{тр}} + \Delta U_{\text{л}} + S_{Uд.\text{раб.}} = -2,4 + (-10,6) + (-7,5) = -20,5$$

что значительно меньше максимально допустимого снижения напряжения на зажимах работающего двигателя (-49%).

Пример 3

Проверить устойчивость работы электродвигателя привода плурамы, присоединенной к другой линии, нежели пускаемый двигатель измельчителя кормов (см. пример 1).

Двигатель серии АО-73-6 мощностью 20 кВт.

Отклонение напряжения от номинального на зажимах работающего двигателя равно - 3,7%.

Решение :

1. По таблице I определяем максимальный нагрузочный момент агрегата

$$M_m = 1,5 \text{ Мн.дв.}$$

2. Определяем необходимый максимальный момент электродвигателя, принимая избыточный момент равным 0,20 Мн

$$M_{\text{нн}} = 1,5 \text{ Мн} + 0,20 \text{ Мн} = 1,70 \cdot 20 = 34 \text{ кгс.м,}$$

где 20 кгс.м - номинальный момент двигателя

АО-73-6 (номограмма стр.127)

3. Определяем максимально-допустимое снижение напряжения на зажимах рассматриваемого двигателя, обеспечивающее сохранение его в работе при запуске другого двигателя.

По номограмме стр. определяем :

$$U'_d = 0,925 \text{ о.е., или } SU = - 7,5\%.$$

4. Определяем действительную величину отклонения напряжения на зажимах работающего двигателя (дополнительные потери от пускаемого двигателя учитываются только до шин 0,38 кВ трансформатора 10/0,4 кВ)

$$SU_d = \Delta U_{\text{тр}} + SU_{\text{д.раб.}} = - 2,4 + (-3,5) = - 5,9\%$$

что меньше максимально-допустимого снижения напряжения на зажимах работающего двигателя (-7,5%).

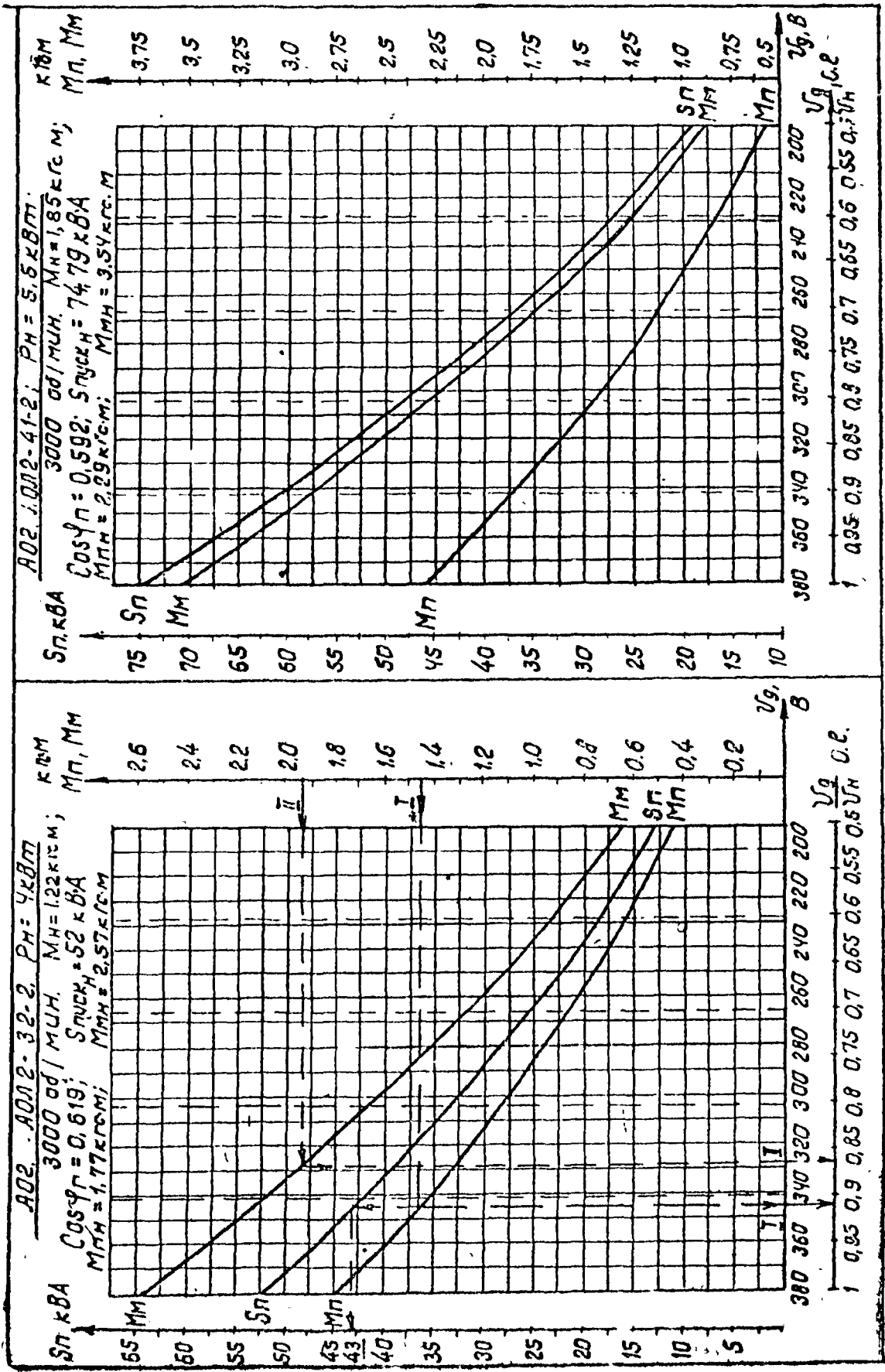
В случае, если бы проверка показала, что условия запуска или сохранения в работе ранее подключенного к сети двигателя при пуске двигателя не соблюдаются, следовало бы произвести увеличение сечения проводов соответствующих линий и выполнить указанную выше проверку повторно.

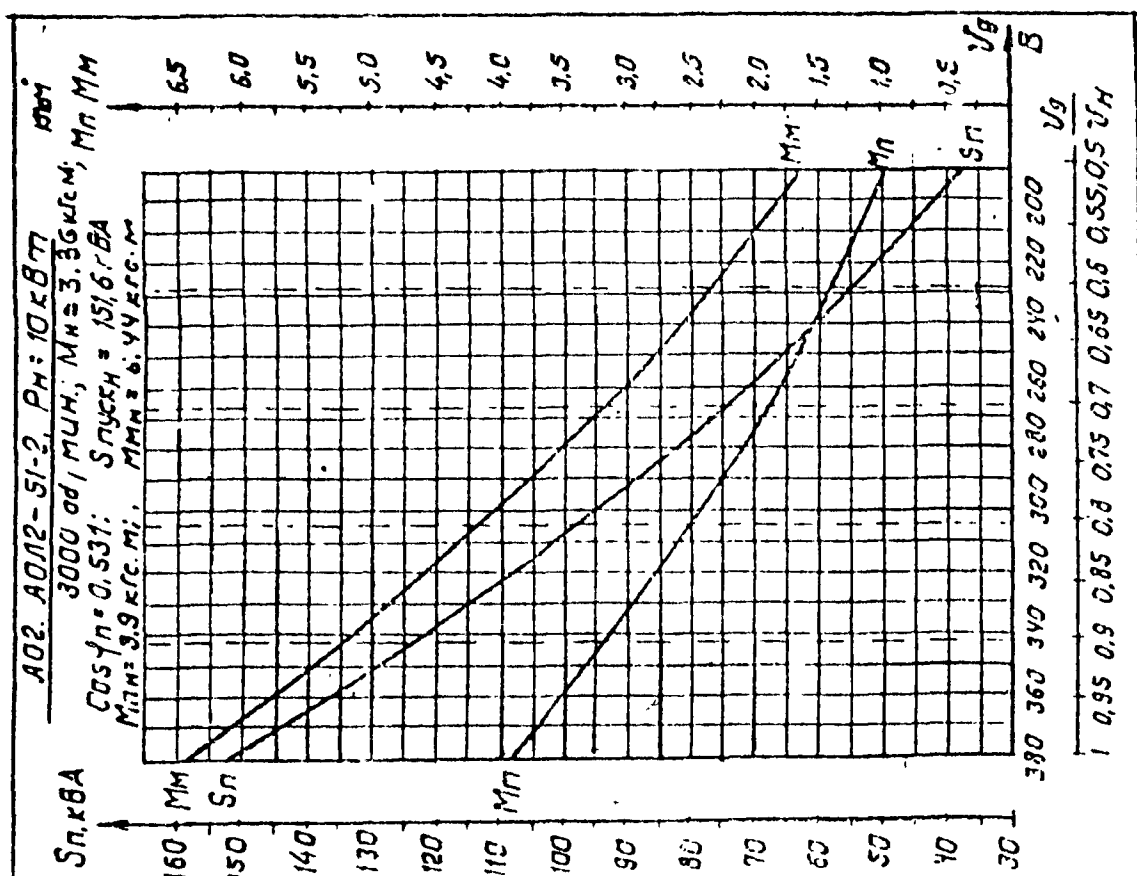
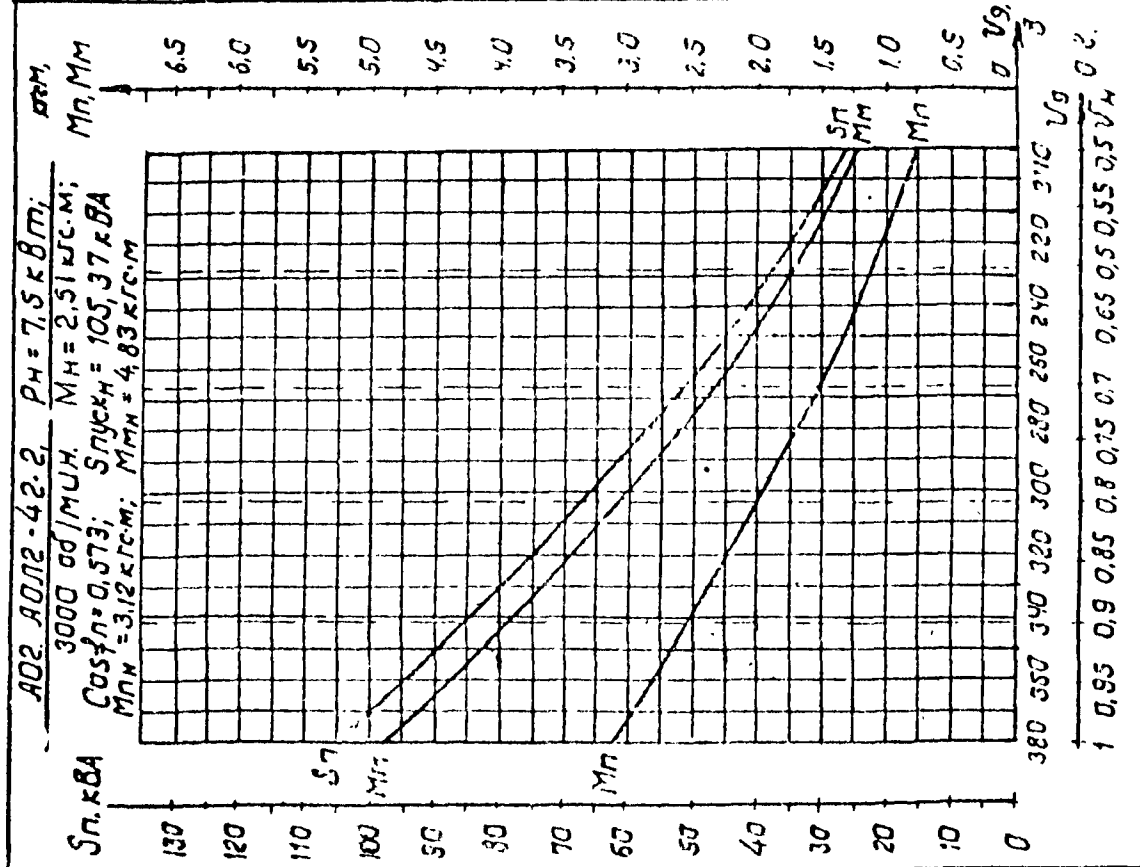
Результаты расчетов, определенные по номограммам приближены, но достаточны для проведения технических расчетов в проектах сельских эл. сетей.

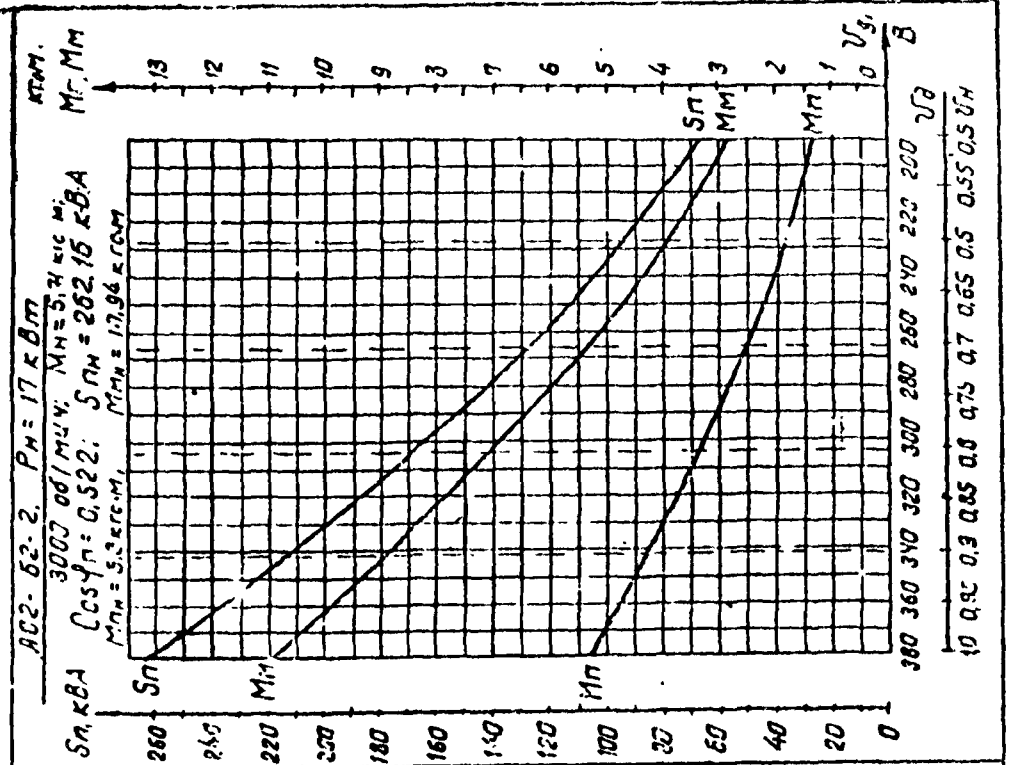
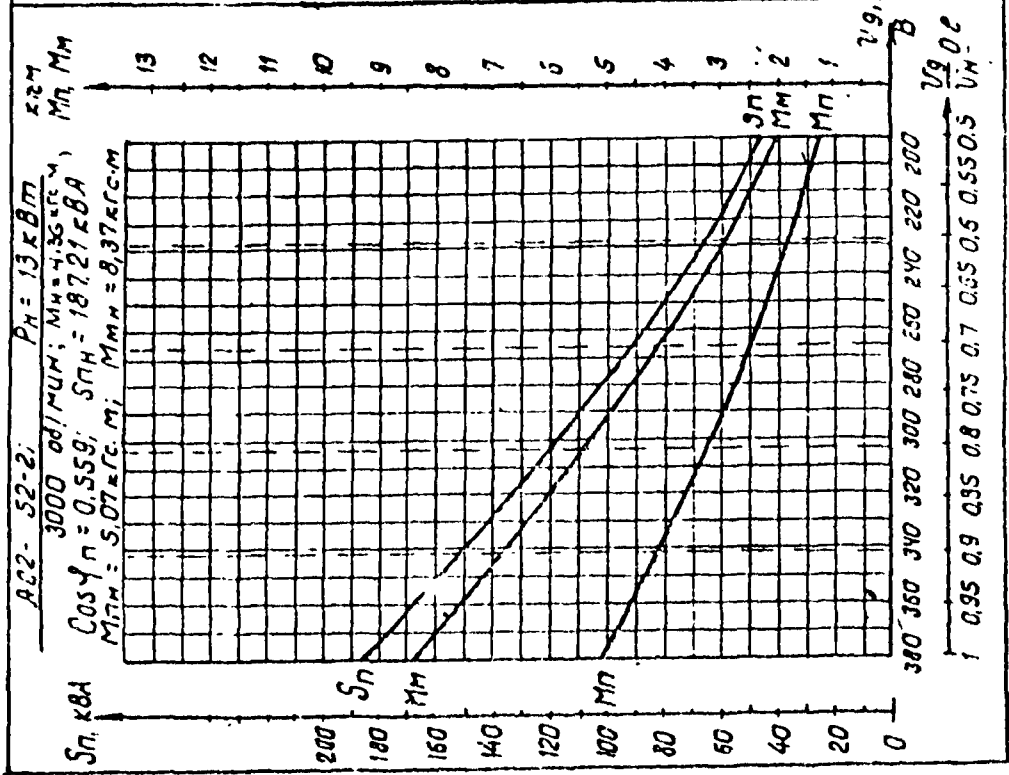
II.НОМОГРАММЫ

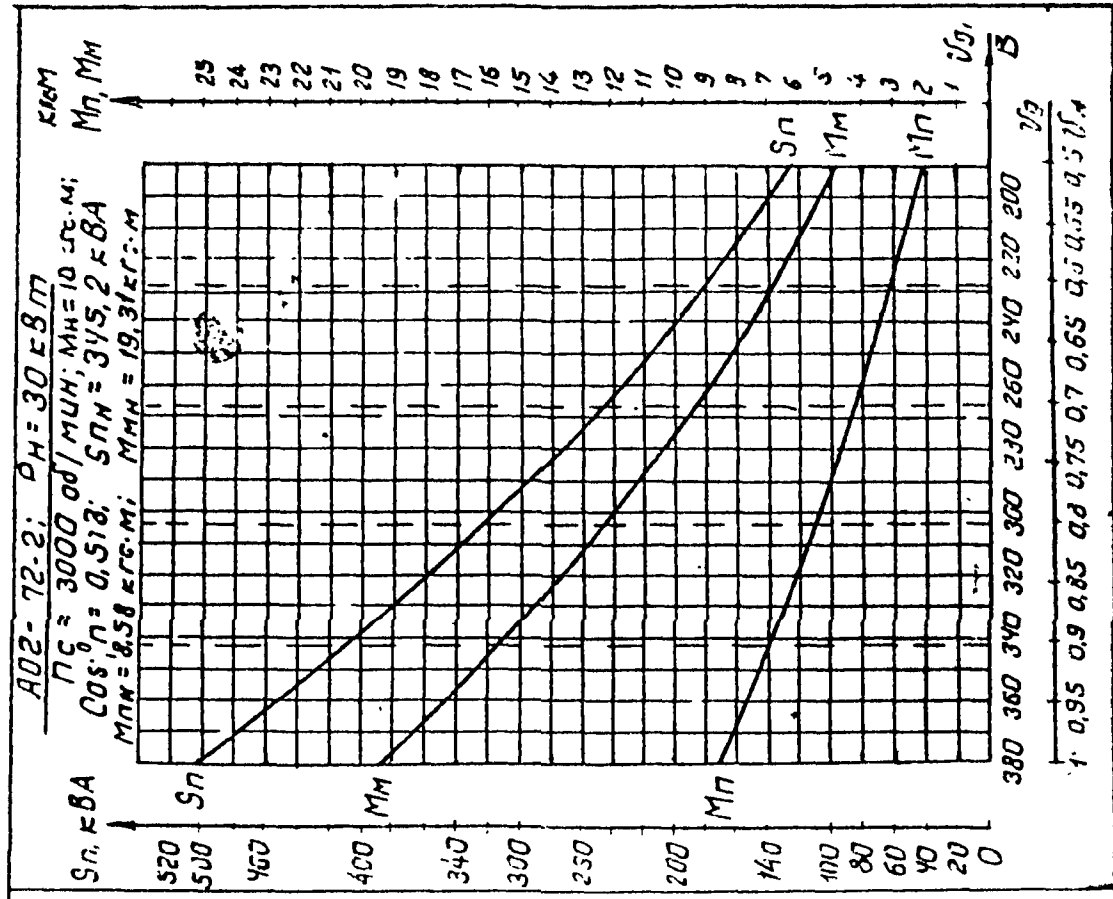
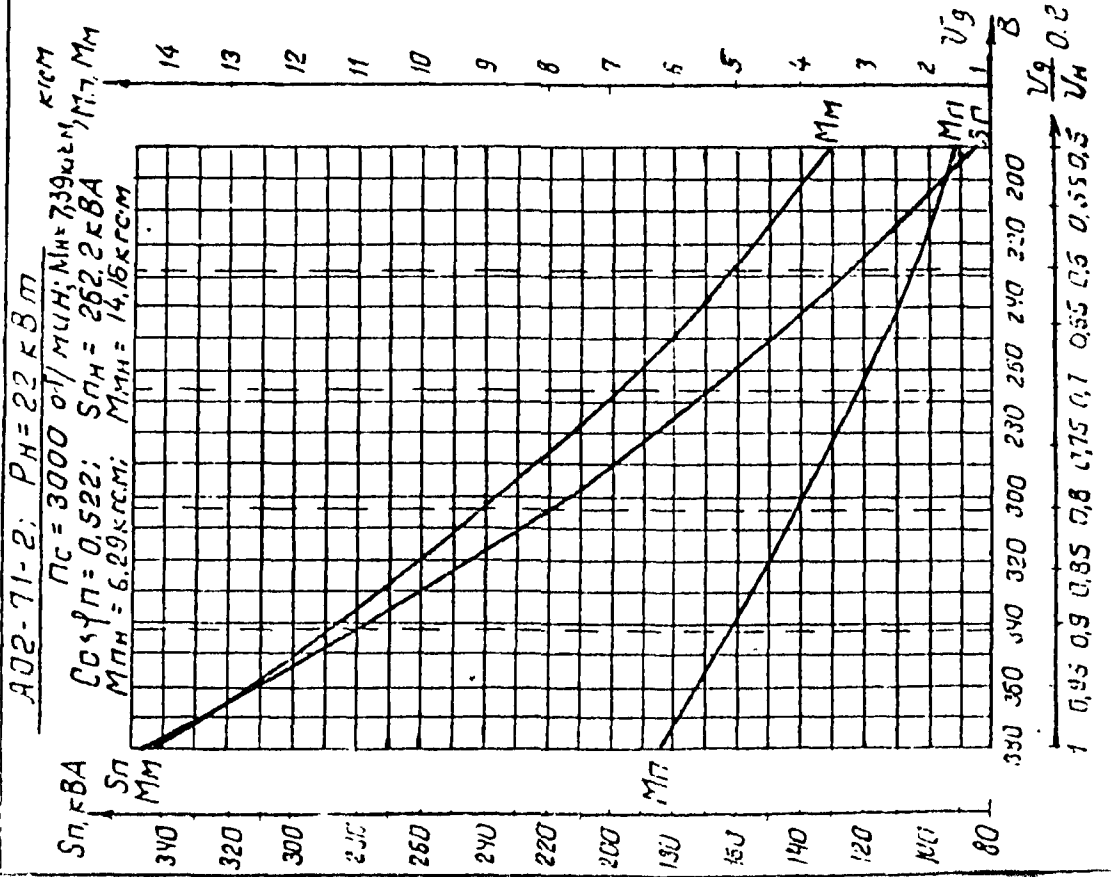
для определения уровня напряжения на зажимах, включаемых в сеть электродвигателей , обеспечивающего их пуск, и минимального уровня напряжения на зажимах, ранее включенных в сеть, обеспечивающего сохранение их в работе

