



高等学校教学用书

矿山电工习题集

苏联 斯·尔·馬伊明等著

煤炭工业出版社

● ● ● ● ● ● ● ● ● ●

矿山电工习题集

（上册） 第一版·第一版·第一版·第一版

机械工业出版社



高等学校教学用书

矿山电工习题集

苏联 斯·尔·馬伊明 普·夫·希石柯夫

北京矿业学院編譯室譯

苏联高等教育部批准作为矿业学院教材

煤炭工业出版社

內 容 提 要

本習題集是按照苏联矿业学院“矿山机电”專業“矿山地上变电所和电網”、“电力傳动和自动裝置原理”和“矿山开采电气化”等学科的数学大綱編写的、可用作矿业学院的教材，也可供現場工程技术人员在实驗工作中参考。

本書是北京矿业学院張鳳書同志翻譯的。

СБОРНИК ЗАДАЧ И УПРАЖНЕНИЙ ПО ГОРНОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИКЕ

苏联 С. Р. МАЙМИН П. Ф. ШИШКОВ 著

根据苏联国立煤矿技术書籍出版社 УГЛЕТЕХИЗДАТ
1955年列宁格勒第1版譯

521

矿山电工習題集
北京矿业学院編譯室譯

煤炭工業出版社出版(地址：北京東長安街煤炭工業部)

北京市書刊出版登記證出字第084号

北京市印刷一厂排印 新华書店發行

开本78.7×109.2公分 $\frac{1}{32}$ * 印張9 $\frac{1}{4}$ * 字数190,000

1957年4月北京第1版

1957年4月北京第1次印刷

統一書号：15035·308 印数：0,001—3,050册 定价：(10)1.40元

序 言

矿业学院矿山机电、矿山机械制造和矿山开采(部分的)各专业的学生,对所讲授的“矿山地上变电所和电网”、“电力传动和自动装置原理”和“矿山开采电气化”等学科的丰富理论计算资料,只有在能够独立地解答问题和计算习题时,才能很好地掌握。

所以,解答问题是有很实际意义的,因为它可以帮助学生们掌握理论法则和计算公式。

本书每一章的开始都有主要计算公式和解题所必需的参考资料,以及解答的例题。其他问题只是给了答案。

编写本习题集时,著者尽力使问题的内容与实际生产条件结合起来,以便全面的、深入的研究每一学科的资料,同时也考虑到了教学计划所规定的小时数。

本矿山电工习题集是首次出版,所以难免有缺点存在。

对所有关于本习题集内容的意见,著者都十分欢迎。

编写“采区电网的计算”一章时,科学技术副博士阿·伊·库里严参加了编写工作。

目 录

序 言

第一編 矿井地上变电所和电网

第一章	短路电流的计算	3
第二章	保护接地的计算	27
第三章	按发热条件选择导线断面和电缆断面	32
第四章	按电压损失求导线断面	41
第五章	电网和变压器中的电能损失。经济的电流密度	66

第二編 矿山电力传动和自动装置

第一章	电力传动动力学要素	75
第二章	电动机机械特性。起动、制动和调整各电阻的计算	96
第三章	电力传动的负载曲线和过渡过程	135
第四章	电机的发热。电动机容量的选择	170
第五章	电动机的自动控制	190

第三編 矿山开采的电气化

第一章	矿山电气照明	202
第二章	1000伏以下设备中的短路电流计算	215
第三章	采区电网的计算	222
第四章	功率因数和相位补偿	251

第一編 矿井地上变电所和电网

第一章 短路电流的计算

计算公式和数据表

1. 以相对单位计电气回路各元件的电抗

同步电机用以下次瞬间电抗 X''_{*d} 的平均值。

透平发电机	0.125
有阻尼绕卷的水力发电机	0.20
无阻尼绕卷的水力发电机	0.27
同步调相机	0.16
同步电动机	0.20

对电力变压器来说，感抗相对值等于以相对单位计的短路电压

$$X_{*T} = \frac{u_k\%}{100}.$$

表 1

額 定 高 电 压(千伏)		額 定 容 量 (千伏安)	$u_k\%$
降 压 变 压 器	升 压 变 压 器		
6 и 10	—	5—5 600	5.5
6	—	7 500—10 000	7.5
10.5 и 15.75	—	7 500—15 000	7.5
35	—	20—1 800	6.5
35	38.5	3200	7.0
35	38.5	5 600—10 000	7.5
35	38.5	15 000—31 500	8.0
110	121	7 500—31 500	10.5