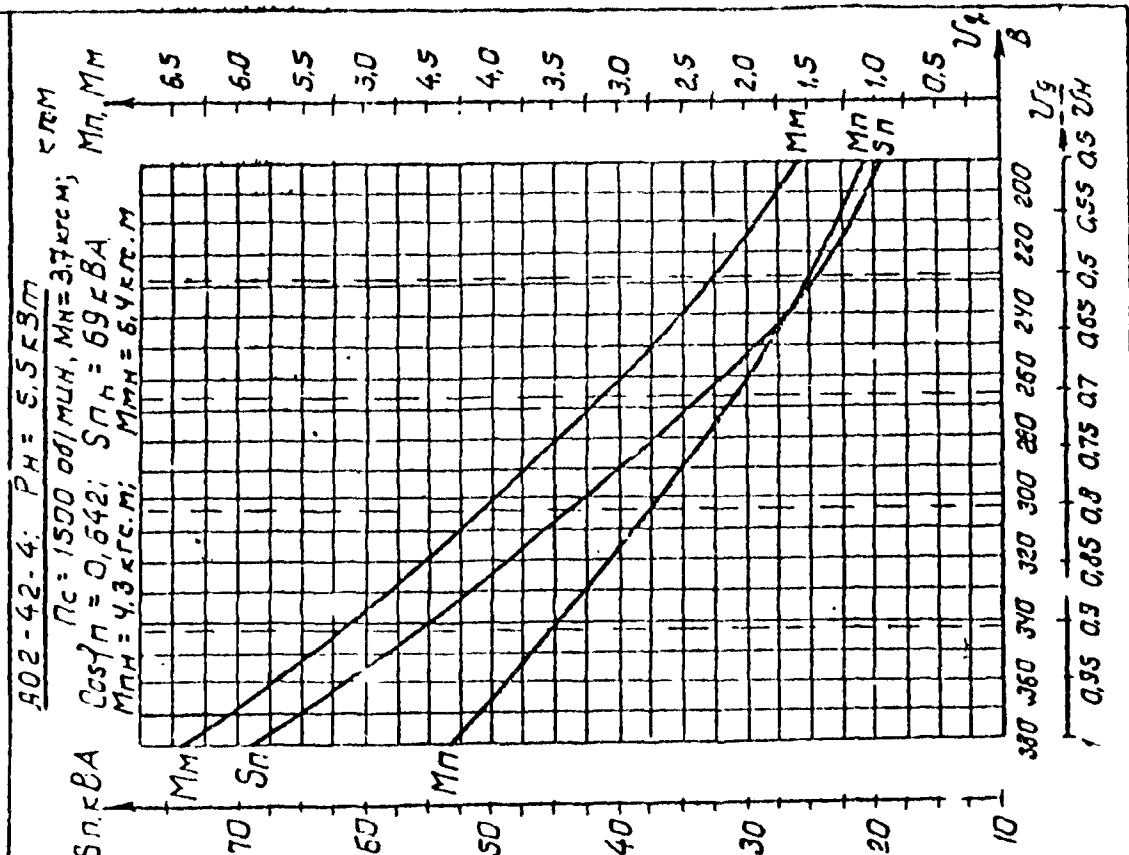
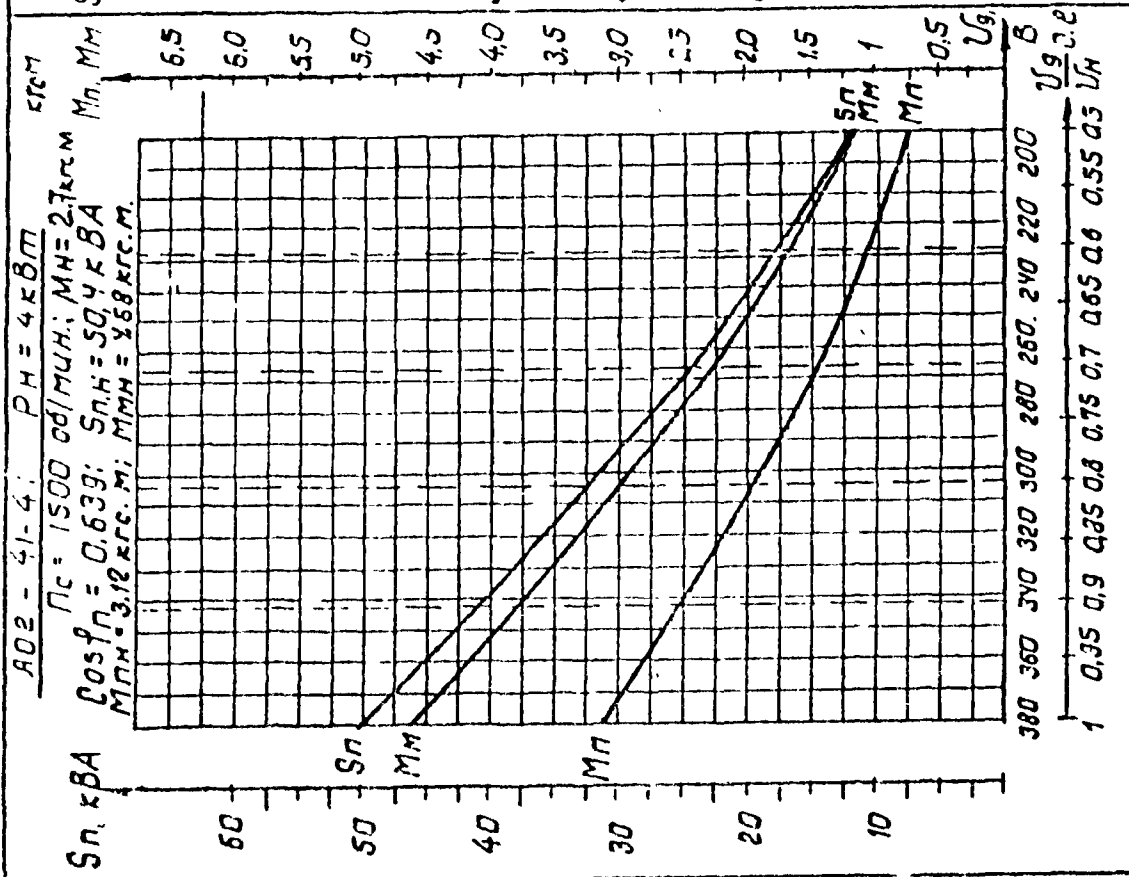
полюс уставки для определения уровня напряжения на эвжках, выключаемых в сеть электро-
 двигателей, обеспечивающего их пуск, и минимального уровня напряжения на эвжках
 ранее включенных в сеть, обеспечивающего сохранение их в работе

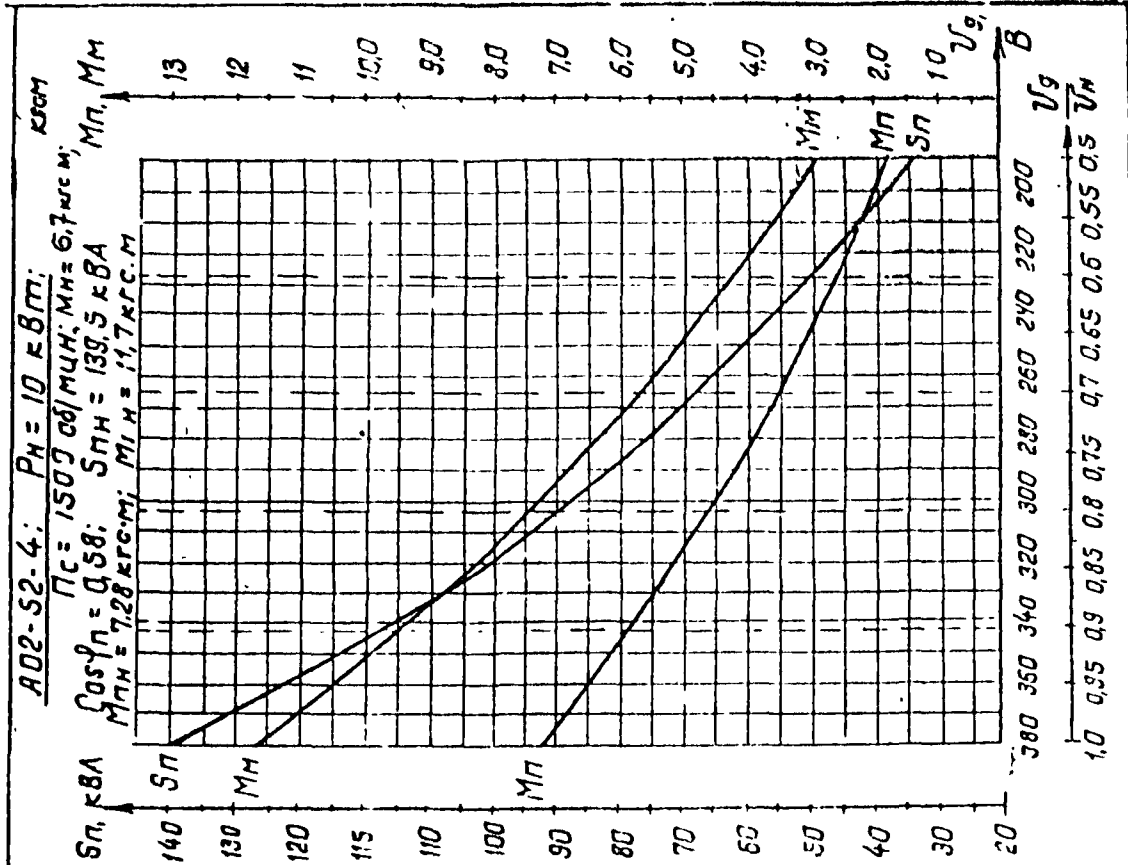
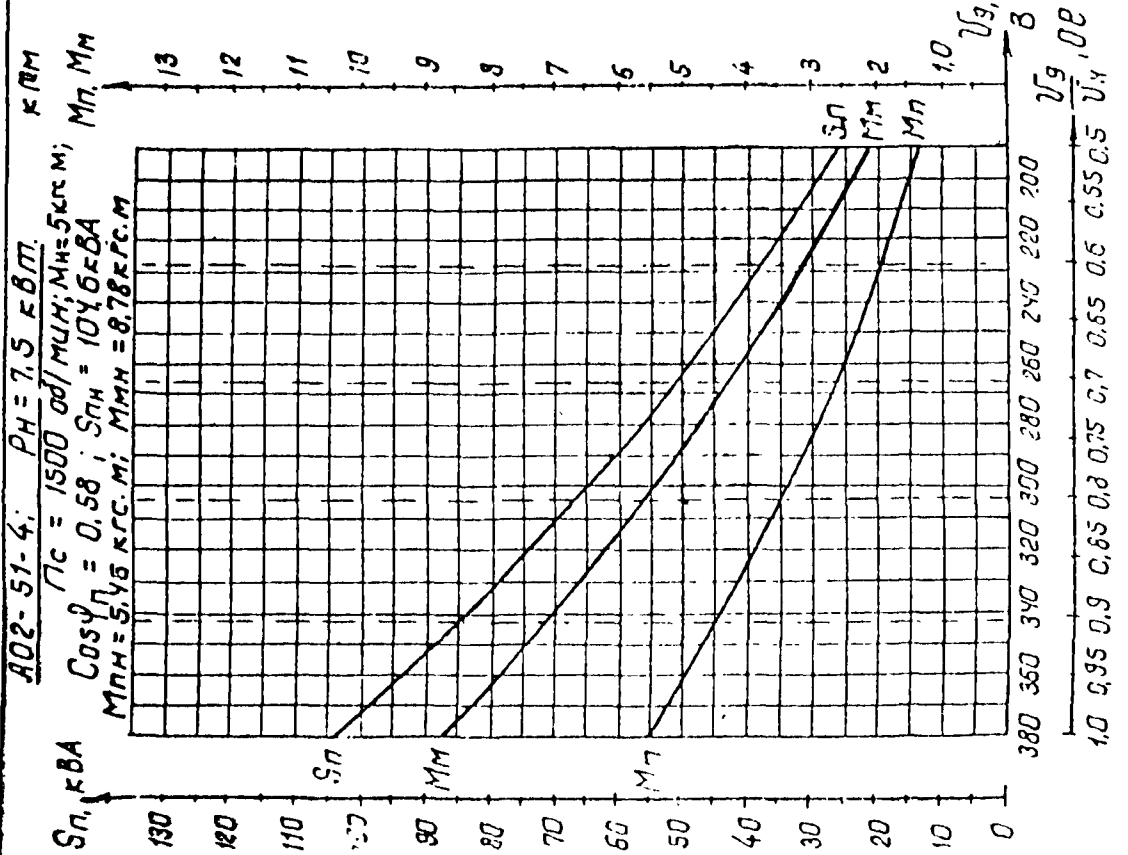




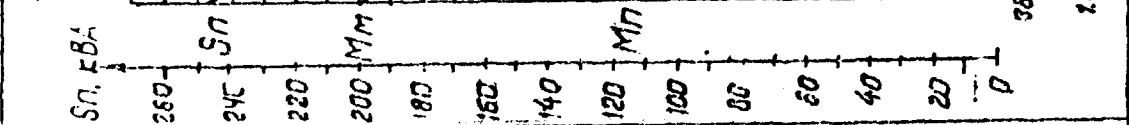




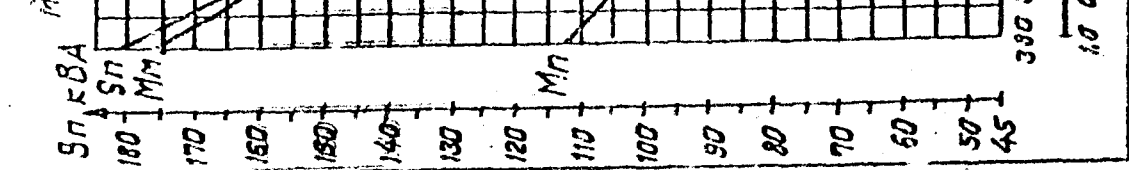


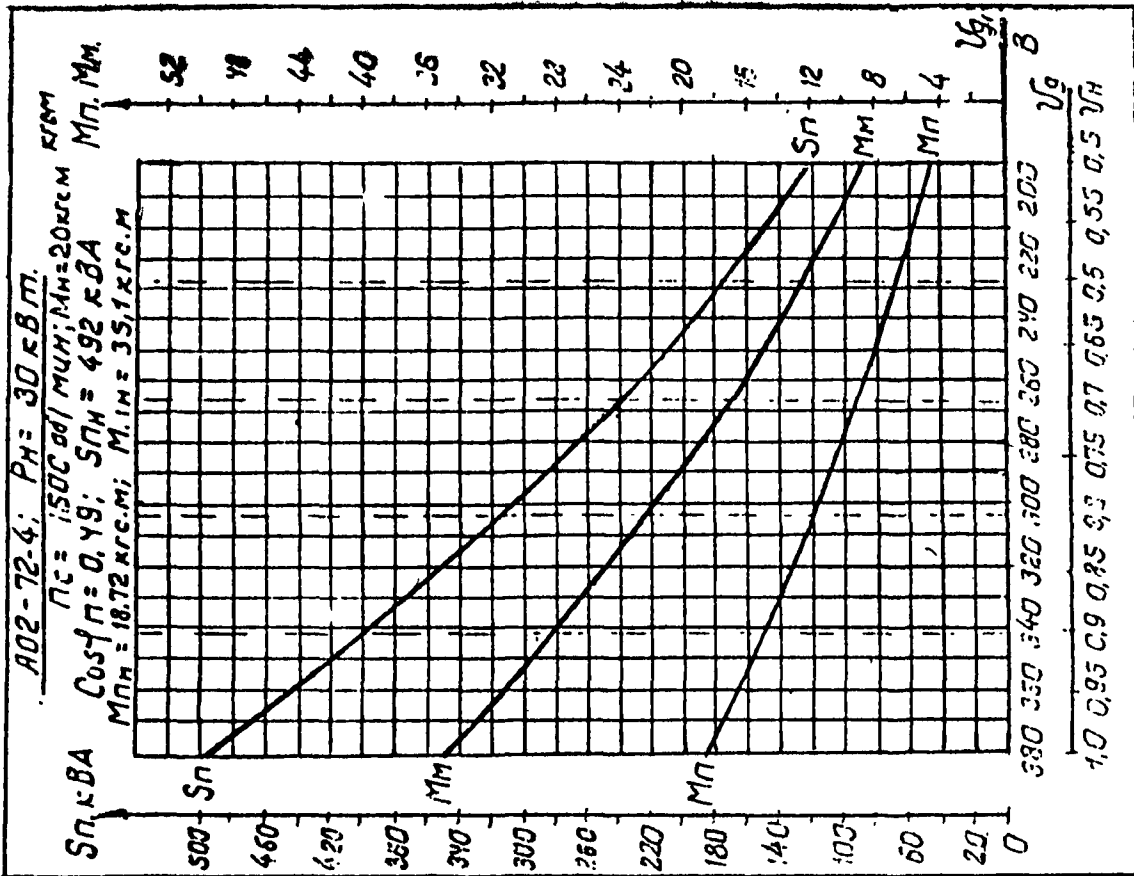
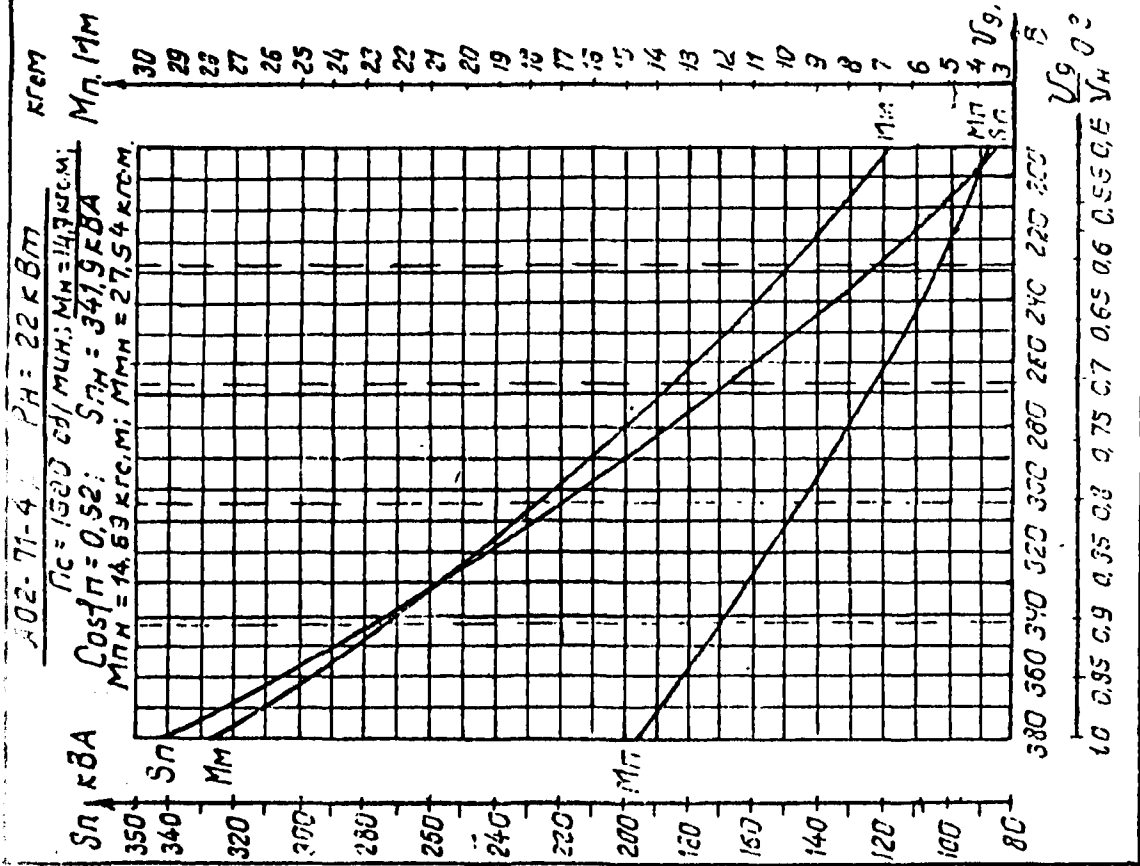


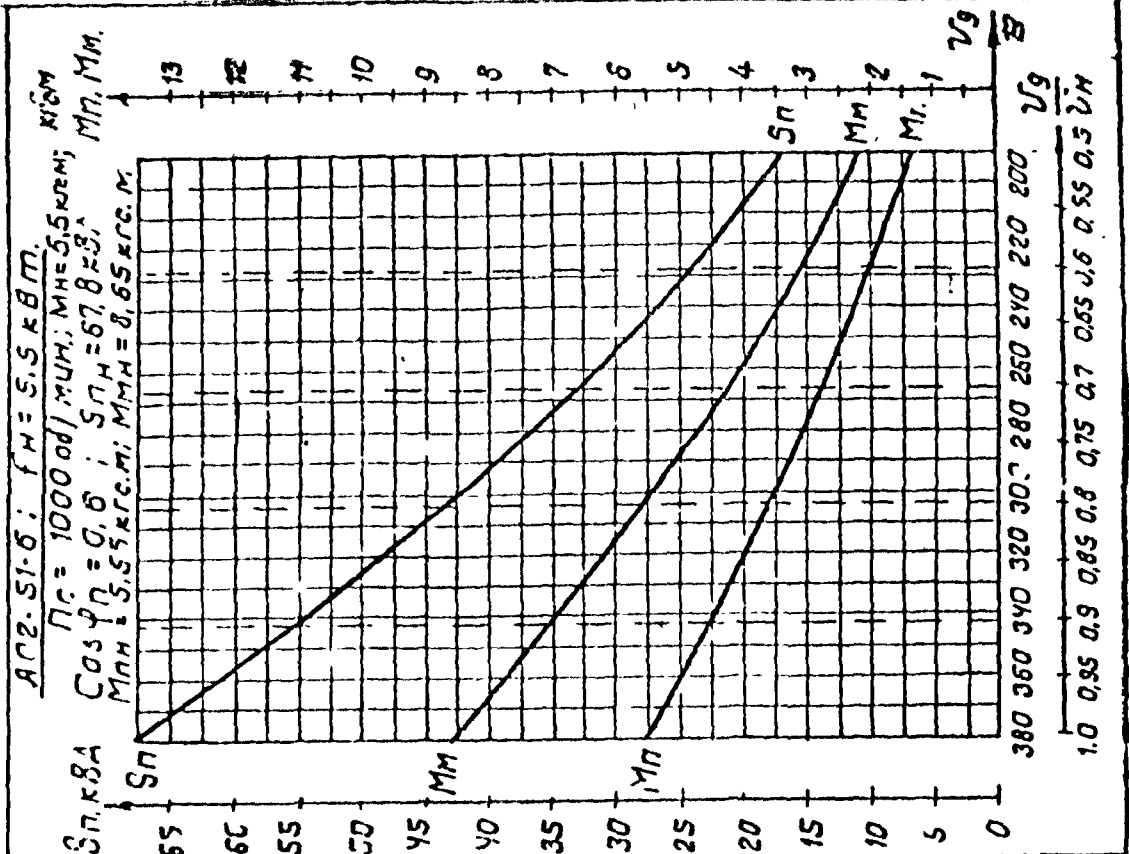
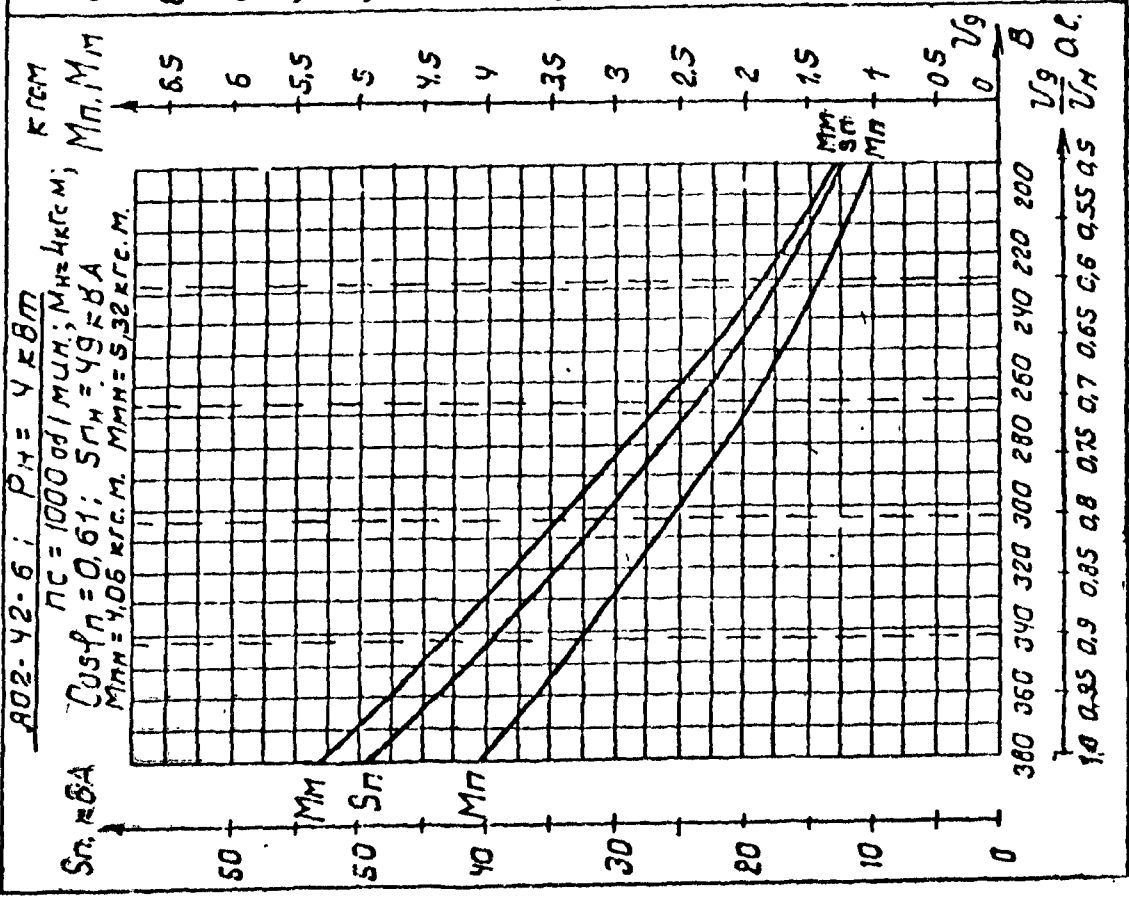
AD2-02.4. P.H. = 17 K.B.M.
 ПС = 1500 об/мин; ИМН = 11,4 КСМ;
 Коэф.п = 0,56; S_{нн} = 246,6 КБА
 ММН = 11,49 КСМ; ММН = 19,80 КСМ

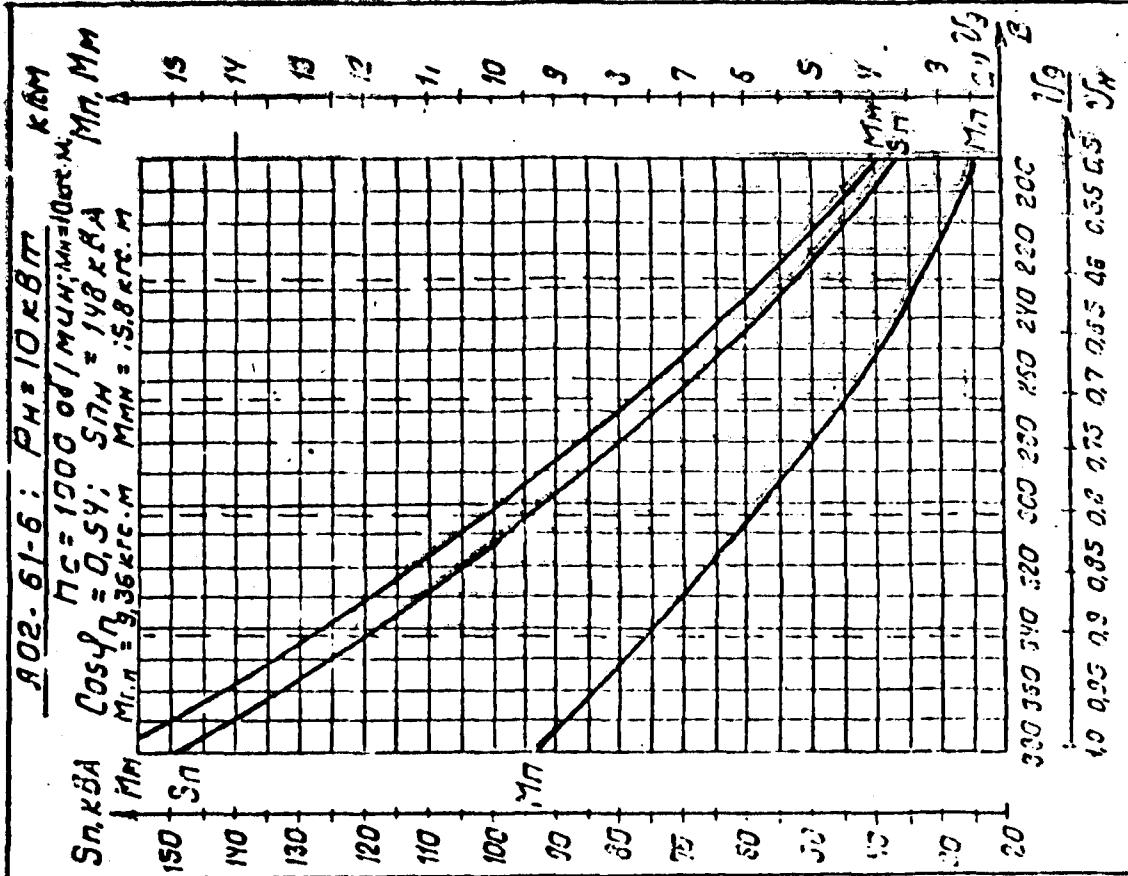
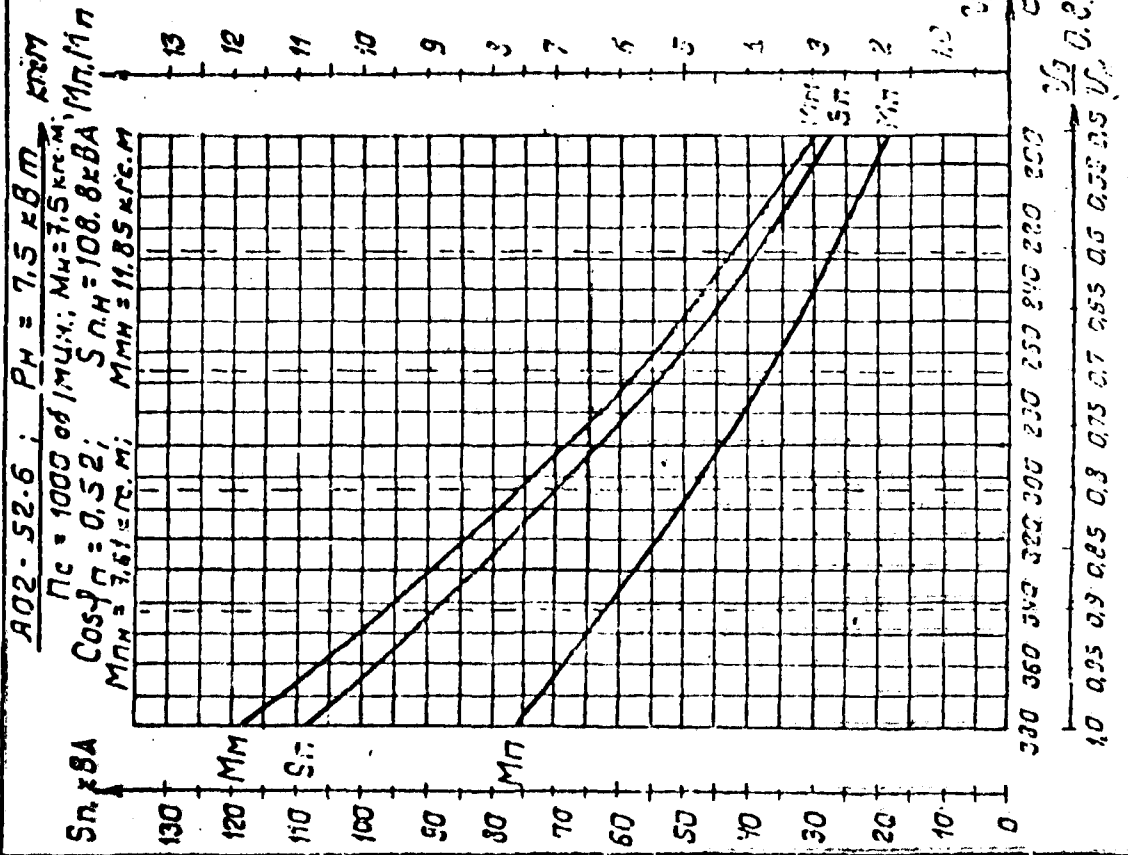


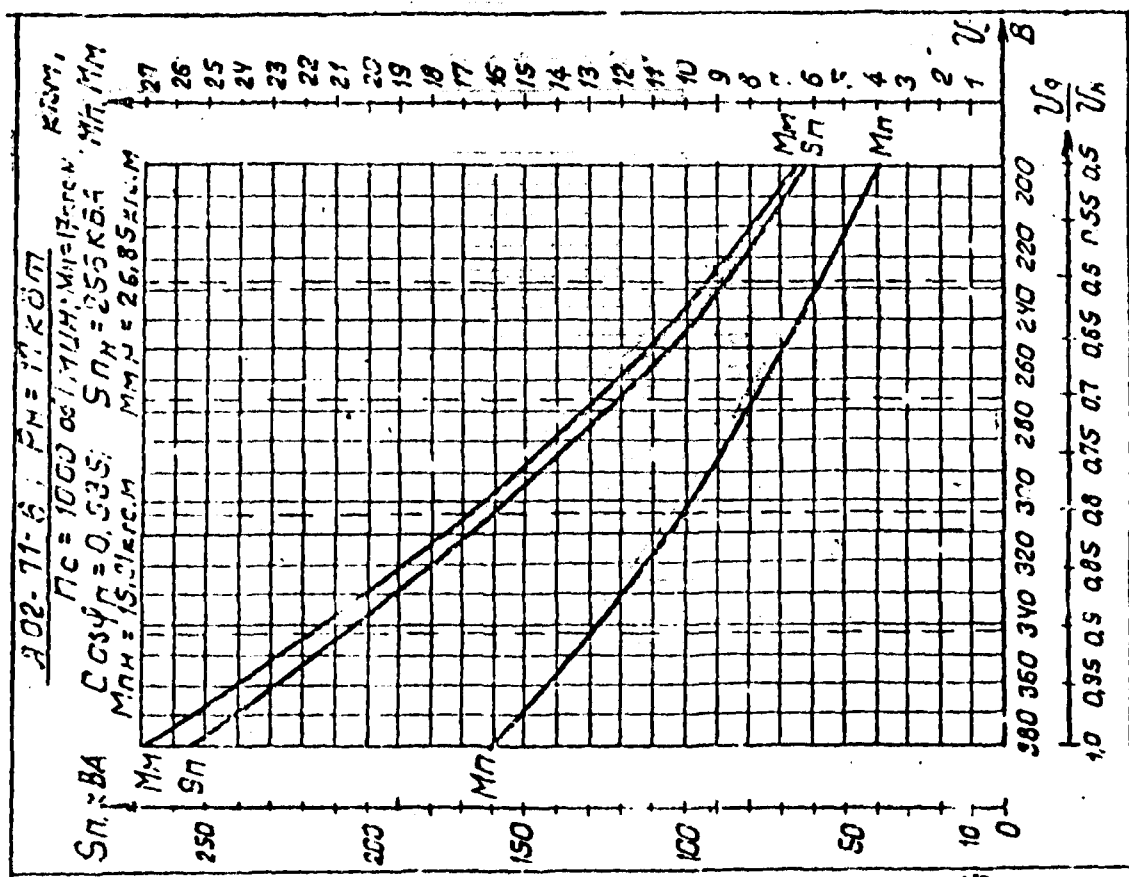
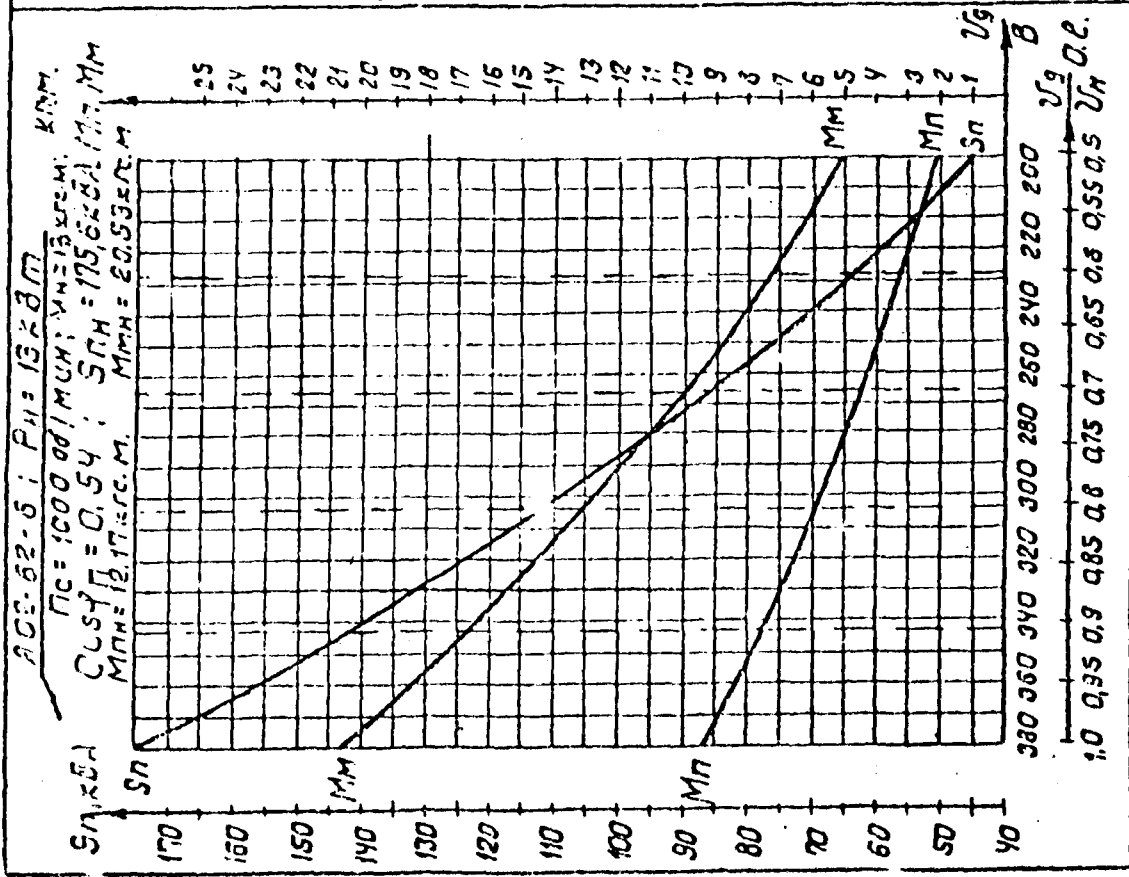
AD2-01.5. P.H. = 10.5 К.Б.М. ИМН = 1500 об/мин; ИМН = 11,4 КСМ;
 Коэф.п = 0,573; S_{нн} = 182,6 КБА
 ММН = 3,79 КСМ; ММН = 8,12 КСМ