表 1 列入莫斯科变压器工厂制二卷綫变压器 $u_k\%$ 之值(苏联国家标准 401—41)。

对架空綫路和电綫綫路来說

$$X_{*n} = \frac{\sqrt{3} X_0 L I}{U} \quad (1)$$

或者
$$X_{*n} = \frac{X_0 L S}{U^2}, \quad (2)$$

式中 X_0 ——1 公里綫路的感抗(欧/公里);

L ——綫路長度(公里);

I ——电流(安);

U ——电压[伏(公式 1 用)或千伏(公式 2 用)];

S ——視在功率(兆伏安)。

电压为 3—6 千伏的架空綫路可以取 $X_0=0.38$ 欧/公里;
35 千伏的可以取 $X_0=0.4$ 欧/公里; 110 千伏的可以取 $X_0=0.42$ 欧/公里; 电压为 6—10 千伏的电綫綫路可以取 $X_0=0.08$ 欧/公里; 35 千伏的可以取 $X_0=0.12$ 欧/公里。

对电抗器来說感抗列于型录中(以%計)

$$X_{*p} = \frac{X_p \%}{100}.$$

2. 归算到基准功率和基准电压

如果已知电抗为欧姆, 則按以下公式把它归算到基准功率和基准电压

$$X_{*6} = X \frac{S_6}{U_H^2}. \quad (3)$$

如果已知电抗以相对單位計,

$$X_{*6} = X_* \frac{S_6}{S_H}, \quad (4)$$

式中 U_H ——平均額定电压(千伏);

S_6 ——基準功率(兆伏安)。

串联电抗应相加, 而并联电抗則为电納相加。

利用計算曲綫时, 等值圖的电抗应归算到数个电源的总和
額定功率 $S_{\Sigma H_0}$

对三相短路來說, 計算电抗

$$X_{* \text{ pac}}^{(3)} = X_{* \Sigma 6} \frac{S_{\Sigma H}}{S_6}. \quad (5)$$

如果 $X_{* \text{ pac}}^{(3)} > 3$, 則無消滅过程。

3. 計算短路电流

三相短路时初期短路电流週期分量有效值

$$I'' = \frac{I_6}{X_{* \Sigma 6}}. \quad (6)$$

对距离远的基点或当电網由容量無限大的电源供电时的短
路計算

$$I'' = I_{\infty}, \quad (7)$$

式中 I_{∞} ——穩定短路电流。

在这种条件下, 短路功率

$$S_K = \frac{S_6}{X_{* \Sigma 6}}. \quad (8)$$

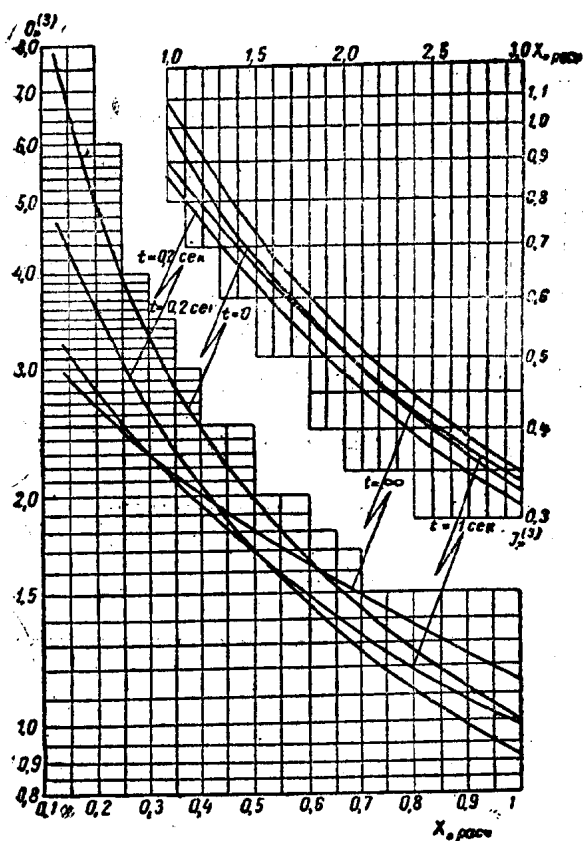
利用消滅曲綫时, 各瞬間短路电流可由以下公式求出

$$I_{Kt} = I_{*t} I_{\Sigma H}, \quad (9)$$

式中 I_{*t} ——以相对單位計短路电流的倍数, 它是根据 $X_{* \text{ pac}}$
之值和时间按曲綫求出来的。

圖 1 表示由有电压自动調整裝置的透平發电机供电时的短
路电流週期分量的計算曲綫。

短路功率



$$S_{Kt} = I_{*t} S_{\Sigma H}. \quad (10)$$

冲击短路电流

$$i_y = p \sqrt{2} I'', \quad (11)$$

式中 p ——冲击系数; 在 1.8—1.3 范围内变化。

当感抗佔优势时，可以取 $p=1.8$ 。

全短路电流(冲击电流)最大有效值

$$I_y = I'' \sqrt{1 + 2(p-1)^2} \quad (12)$$

当 $p=1.8$ 时, $I_y=1.523 I''$; $i_y=2.55 I''$ 。

以相对单位计同步电动机($X_d^* = 0.2$)端点短路电流的倍数

可取:

$t=0$ 时.....5.6	$t=1.0$ 时.....3
$t=0.1$ 时.....4.1	$t=2.0$ 时.....2.4
$t=0.2$ 时.....3.7	$t=\infty$ 时.....1.9

4. 校验在短路电流作用下的热态稳定性

导电部分的最小断面

$$S_{\text{мин}} = \frac{I_{\infty} \sqrt{t_{\phi}}}{C}, \quad (13)$$

式中 t_{ϕ} ——按曲线求得的假定时间。

圖 2 表示有电压自动调整装置之透平发电机假定时间与

$\beta = \frac{I''}{I_{\infty}}$ 的关系曲线。無消滅过程时 $t_{\phi} = t_n$,

式中 t_n ——实际时间。

对銅母綫和电纜來說, $C=165$; 对鋁母綫來說, $C=88$;

对鋼母綫來說, $C=70$ 。

5. 校验在短路电流作用下的动态稳定性

对單位长度的最大电动力

$$f = 1.76 i_y^2 \frac{1}{a} 10^{-8} \text{ 公斤/公分}, \quad (14)$$

式中 a ——导綫之間的距离(公分)(圖 3)。

弯曲力矩(电桿間隔数大于 2 时)