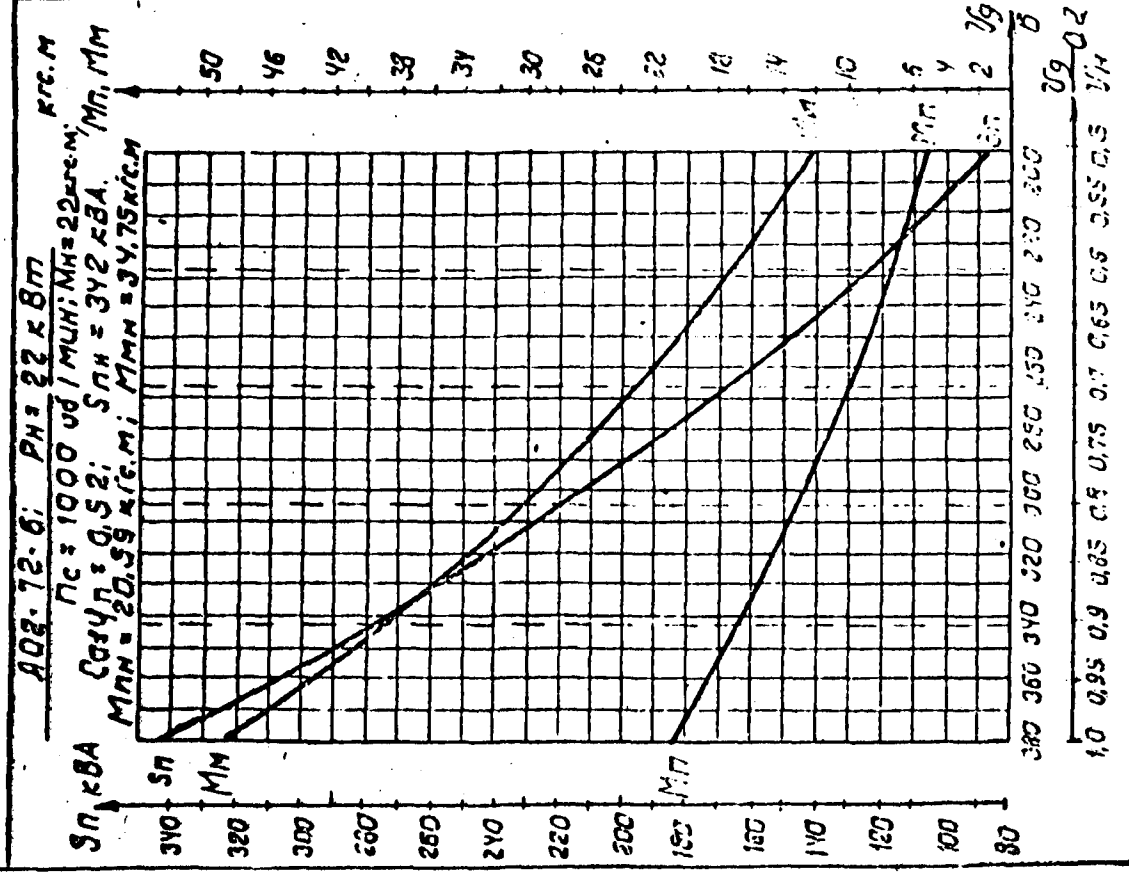
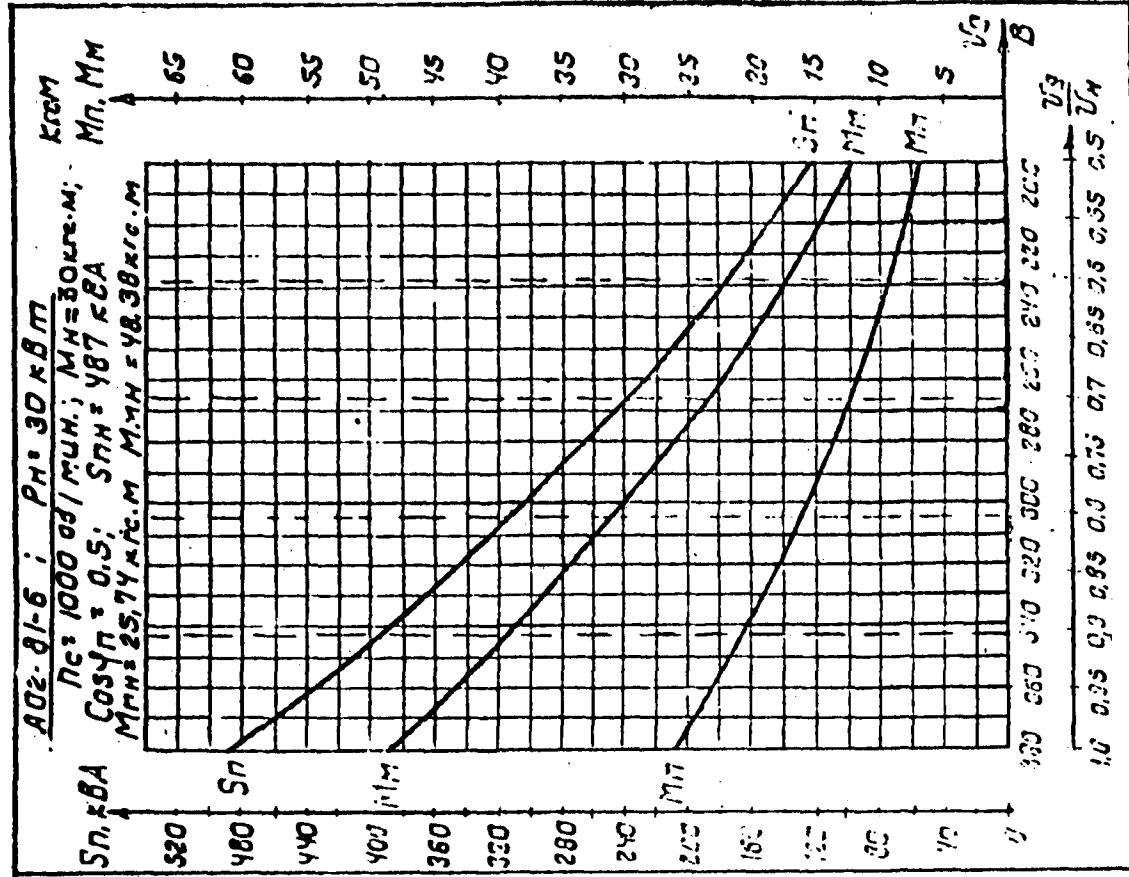


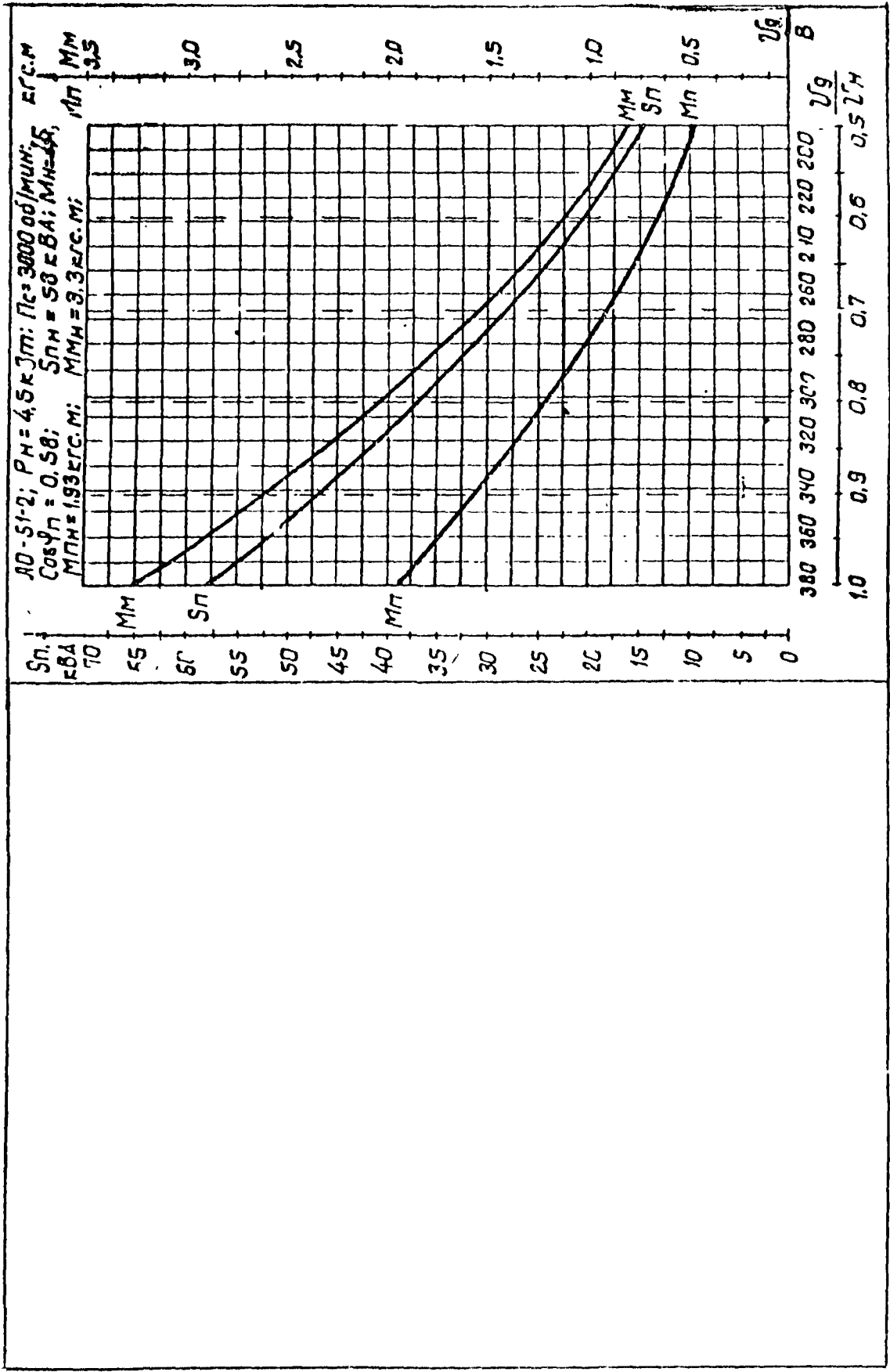


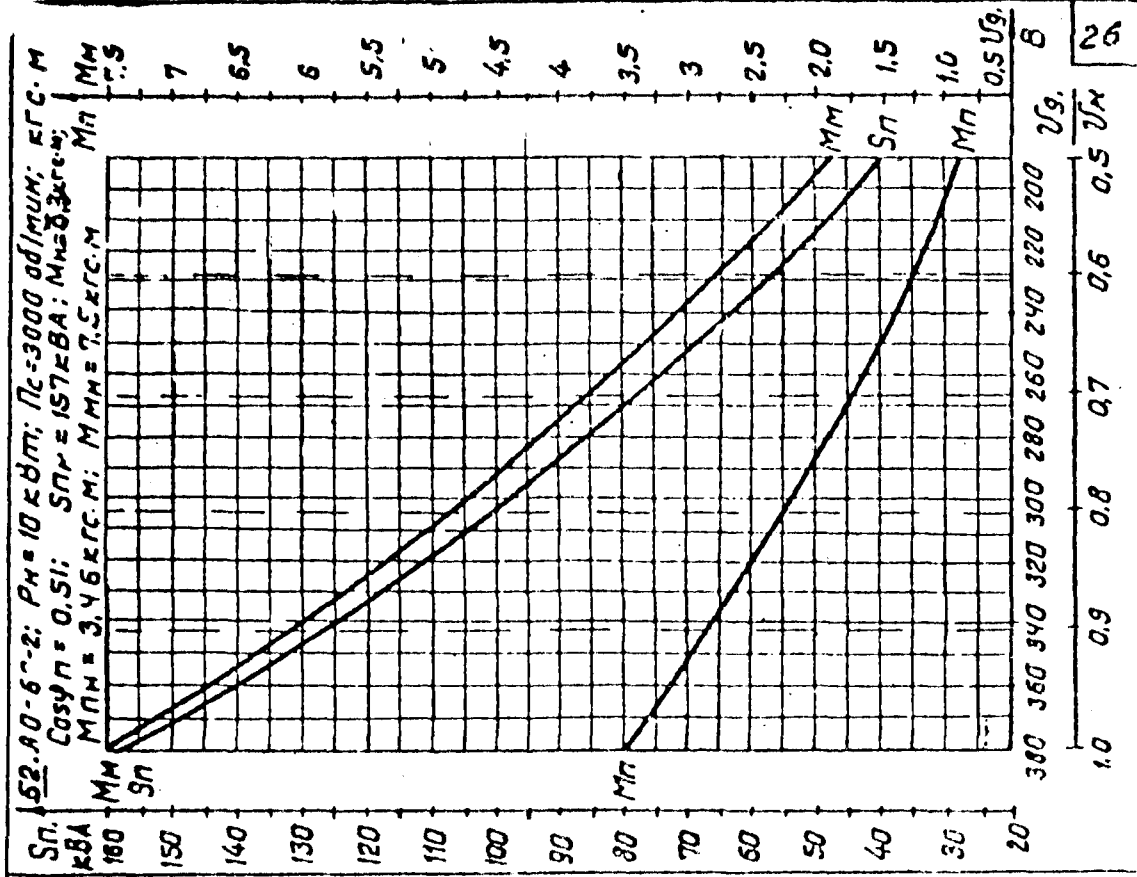
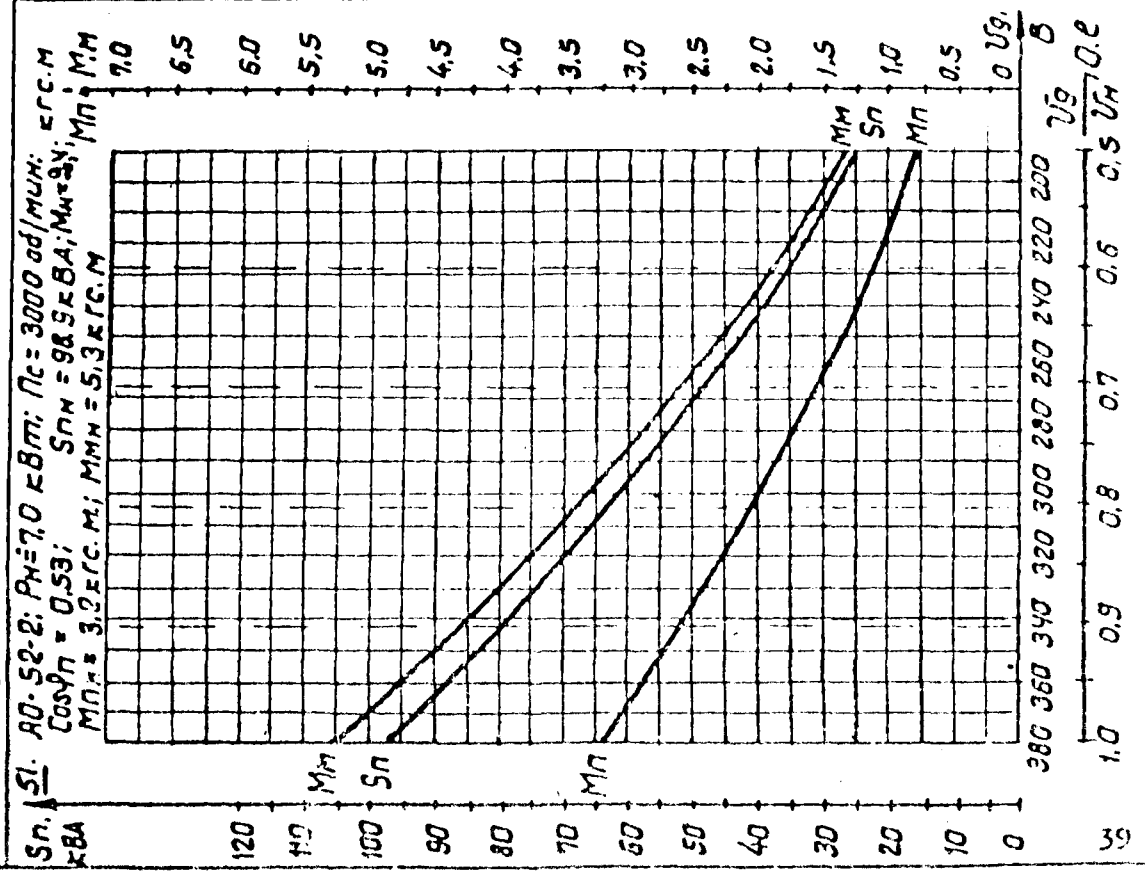


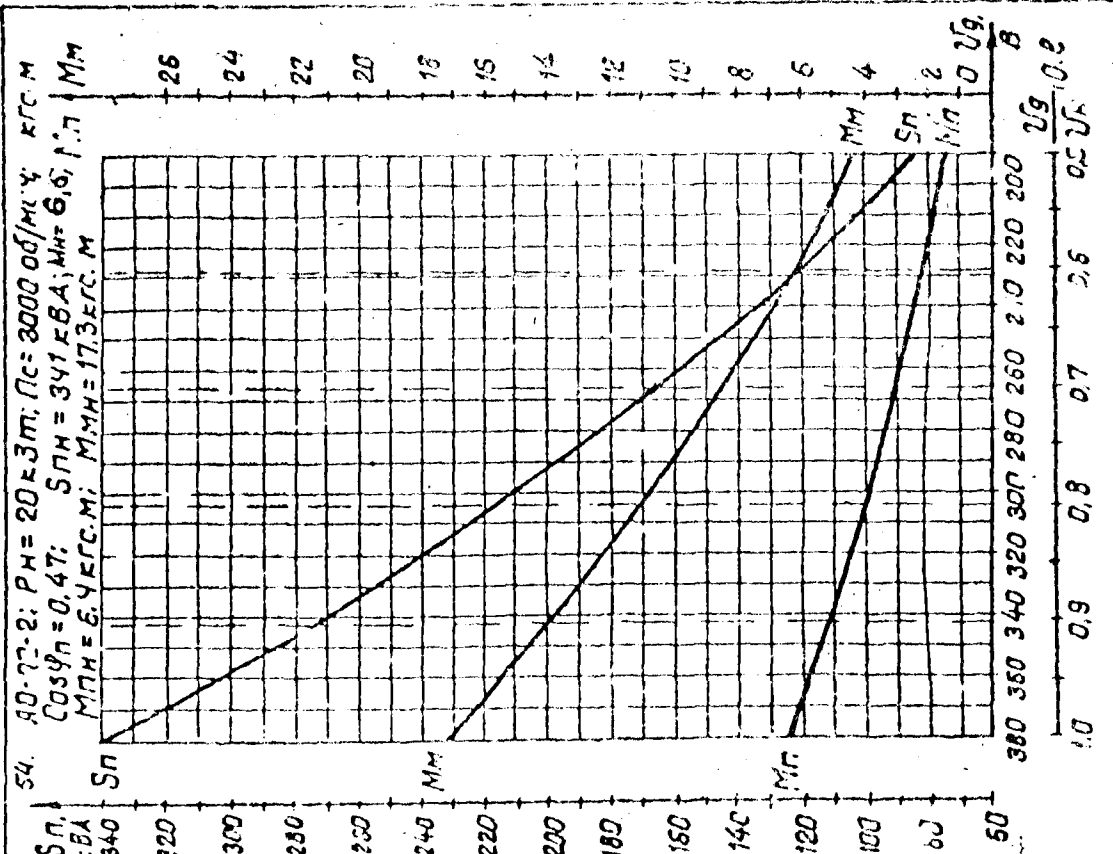
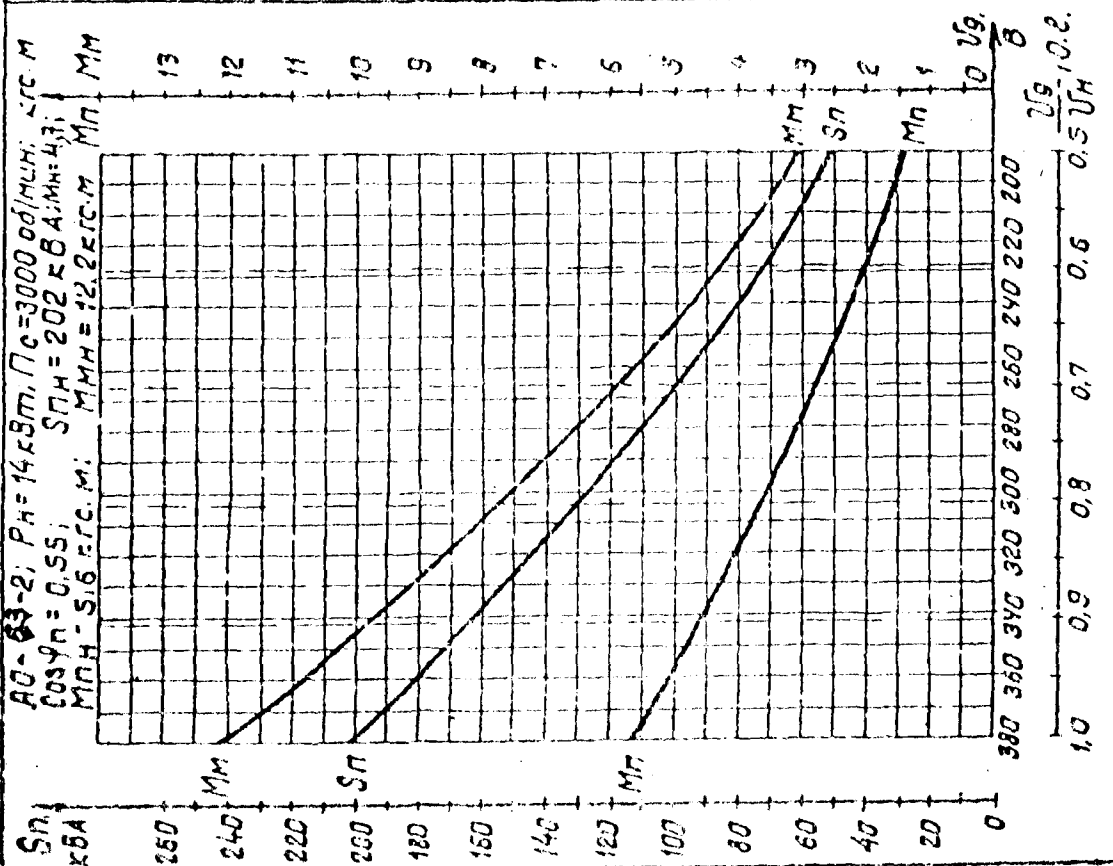


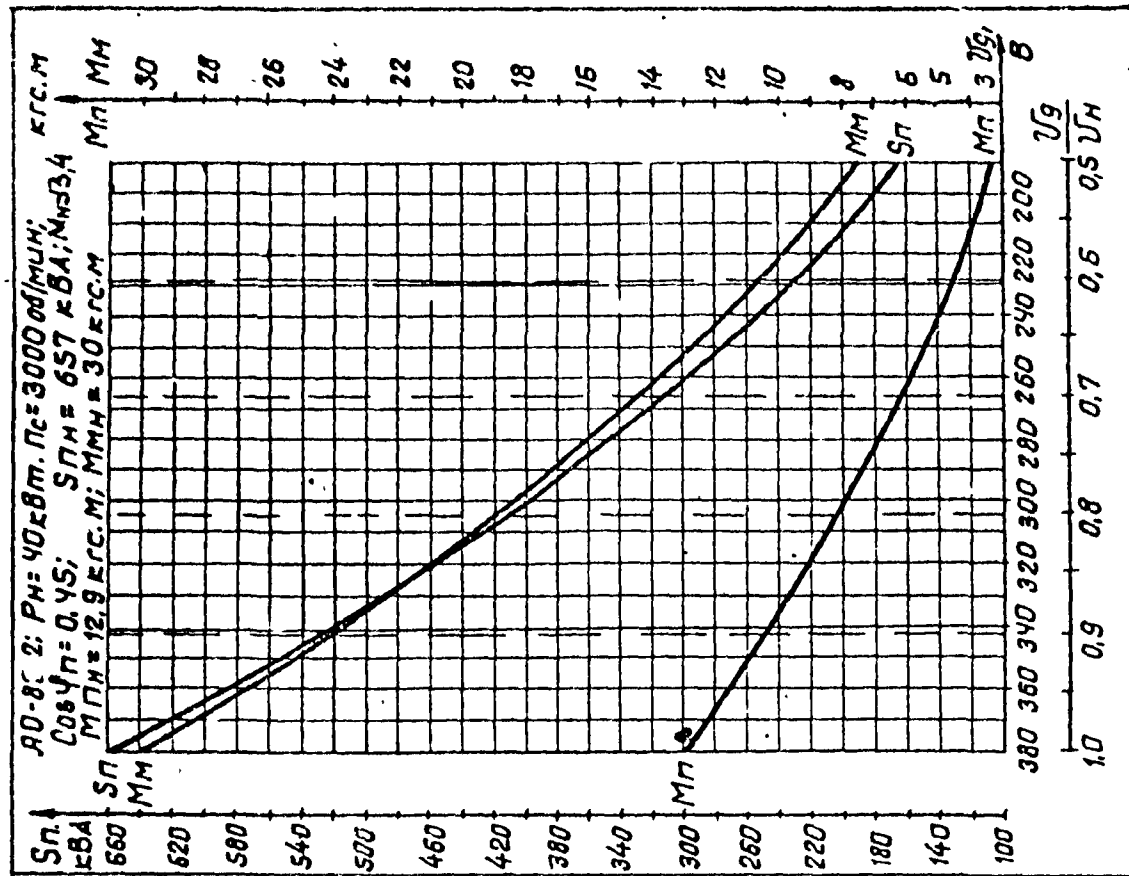
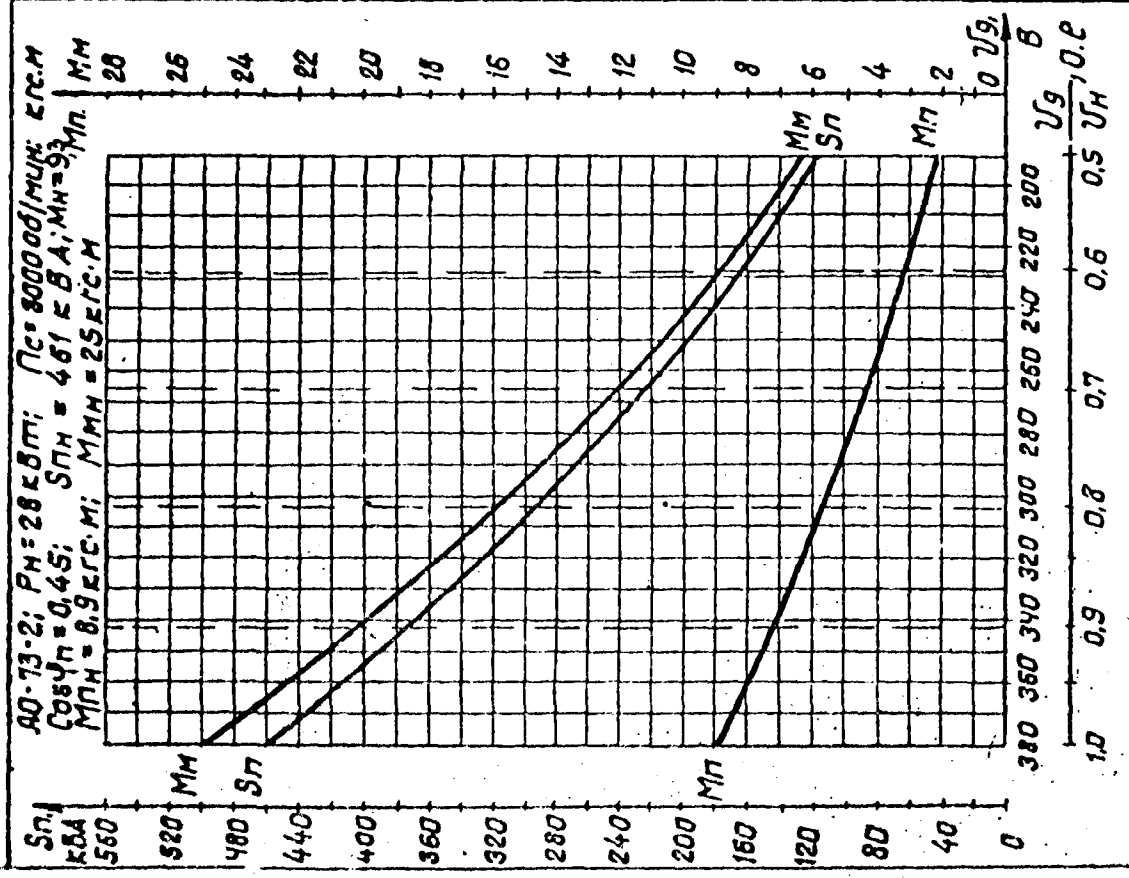


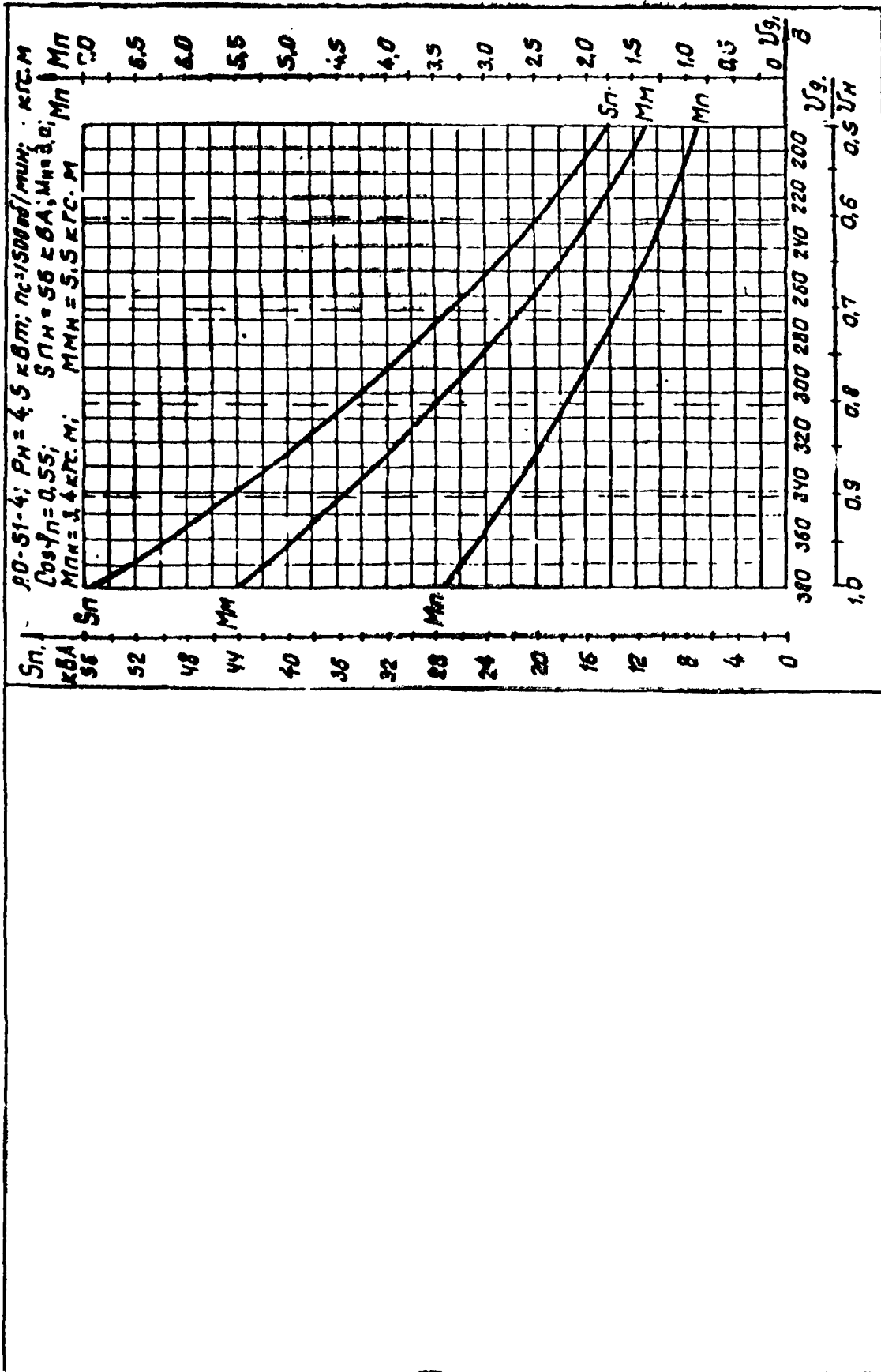


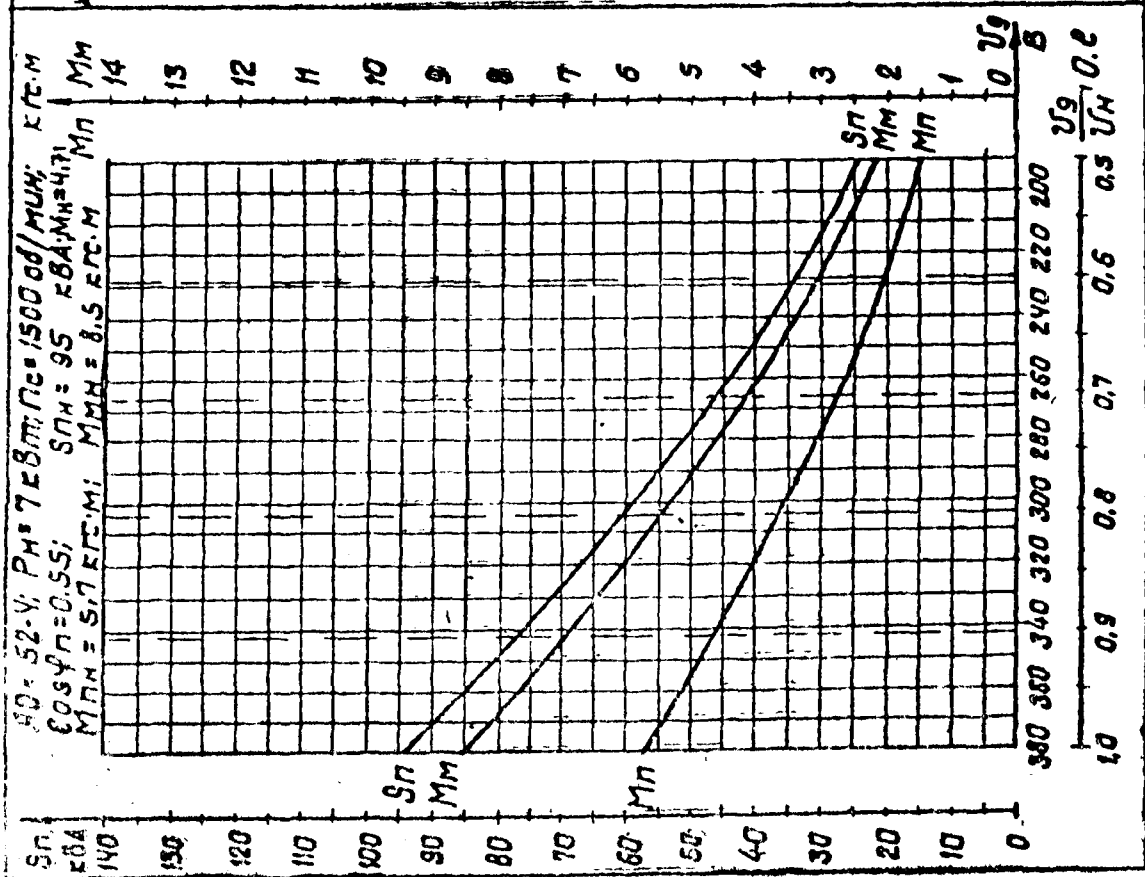
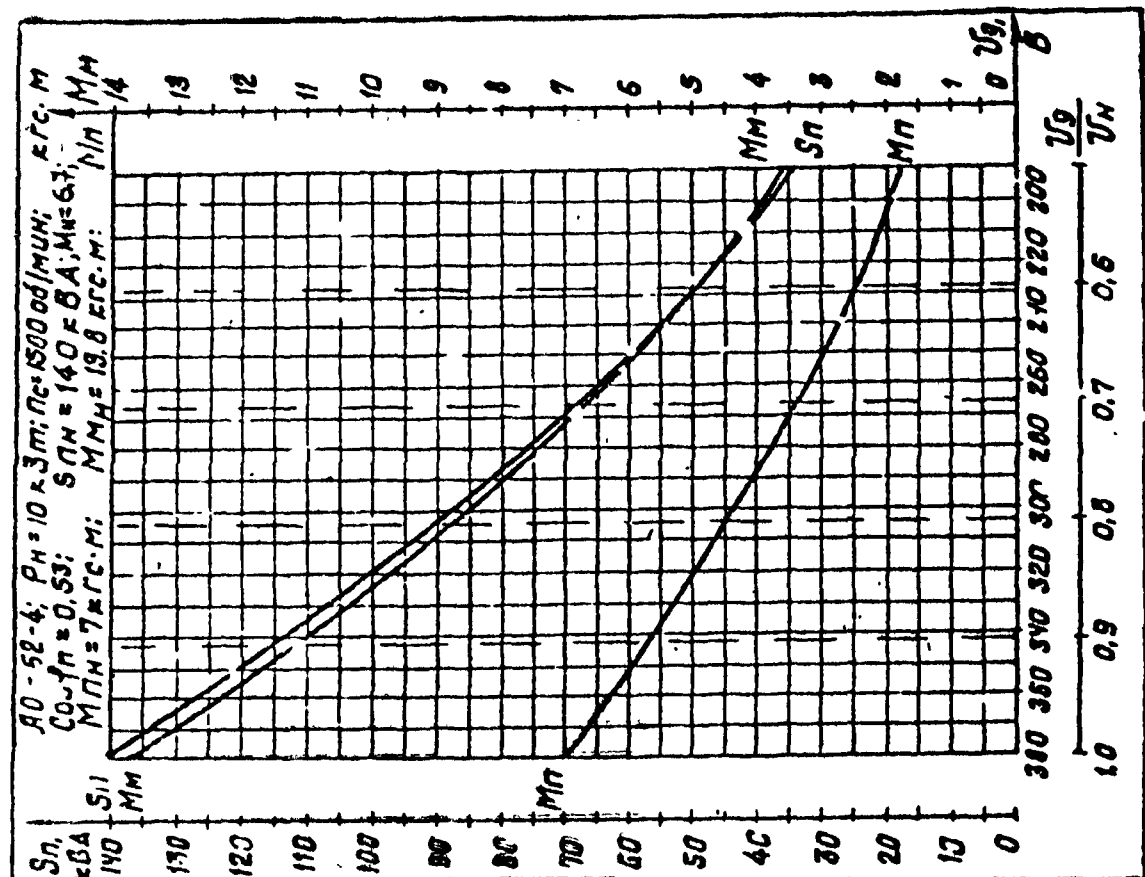