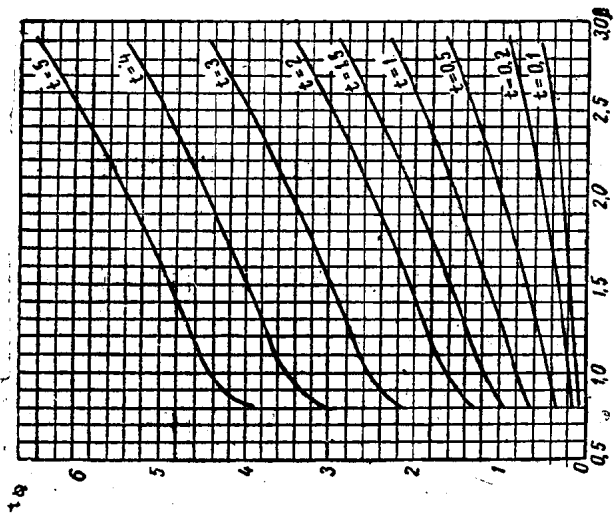


图 2

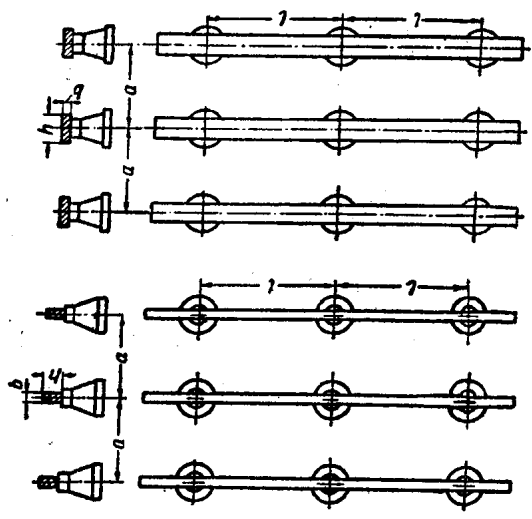


图 3

$$M = \frac{fl^2}{10} \text{ 公斤/公分}, \quad (15)$$

式中 l ——托架瓷瓶之間的距离(公分)。

作用于托架瓷瓶的力，

$$F = fl \text{ 公斤}. \quad (16)$$

托架瓷瓶的容許負載：OA 型为 225 公斤；OB 型为 450 公斤。

金屬內部产生的应力，

$$\sigma = \frac{M}{W} \text{ 公斤/公分}^2, \quad (17)$$

式中 W ——阻力矩(公分³)。

对立置母綫來說，

$$W = \frac{b^2h}{6} \text{ 公分}^3.$$

对平置母綫來說，

$$W = \frac{bh^2}{6} \text{ 公分}^3.$$

容許应力(公斤/公分²):

銅 MT	1400
鋁 AT	700
鋁 ATT	900
鋼	1600

6. 对短路电流的限制

限制已知地点短路电流 I_K 所必需的电抗器电抗 $X_p\%$ ，

$$X_p\% = 100 \left(\frac{I_6}{I_K^{(3)}} - X_{*6}^{(3)} \right) \frac{I_p}{I_6} \frac{U_H}{U_p}, \quad (18)$$

式中 $X_{*6}^{(3)}$ ——联接电抗器前网络的基准相对电抗;

U_H ——平均额定电压;

U_p 和 I_p ——电抗器的额定电压和额定电流。

电抗器的残余电压

$$U_{ocr}\% = X_p\% \frac{I_K}{I_D}. \quad (19)$$

限制地下变电所短路电流的电抗器，可以不检验其残余电压。

表 2 列入 6 千伏水泥电抗器的主要型式。

表 2

PB6-150-3	PB6-200-3	PB6-300-3	PB6-400-3
PB6-150-4	PB6-200-4	PB6-300-4	PB6-400-4
PB6-150-5	PB6-200-5	PB6-300-5	PB6-400-5
PB6-150-6	PB6-200-6	PB6-300-6	PB6-400-6
PB6-150-8	PB6-200-8	PB6-300-8	PB6-400-8
PB6-150-10	PB6-200-10	PB6-300-10	PB6-400-10

注: PB—水泥电抗器, 第一数字为额定电压(千伏), 第二数字为电流(安), 第三数字为感抗(%). 此外, 水泥电抗器还制成电流为 500, 600, 750, 1000 和 1500 安的。

7. 校验器械对短路电流之作用的稳定性

热态稳定性

$$I_{kat} \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{\phi}}{t_{kat}}}, \quad (20)$$

式中 I_{∞} ——稳定短路电流的计算值;

I_{kat} ——热态稳定性电流的型录值;

t_{ϕ} ——假定时间(秒);

t_{kat} ——型录时间(一般是 5 秒或 10 秒)。

动态稳定性

$$i_y \leq i_{\text{maxc}} \quad (21)$$

式中 i_{maxc} ——已知器械电流最大值(按型录)。

表3列入应用最广之6千伏开关的主要数据。

表 3

型 式	工作电压 (千伏)	额定电流 (安)	最大容許短路 电流 (千安)		热态稳定性电 流 (千安)		6千伏时 极限速断 容量 (兆伏安)	6千伏时 速断电流 (千安)
			有效 值	振 幅 值	五秒 鐘的	十秒 鐘的		
BM3-6	3—6	200	10	16.8	8.5	6.0	15	1.4
BMB-10	6—10	200, 400, 600	15	25	10	6	100	9.7
BM-16	6	600	30	50	19	13.5	100	9.7
BMT-133	6—10	600	30	52	20	14	200	20
BT-10M	6—10	400	17	30	12	10	200	30
PM-6	6	200	14.5	25	—	6	—	—
BHT-16	6—10	400, 200						