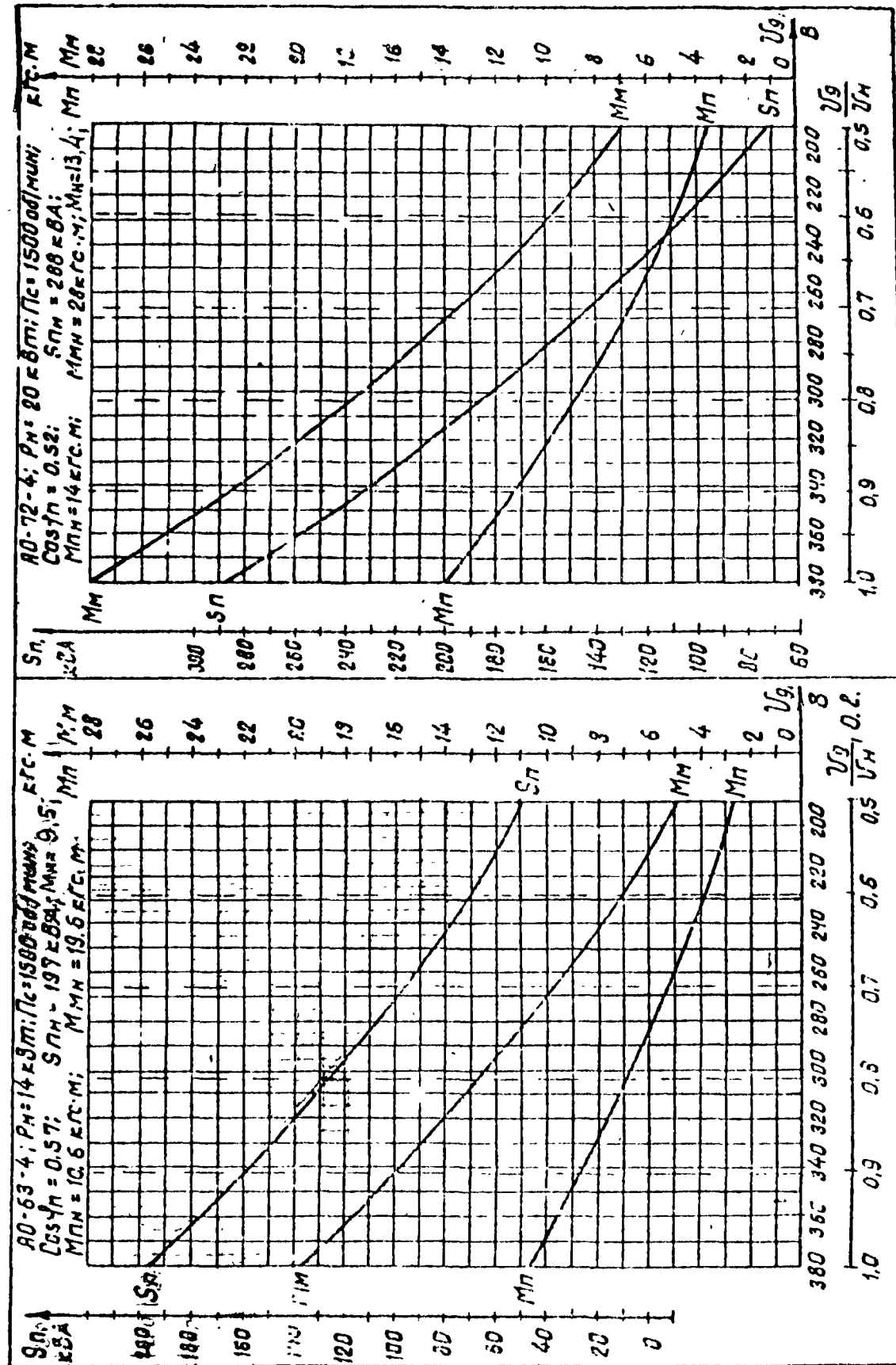


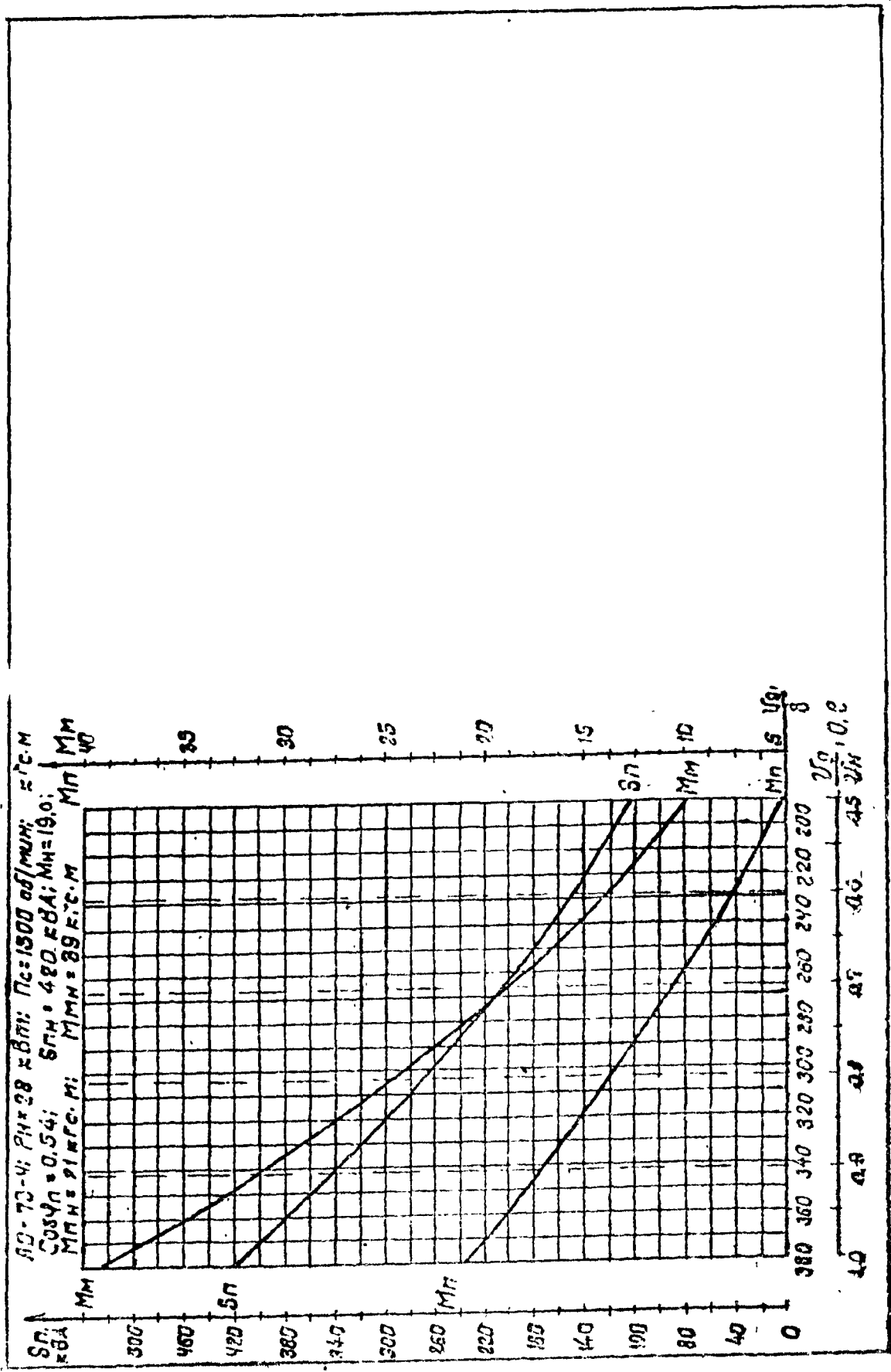


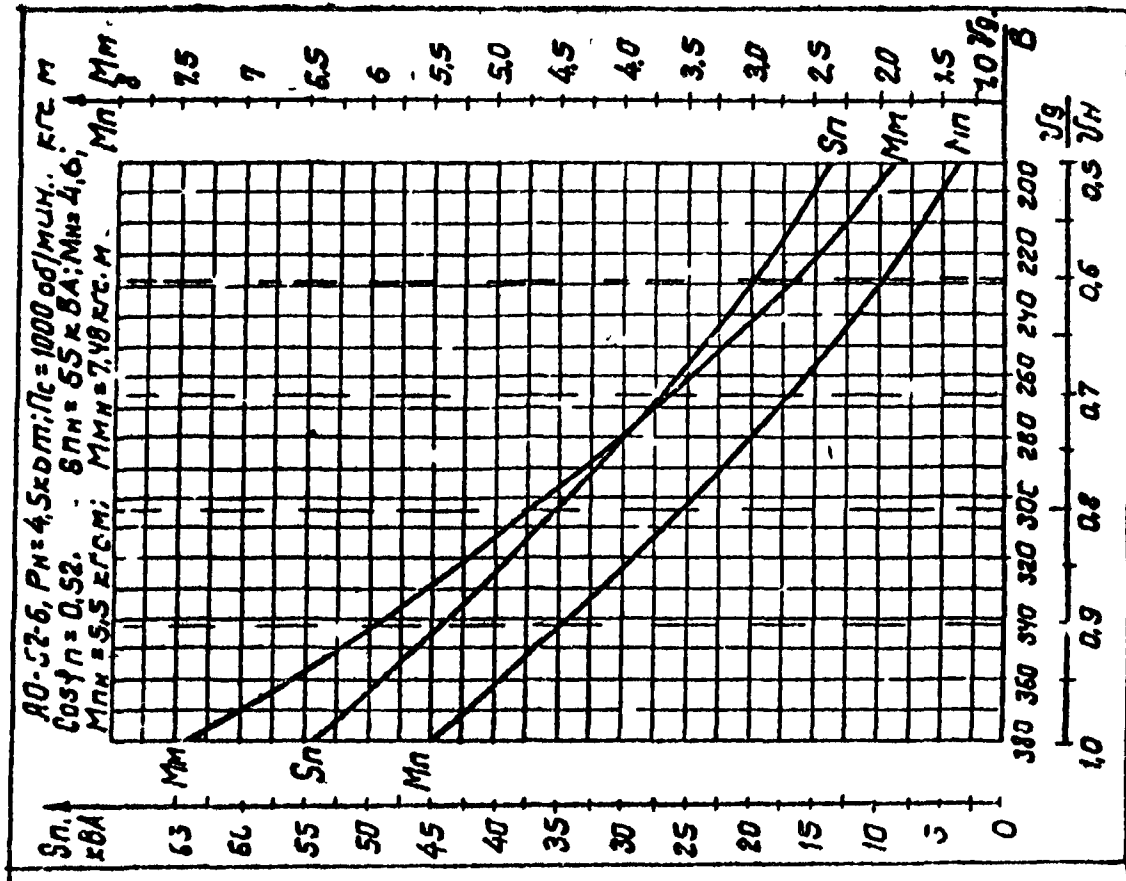


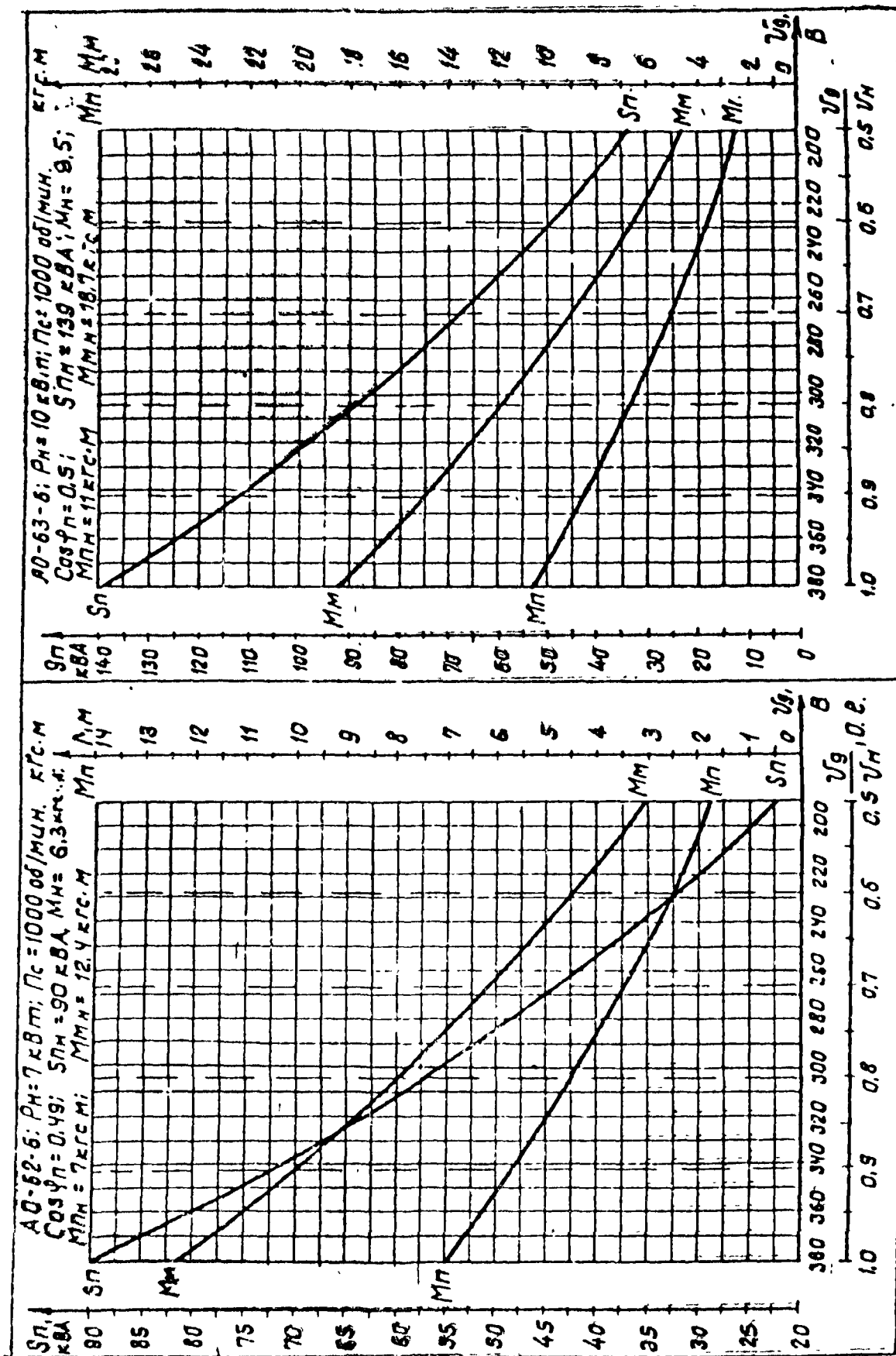


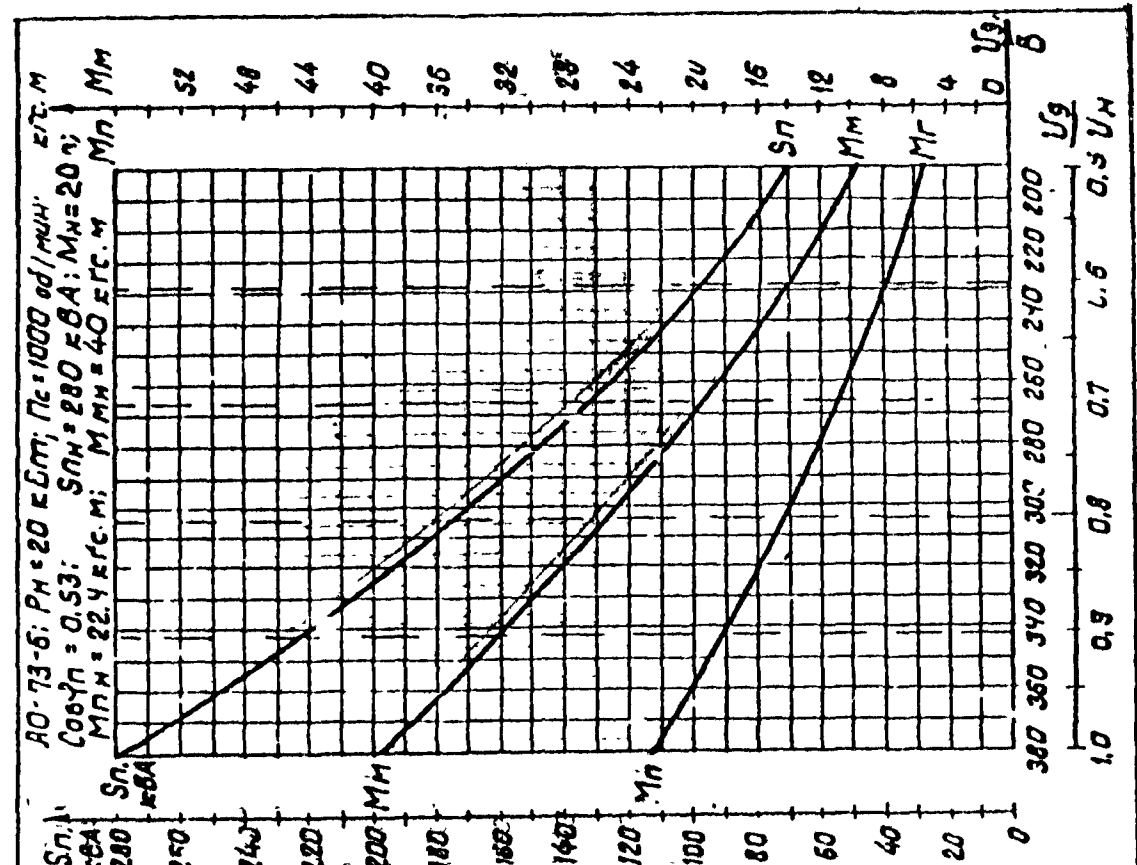
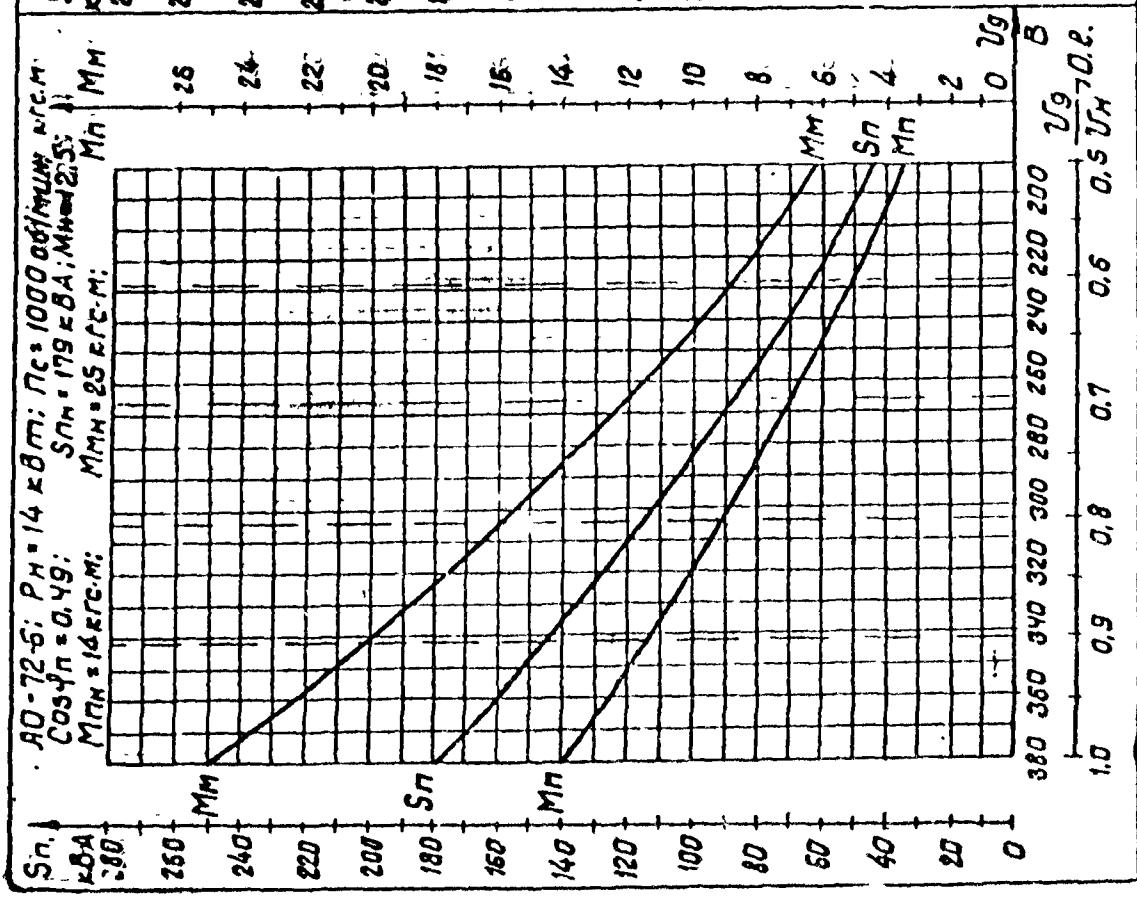


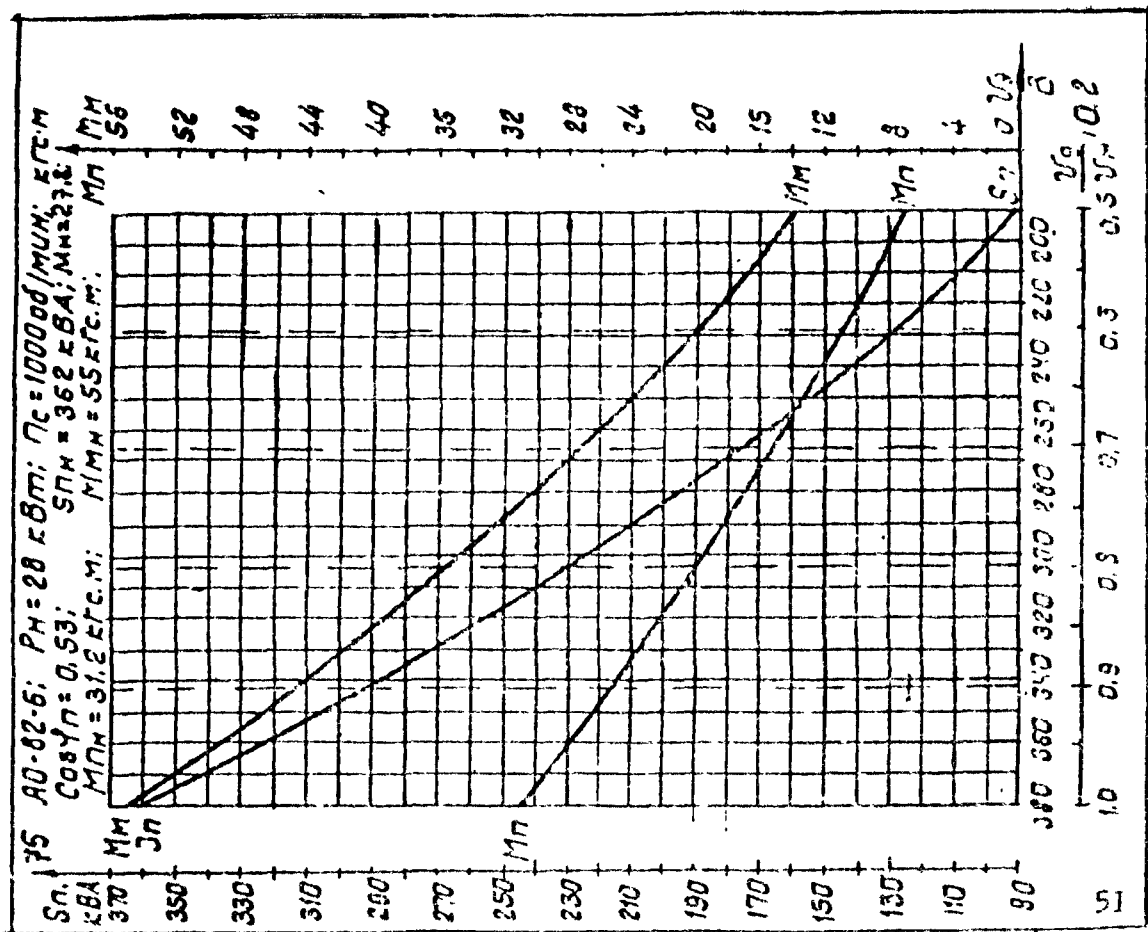












**III. Значения моментов сопротивления троганию,
максимальных моментов и коэффициентов загрузки некоторых
механизмов, применяемых в сельскохозяйственном производстве**

Таблица 1

N п/п	Наименование механизма	Момент сопротивления троганию				Максимальный момент		Коэффициент загрузки
		пуск без нагрузки		пуск под нагрузкой		кгс·м	относительный Мн двигат.	
		кгс·м	относительный Мн двигат.	кгс·м	относительный Мн двигат.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Вентиляторы пропеллерные, дисковые (осевые)	-	-	-	0,3	-	1,5	-
2.	Вентиляторы центробежные	-	0,3	-	0,3	-	1,5	-
3.	Генераторы стандартные постоянного тока	-	0,1	-	-	-	1,5	-
4.	Дробилки конические	-	1,0	-	-	-	2,5	-
5.	Дробилки молотковые	-	1,5	-	-	-	2,5	-
6.	Дробилки щековые	-	1,0	-	-	-	2,5	-
7.	Дробилки валковые	-	1,0	-	-	-	2,5	-
8.	Дробилки кормов	0,6	-	-	-	1,5	-	-
9.	Измельчитель кормов "Волгарь-5"	1,2	0,1	-	-	1,0	-	-
10.	Истиратели дисковые	-	0,6	-	-	-	-	1,75
11.	Корнерезка	0,3	-	-	-	0,3	-	-
12.	Компрессоры центробежные (турбокомпрессоры)	-	0,3	-	0,3	-	1,5	-
13.	Компрессоры поршневые, воздушные и газовые	-	0,4	-	-	-	1,4	-
14.	Лесопильные рамы	-	1,0	-	-	-	1,5	-
15.	Ленточные пильные рамы, плиты ленточные	-	1,5	-	-	-	2,5	-
16.	Мельницы Жордана	-	0,5	-	-	-	1,5	-
17.	Мельницы мукомольные (трансмиссии)	-	-	-	1,75	-	1,5	-
18.	Мельницы стержневые	-	-	-	1,75	-	1,75	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
19.	Молотилка льняного вороха	4,3	0,5	-	-	-	-	0,8
20.	Насосы вакуумные поршневые	-	0,4	-	-	-	1,4	-
21.	Насосы поршневые	-	0,4	-	1,5	-	1,5	-
22.	Насосы пропеллерные	-	0,3	-	0,3	-	1,4	-
23.	Насосы центробежные	-	0,3	-	0,3	-	1,5	-
24.	Пилы обрезающие, станки с круглой пилой (эджеры)	-	0,3	-	-	-	2,5	-
25.	Пилы отделочные	-	1,0	-	-	-	1,5	-
26.	Раздатчик кормов	1,08	-	-	-	-	-	0,8
27.	Соломосилосорезка	0,17	-	-	-	1,4	-	-
28.	Транспортер уборки навоза	2,42	-	-	-	-	-	0,46
29.	Транспортер уборки навоза (скрепер)	1,7	-	-	-	-	-	0,48
30.	Транспортер уборки навоза продольный	1,6	0,4	2,61	0,6	2,9	-	-
31.	Транспортер зерна ленточный	1,27	-	-	-	-	-	-0,8

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ
для проектирования воздушных эл.сетей 0,38 кВ

СО Д Е Р Ж А Н И Е

	стр.
1. Марка и область применения неизолированных проводов.....	133
2. Активные сопротивления проводов.....	135
3. Индуктивные сопротивления проводов.....	135
4. Допустимый длительный ток для проводов.....	136
5. Минимальные допустимые сечения проводов по механической прочности.....	136
6. Строительная длина проводов.....	137
7. Сопротивления трансформаторов 6-10/0,4 кВ.....	137
8. Технические параметры автоматических выключателей.....	138
8.1. Серии ВА-57-35.....	139
8.2. Серии АЕ-2060.....	142
8.3. Серии А-3716.....	144
8.4. Серии АП502МЗТО.....	145
9. Технические параметры плавких предохранителей.....	147
10. Технические параметры токового реле РЭ13-2.....	148

**1. Неизолированные провода, марки и область применения
(ГОСТ 839-80)**

Марка провода	Код ОКП	Конструкция провода	Преимущественная область применения.
1	2	3	4
А	35 1141	Провод, скрученный, из алюминиевых проволок	В атмосфере воздуха типов I и II при условии содержания в атмосфере сернистого газа не более $150 \text{ мг/м}^2\text{-сут}$ ($1,5 \text{ мг/м}^3$) на суше всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69 исполнения УХЛ, кроме ТВ и ТС
АКП	35 1141	Провод марки А, но межпроводочное пространство всего провода за исключением наружной поверхности, залито нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости	На побережьях морей, соленых озер, в промышленных районах и районах засоленных песков, а также в прилегающих к ним районах с атмосферой воздуха типов II и III на суше и море всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69 исполнения УХЛ.
АС	35 1151	Провод, состоящий из стального сердечника и алюминиевых проволок	В атмосфере воздуха типов I и II при условии содержания в атмосфере сернистого газа не более $150 \text{ мг/м}^2\text{-сут}$ ($1,5 \text{ мг/м}^3$) на суше всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69 исполнения УХЛ, кроме ТС и ТВ

1	2	3	4
АСКС	35 1151	Провод марки АС, но межпроводочное пространство стального сердечника, включая его наружную поверхность, заполнено нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости	На побережьях морей, соленых озер в промышленных районах и районах засоленных песков, а также в прилегающих к ним районах с атмосферой воздуха типов II и III при условии содержания в атмосфере сернистого газа не более 150 мг/м ² -сут (1,5 мг/м ³) и хлористых солей не более 200 мг/м ² -сут на суше всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69 исполнения УХЛ
АСК	35 1151	Провод марки АС, но стальной сердечник изолирован двумя лентами полиэтилентерефталатной пленки. Многопроводочный стальной сердечник под полиэтилентерефталатными лентами должен быть покрыт нейтральной смазкой повышенной нагревостойкости	На побережьях морей, соленых озер, в промышленных районах и районах засоленных песков, а также в прилегающих к ним районах с атмосферой воздуха типов II и III при условии содержания в атмосфере сернистого газа не более 150 мг/м ² -сут.(1,5 мг/м ³) и хлористых солей не более 200 мг/м ² -сут на суше всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69 исполнения УХЛ, кроме ТВ
АН	35 1191	Провод, скрученный из проволок нетермообработанного алюминиевого сплава марки АВЕ	В атмосфере воздуха типов I и II при условии содержания сернистого газа не более 150 мг/м ² -сут(1,5 мг/м ³) на суше всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69 исполнения УХЛ, кроме ТВ и ТС
АЖ	35 1191	Провод, скрученный из проволок термообработанного алюминиевого сплава марки АВЕ	В атмосфере воздуха типов I и II при условии содержания в атмосфере сернистого газа не более 150 мг/м ² -сут(1,5 мг/м ³) на суше всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69 исполнения УХЛ, кроме ТВ и ТС

**2. Активные сопротивления алюминиевых проводов (R), Ом/км
ГОСТ 639-80**

Марка провода	Активное сопротивление провода, Ом/км	Марка провода	Активное сопротивление провода, Ом/км
А, АКП-16	1,8	АН, АНКП-16	1,95
А, АКП-25	1,15	АН, АНКП-25	1,24
А, АКП-35	0,84	АН, АНКП-35	0,90
А, АКП-50	0,58	АН, АНКП-50	0,62
А, АКП-70	0,42	АН, АНКП-120	0,26
А, АКП-95	0,31	АН, АНКП-150	0,21
А, АКП-120	0,25	АЖ, АЖКП-16	2,113
А, АКП-150	0,19	АЖ, АЖКП-25	1,34
АС, АСК		АЖ, АЖКП-35	0,98
АСКС-16	1,78		
АС, АСК, АСКС-25	1,15	АЖ, АЖКП-50	0,67
АС, АСК, АСКС-35	0,78	АЖ, АЖКП-120	0,29
		АЖ, АЖКП-150	0,23

**3. Приближенные значения индуктивных сопротивлений воздушных
линий 0,38 кВ с алюминиевыми и сталеалюминиевыми проводами,
X₀, Ом/км**

Сечение марок проводов А, АС, АН, АЖ, АСК, АКП, АСКС	Среднее значение при расстоянии между проводами, мм		Усредненное значение X ₀ , Ом/км
	400	600	
16	0,35	0,37	0,36
25	0,34	0,36	0,35
35	0,33	0,35	0,34
50	0,32	0,34	0,33
70	0,31	0,33	0,32
95	0,3	0,32	0,31
120	0,29	0,31	0,3

**4. Допустимый длительный ток для неизолированных проводов ВЛ 0,38 кВ
(ПУЭ п.1.3.22)
Таблица 1.3.29**

Номинальное сечение, мм ²	Сечение (алюминий/сталь), мм ²	Ток, А, для проводов марок	
		АС, АСКС, АСК	А и АКП
16	16/2	111	105
25	25/4,2	142	136
35	35/6,2	175	170
50	50/8	210	215
70	70/11	265	265
95	95/16	330	320
120	120/19	390	375
	120/27	375	

Допустимые длительные токи приняты из расчета допустимой температуры их нагрева +70° С при температуре воздуха +25° С.

**5. Минимально допустимые сечения проводов по механической прочности.
(НТПС -88)**

Для обеспечения нормируемой надежности работы ВЛ по условиям механической прочности, в зависимости от климатических условий, следует применять неизолированные провода сечением, мм², не менее:

Рафон с расчетной толщиной стенки гололеда, мм	Сечение неизолированных проводов, мм ² , не менее			
	на ВЛ		на ответвлениях от ВЛ к вводам в здания	
	алюминиевых всех марок	сталеалюминиевых всех марок	алюминиевых всех марок	сталеалюминиевых всех марок
5	25	16	16	16
10 и более	35	25	25	16

6. Строительная длина проводов по ГОСТ 839-80

Номинальное сечение токопроводящей части провода, мм ²	Строительная длина, м не менее, проводов марок		
	А, АКП	АН, АЖ	АС, АСКС, АСК
4	-	-	-
6	-	-	-
10	-	-	3000
16	4500	4500	3000
25	4000	4000	3000
35	4000	4000	3000
50	3500	3500	3000
70	2500	-	2000
95	2000	-	1500
120	1500	1500	2000

7. Сопротивления трансформаторов 6-10/0,4 кВ, приведенные к напряжению 0,4 кВ *)

Номинальная мощность, кВА	Сопротивление прямой последовательности, Ом			Сопротивление при однофазном замыкании $I/3 Z_{т0}$, Ом
	R _т	X _т	Z _т	
Схема соединений звезда-звезда с выведенной нейтралью				
25	0,154	0,244	0,288	1,04
40	0,088	0,157	0,18	0,65
63	0,053	0,101	0,114	0,411
100	0,032	0,0706	0,07	0,26
160	0,0167	0,042	0,045	0,162
250	0,0095	0,0268	0,0288	0,104
400	0,0055	0,0171	0,018	0,065
630	0,00307	0,0137	0,014	0,042
Схема соединений звезда-зигзаг с выведенной нейтралью				
25	0,184	0,245	0,307	0,3
40	0,1	0,159	0,188	0,19
63	0,061	0,103	0,119	0,12
100	0,037	0,074	0,075	0,075
160	0,0195	0,0427	0,047	0,05
250	0,0108	0,0282	0,03	0,03

*) Трансформаторы по ТУ 16-672.089-85 МЭТЗ и ТУ др. заводов.

**8. ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ НИЗКОВОЛЬТНЫХ
АВТОМАТИЧЕСКИХ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ**

**8.1. Автоматический выключатель типа ВА 57-35 (из отраслевого каталога
"Электротехника" 07.00.03-93) тип ВА 57-35-34ХХ10-20УХЛ3
Номинальный ток выключателя 250 А**

Номинальные токи тепловых максимальных расцепителей тока, А	Уставка по току срабатывания электромагнитного расцепителя тока в зоне токов к.з., А	Предельная коммутационная способность, кА		Одноразовая предельная коммутационная способность, кА	
		Действующее значение тока при переменном напряжении и коэффициенте мощности цепи		Действующее значение тока при переменном напряжении и коэффициенте мощности	
		380 В	cosφ	380 В	cosφ
16	320	3,5	0,8	5,0	0,7
20	320	6,0	0,7	7,5	0,5
25	320	9,0	0,5	12,0	0,3
31,5	630	10	0,5	15,0	0,3
40	630	10	0,5	15,0	0,3
50	630	15	0,3	20,0	0,3
63	1250	15	0,3	20,0	0,3
80	1250	15	0,3	30,0	0,25
100	1250	15	0,3	40,0	0,25
125	1250	15	0,3	40,0	0,25
160	1600	15	0,3	40,0	0,25
200	2500	15	0,3	65,0	0,2
250	2500	15	0,3	65,0	0,2

Выключатели надежно отключают и включают любой ток, вплоть до токов предельной коммутационной способности при 1,1 номинального напряжения и коэффициенте мощности или постоянной времени цепи, указанных в ГОСТ 9098-78. Выключатели термически и динамически стойки во всем диапазоне токов, вплоть до токов, характеризующих предельную коммутационную способность.

Выключатели допускают немедленное повторное включение после оперативного отключения при нагрузке номинальным током.

Выключатели с тепловыми максимальными расцепителями тока при одновременной нагрузке всех полюсов и нормированной температуре окружающей среды :

1) не срабатывают в течение времени менее 2 ч при начале отсчета с холодного состояния при токе 1,05 от номинального тока расцепителя;

2) срабатывают при токе 1,35 от номинального тока расцепителя в течение времени менее 1ч при начале отсчета с нагретого состояния (током 1,05 от номинального тока расцепителя в течение 1ч) - для расцепителей до 63 А;

3) срабатывают при токе 1,25 от номинального тока расцепителя в течение времени менее 2 ч при начале отсчета с нагретого состояния (током 1,05 от номинального тока расцепителя в течение 2-х часов) - для расцепителей свыше 63 А.

Времятоковые характеристики выключателей приведены на рис.1.

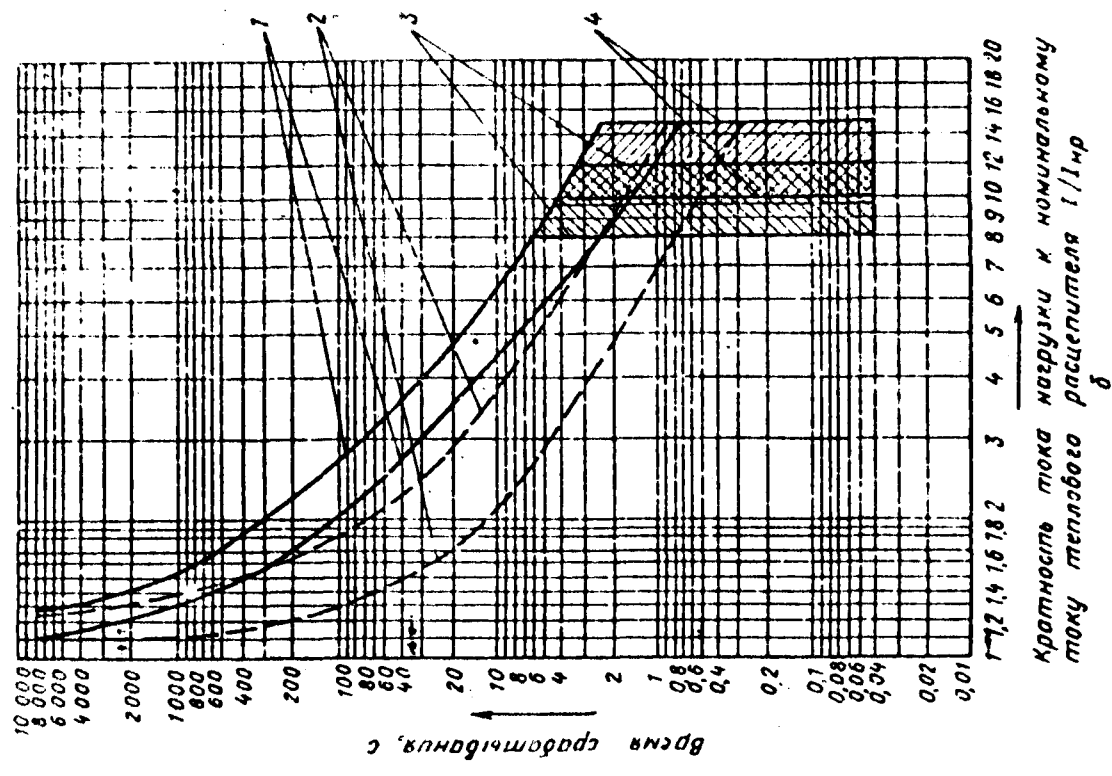


Рис. 1. Временные характеристики выключателей ВА-7.35 в тепловом и электромагнитном максимальном расцепителем тока

а — номинальный ток расцепителей 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63 А; б — номинальный ток расцепителя 80 А; в — номинальный ток расцепителя 110, 125 А; г — номинальный ток расцепителя 160, 200, 250 А

1 — временные характеристики, считая с холодного состояния; 2 — временные характеристики, считая с нагретого состояния; 3 — зона работы электромагнитного максимального расцепителя постоянного тока; 4 — зона работы электромагнитного максимального расцепителя переменного тока

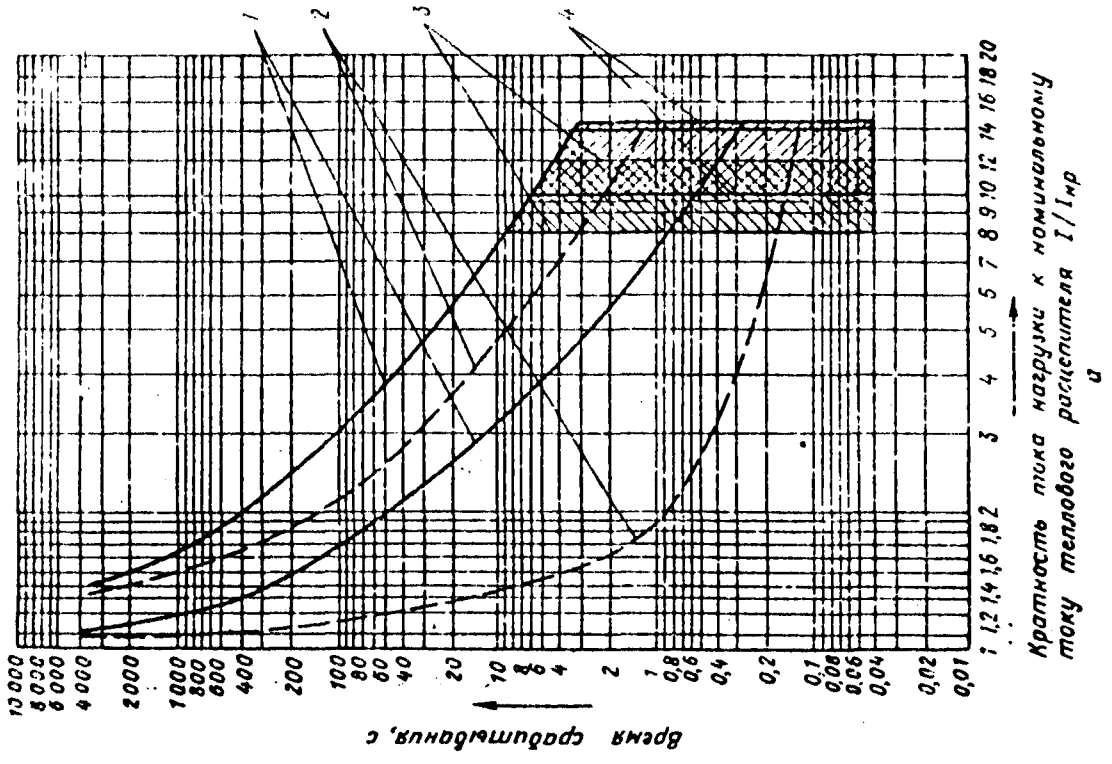
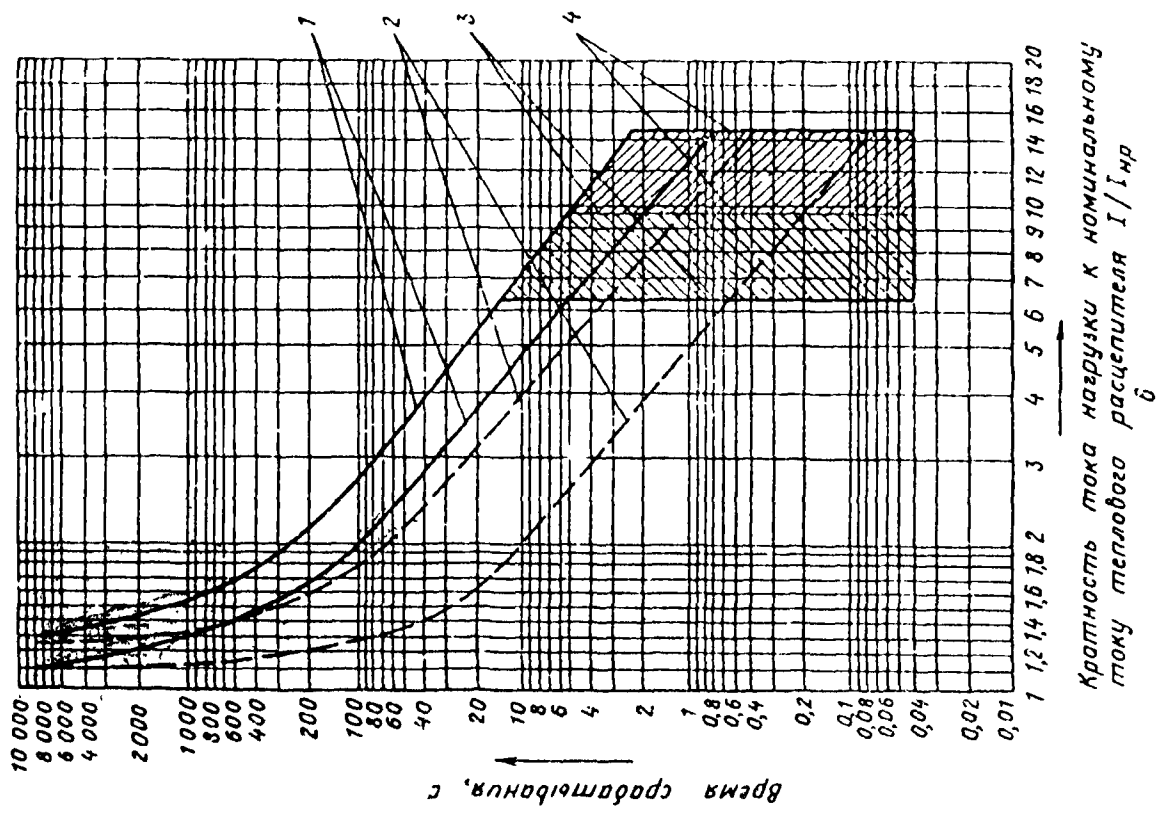
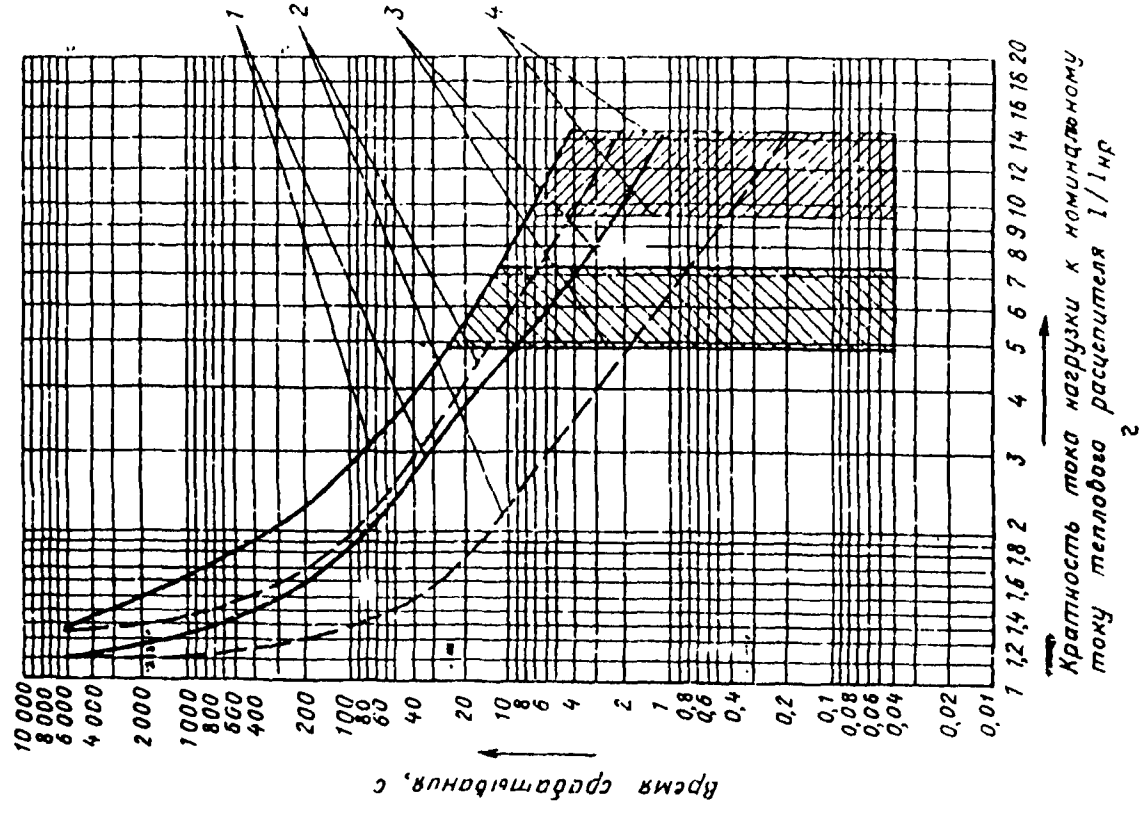