檢驗仪表用变流器。热态稳定性系数

$$k_T \geq \frac{I_{\infty} \sqrt{t_{\phi}}}{I_H} \quad (22)$$

动态稳定性系数

$$k_n \geq \frac{i_y}{\sqrt{2} I_H} \quad (23)$$

对有瓷質絕緣的和額定电流为5—400安的一般構造之串越变流器來說, $k_n = 165-250$; $k_T = 75-180$ 。

对电流为600, 750和1000安之單綫圈的变流器來說, k_n 相应为110, 88和80, 而 k_T 对各种变流器都是80。

根据全苏标准, 电-4—40, 制造以下額定电流的变流器: 5, 7.5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 150, 200, 300,

400, 600, 750, 1000, 2000, 3000, 4000 和 5000 安的。

問題和例題

1. 求地区变电所和矿山变电所 6 千伏母綫上短路电流和短路功率。地区变电所是由容量無限大的 ($S_c = \infty$; $X_c = 0$) 系统通过电压为 115 千伏, 長 $L_1 = 20$ 公厘的 兩条綫路供电。地区变电所裝設有 110/6.3 千伏, 7.5 兆伏安变压器两个(圖 4, a)。矿山变电所由地区变电所通过長 $L_2 = 3$ 公里的 兩条綫路供电。

解:

1. 取基准功率 $S_6 = 100$ 兆伏安。基准电流

$$I_6 = \frac{S_6 10^3}{\sqrt{3} U_6} = \frac{100 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 6.3} = 9160 \text{ 安.}$$

2. 把电網各元件都归算到基准功率。

1) 115 千伏綫路; $X_{o1} = 0.42$ 欧/公里。根据公式(2)

$$X_{*n16} = X_{o1} L_1 \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 0.42 \times 20 \frac{100}{115^2} = 0.064.$$

2) 地区变电所的变压器。根据表 I $u_k = 10.5\%$; 所以,
 $X_{*T} = 0.105$;

$$X_{*T.6} = X_{*T} \frac{S_6}{S_H} = 0.105 \frac{100}{7.5} = 1.4.$$

3) 6.3 千伏綫路; $X_{o2} = 0.38$ 欧/公里;

$$X_{*n26} = 0.38 \times 3 \frac{100}{6.3^2} = 2.87.$$

3. 繪制等值圖(圖 4, 6), 并求点 K_1 以前的电抗

$$X_{*6K_1} = \frac{0.064}{2} + \frac{1.4}{2} = 0.73.$$

点 K_1 短路功率和短路电流(公式 6、7 和 8)

$$S_{K_1} = \frac{S_6}{X_{*6K_1}} = \frac{100}{0.73} = 137 \text{ 兆伏安.}$$

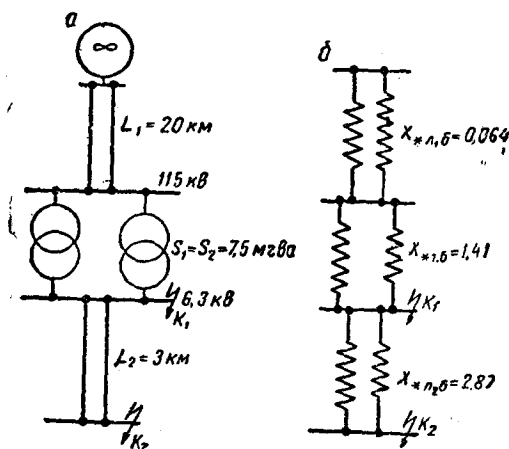


圖 4

因無消滅过程，則

$$I'' = I_{\infty} = \frac{I_6}{X_{*6K_1}} = \frac{9160}{0.73} = 12500 \text{ 安.}$$

冲击电流(公式 11)

$$i_y = p\sqrt{2} I'' = 1.8\sqrt{2} \times 12500 = 31800 \text{ 安.}$$

对点 K_2 來說

$$X_{*6K_2} = \frac{0.064}{2} + \frac{1.4}{2} + \frac{2.87}{2} = 2.17;$$

$$S_{K_2} = \frac{100}{2.17} = 46.1 \text{ 兆伏安;}$$

$$I'' = I_{\infty} = \frac{9160}{2.17} = 4220 \text{ 安;}$$

$$i_y = 1.8 \times \sqrt{2} \times 4220 = 10700 \text{ 安.}$$