Рис. 1. Временные характеристики выключателей ВА-7.35 в тепловом и электромагнитном максимальном расцепителем тока

а — номинальный ток расцепителей 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63 А; б — номинальный ток расцепителя 80 А; в — номинальный ток расцепителя 110, 125 А; г — номинальный ток расцепителя 160, 200, 250 А

1 — временные характеристики, считая с холодного состояния; 2 — временные характеристики, считая с нагретого состояния; 3 — зона работы электромагнитного максимального расцепителя постоянного тока; 4 — зона работы электромагнитного максимального расцепителя переменного тока



**8.2. Автоматический выключатель типа АЕ20 и АЕ 20 М (модернизированные)
(из отраслевого каталога 07.00.04-93)**

Тип выключателя	Номинальные токи максимальных расцепителей	Предельная коммутационная способность, кА		Одноразовая предельная коммутационная способность, кА		Вид максимальных расцепителей тока
		Действующее значение тока при переменном напряжении и коэффициенте мощности цепи		Действующее значение при переменном напряжении и коэффициенте мощности		
		380 В	cosφ	380 В	cosφ	
АЕ 2046М	0,6 - 1,6	5	0,7	6,5	0,5	Электромагнитный и тепловой
	2,0 - 12,5	1,5	0,95	6,5	0,5	
	0,6 - 4,0	0,8	0,95	6,5	0,5	Электромагнитный
	5 - 12,5	1,5	0,95	6,5	0,5	
	16,0 - 63,0	4,5	0,8	6,5	0,5	Электромагнитный и тепловой или электромагнитный
АЕ 2063	16 - 25	3,5	0,8	6,0	0,5	
АЕ 2066	31,5 - 40	6,0	7,0	15,0	0,3	
	50 - 100	9,0	0,5	15,0	0,3	
	125 - 160	11,5	0,3	17,0	0,3	

Зависимость номинального рабочего тока выключателей АЕ2040М от температуры окружающего воздуха приведена на рис.1. Времятоковые характеристики выключателей приведены на рис.2.

Выключатели с электромагнитными максимальными расцепителями допускают повторное включение по истечении не более 2 с после срабатывания, с электромагнитными и тепловыми максимальными расцепителями - не более 2 мин.

Электромагнитные максимальные расцепители тока не срабатывают при токе, равном или меньшем 0,8 уставки по току срабатывания за время $(0, 1 \pm 0,01)$ с и срабатывают при токе, равном или большем 1,2 уставки в течение 0,04 с.

Выключатели (при одновременной нагрузке всех полюсов) с тепловыми расцепителями без температурной компенсации (при температуре окружающего воздуха 40° С) и с температурной компенсацией (при температуре окружающего воздуха 20° С) с холодного состояния: не срабатывают при токе 1,05 I ном. в течение не менее 2 ч;

срабатывают при токе 1,25 I ном. в течение не более 20 мин для выключателей с температурной компенсацией и не более 30 мин для выключателей без температурной компенсации;

срабатывают при семикратном токе от номинального в течение 3-15 с для выключателей с температурной компенсацией и 1-15 с - без температурной компенсации;

однополюсные выключатели на номинальный ток 63 А срабатывают при токе 1,35 I ном в течение менее 1 ч. Уставки по току срабатывания тепловых расцепителей регулируются в пределах от 0,9 до 1,15 номинального; для тепловых расцепителей, ток которых равен номинальному току выключателей, - в пределах от 0,9 до номинального.

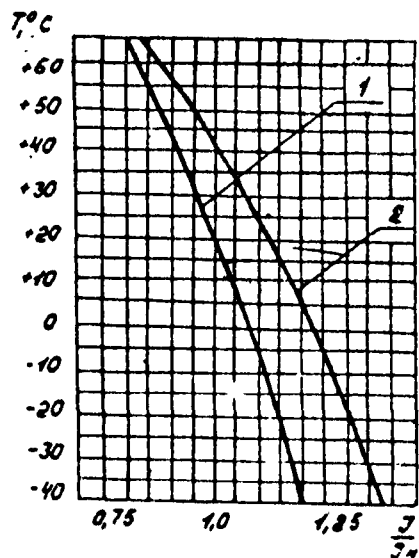


Рис.1. Зависимость номинального рабочего тока выключателей АЕ2040М от температуры окружающего воздуха (1 — с температурной компенсацией; 2 — без температурной компенсации)

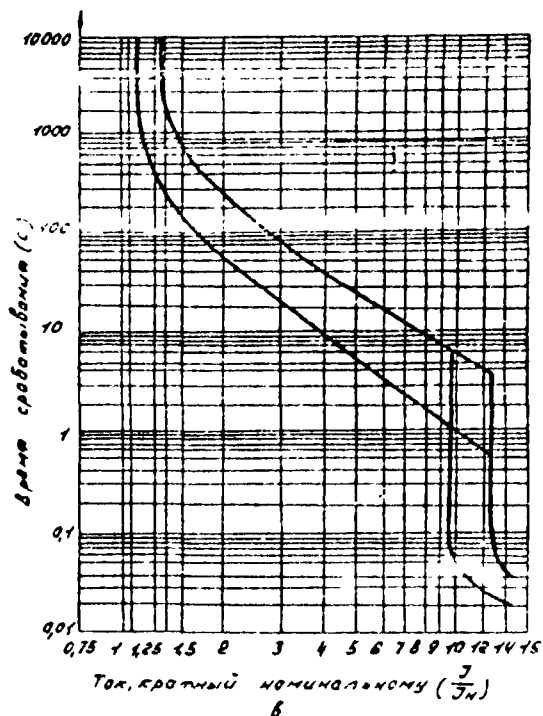


Рис.2. Времятоковые характеристики выключателей АЕ2040 с электромагнитными и тепловыми расцепителями без температурной компенсации при температуре а — плюс 60°C; б — плюс 40°C; в — плюс 20°C; г — минус 40°C; д — минус 60°C

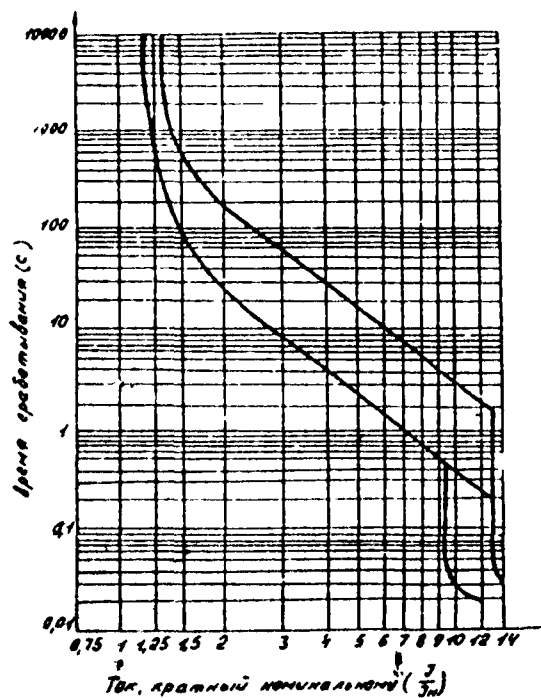
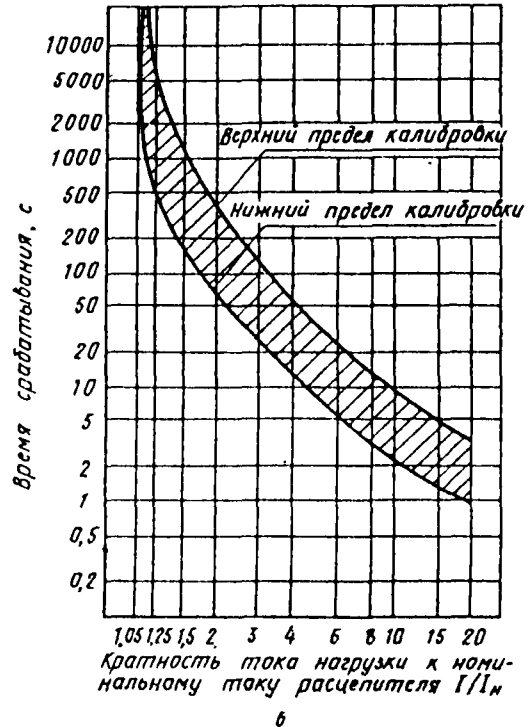
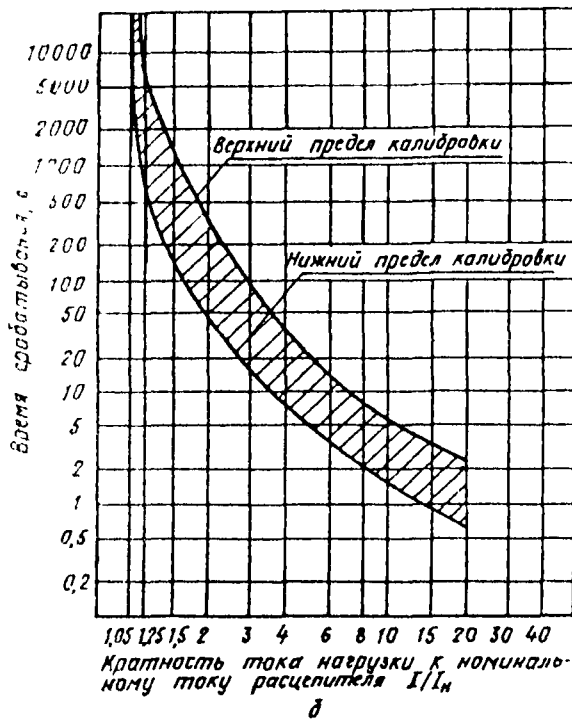


Рис.3. Времятоковые характеристики выключателей АЕ20М, 1. АЕ2060 с электромагнитными и тепловыми расцепителями без температурной компенсации при температуре плюс 20°C;

8.3. Автоматический выключатель типа АЗ716ФУЗ (из отраслевого каталога "Электротехника" 07.00.07-86) с электромагнитными и тепловыми расцепителями
Номинальный ток выключателя 160 А

Номинальные токи тепловых расцепителей, А	Уставка по току срабатывания электромагнитных расцепителей, А	Предельная коммутационная способность, кА Предельно допустимый ожидаемый ток к.з. при переменном напряжении 380 В
16	630	5,5
20	630	10
25	630	15
32	630 1600	20
40	630 1600	20
50	630 1600	25
63	630 1600	25
80	630 1600	25
100	630 1600	25
125	630 1600	25
160	630 1600	25



Время - токовые характеристики выключателей для переменного тока 50 Гц с холодного состояния при температуре окружающего воздуха плюс 40° С и нагрузке трех полюсов.

б - номинальные токи тепловых расцепителей 20, 40, 50 и 63 А;

в - номинальные токи тепловых расцепителей 25, 32, 100 и 160 А.

8.4. Автоматический выключатель типа АИ50Б2М3ТОУ2 комбинированный с электромагнитным расцепителем в двух полюсах (2М), тепловым расцепителем в трех полюсах (3Т) и максимальном расцепителе в нулевом проводе (0).

Номинальный ток до 63 А.

Номинальный ток тепловых максимальных расцепителей тока, А	Номинальный ток, А		Действующее значение допустимого тока к.з. при переменном напряжении 380 В и коэффициенте мощности цепи $\cos\psi = 0,45- 0,05$	Действующее значение однократного допустимого тока к.з. при переменном напряжении 380 В и коэффициенте мощности цепи $\cos\psi = 0,45+0,05$
	Кратность установки мгновенного срабатывания (отсечки) к номинальному току $I_{ном}=3,5$	Кратность установки тока мгновенного срабатывания (отсечки) к номинальному току $I_{ном}=10,0$		
25	87,5	250	3,0	6,0
40	140	400	5,0	6,0
50	175	500	5,0	6,0
63	220,5	630	6,0	7,0

Времятоковые характеристики выключателей приведены на рис.1(а, б, в), изменение срабатывания тепловых расцепителей в зависимости от температуры окружающей среды - на рис.1, г.

Устройство для регулирования установки номинального тока тепловых максимальных расцепителей обеспечивает потребителю возможность уменьшения установки одновременно во всех полюсах по 60% от ее номинального значения с допустимым отклонением по току + 25%

Выключатели под действием электромагнитных максимальных расцепителей тока при прохождении переменного тока частоты 50 Гц не отключаются при токе, равном или менее 0,8 установки, и надежно отключаются, когда ток достигает значения 1,2 установки.

Допустимое время нахождения выключателя под током показано на рис.2.

Выключатели под действием максимального расцепителя тока в нулевом проводе не отключаются, когда ток равен или меньше 0,8 номинального, и отключаются, когда ток достигает значения 1,4 номинального.

Максимальный расцепитель в нулевом проводе допускает в продолжительном режиме нагрузку 0,6 номинального.

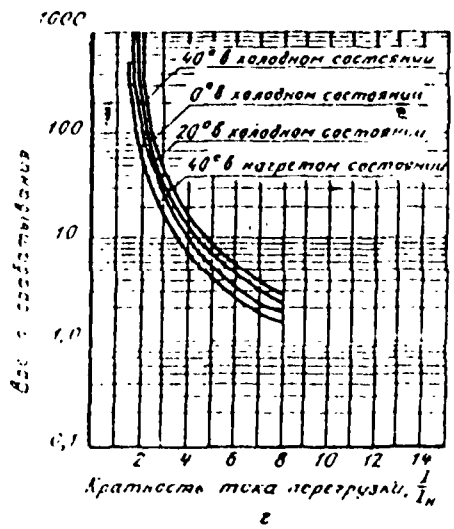
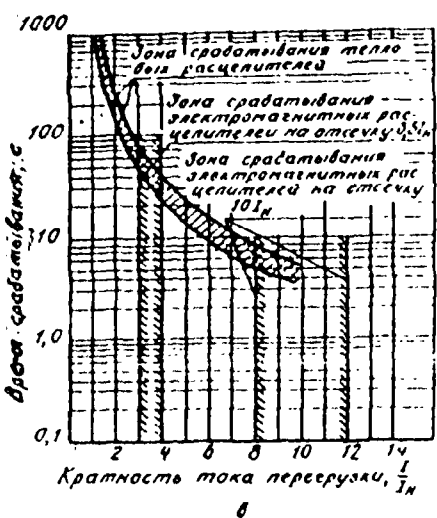
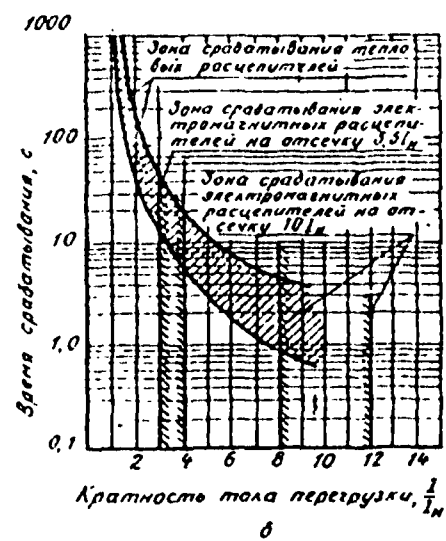
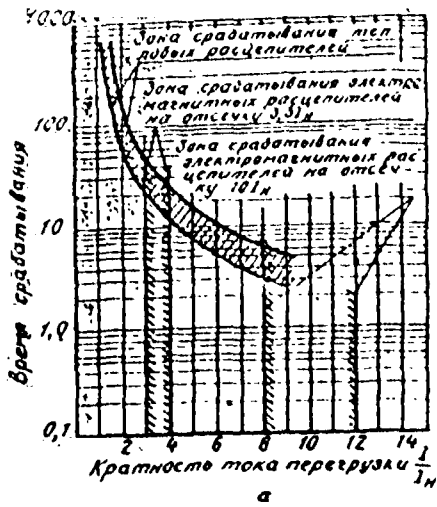


Рис.1. Времятоковые характеристики выключателей АП501:
 а - выключатели с тепловыми и электромагнитными максимальными расцепителями на токи 6...6,3 А; б - выключатели с тепловыми и электромагнитными максимальными расцепителями на токи 10...50 А; в - выключатели с тепловыми и электромагнитными расцепителями на ток 3 А; г - выключатели с тепловыми максимальными расцепителями тока на 10 А при различных температурах

**9. Технические параметры плавких предохранителей
(ТУ16-522.091-72)**

Параметры предохранителей ПР-2

Номинальный ток, А	Номинальные токи плавких вставок, А	Предельная отключающая способность, кА
15	5; 10; 15	0,8 кА для 6; 8
60	15; 20; 25	1,8
	35; 45; 60	4,5
100	60; 80	6
	100	10
200	100; 125; 160	6
	200	11

**Параметры предохранителей ПН-2
(ТУ16-522.113-75)**

Тип	Номинальный ток патрона предохра- нителя, А	Номинальный ток плавкой вставки, А	Предельная отклю- чающая способность, кА
ПН2-100	100	30;40;50;60;80;100	100
ПН2-250	250	80; 100; 120; 150;200;250	100
ПН2-400	400	200; 250; 300; 350; 400	40
ПН2-600	600	300; 400; 500; 600	25

10. Реле тока электромагнитное типа РЭ13 (из отраслевого каталога "Электротехника" 07.21.02-91)

Тип реле	Назначение реле	Род тока входной цепи	Номинальный ток, А	Диапазон установки тока срабатывания в % от номинального тока
РЭ13-2	Максимальное реле тока	Переменный	0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 320; 400; 630;	70.....200

Завод-изготовитель : ПО "Чебоксарский электроаппаратный завод."