

# 农 村 低压配电装置

狄 富 清

水利电力出版社



1642

**农村低压配电装置**

狄富清

\*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

\*

787×1092毫米 32开本 7.25印张 159千字

1986年10月第一版 1986年10月北京第一次印刷

印数00001—10630册 定价1.30元

书号 15143·5993

## 内 容 提 要

本书根据全国部分农村低压配电装置的实际情况，结合作者的工作实践，系统地叙述了低压电器设备的选择条件和安装要求。书中主要内容有低压电网短路电流的计算、低压电器设备的选择、电气测量和仪表、导线截面的选择、低压电器设备的安装等。这些内容都是广大农村电工迫切要求了解的。

本书是为农村电工编写的，对于工矿企业的电工和技术人员也有参考价值。

## 前 言

随着我国经济体制的改革，农村乡镇工业的用电迅速发展，安装了大量的配电变压器，对其低压配电装置的技术要求越来越高。为了满足广大农村电工安装低压配电装置的需要，作者在实地调查了部分地区农村低压配电装置的基础上，编写了这本《农村低压配电装置》。

为了准确地选择低压配电装置的设备和材料，本书系统地计算了低压短路电流，既有计算公式，又列有计算例题。根据配电变压器低压出线的不同长度，把计算的低压短路电流值列成表格，直接供读者查取。同时还介绍了闸刀开关、自动空气开关、熔断器、测量仪表，以及常用的绝缘导线、母线等低压电器设备和材料的型号规格及选择方法。

本书结合农村用电的特点，详细地介绍了单相和三相有功及无功电度表的原理接线、电能计量方式，重点介绍了农村低压配电装置的具体制作安装尺寸和技术工艺要求，为农村电工安装低压配电装置提供了可靠的技术数据。

在本书编写过程中，曾得到江苏省溧阳县供电局、河南省通许县电业管理局、开封开关厂、北京第二开关厂等单位的大力支持和帮助；本书初稿曾请唐师论、赵玉等同志进行过审阅、修改和补充。对以上单位及有关同志的支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

由于水平所限，书中的缺点和错误在所难免，恳请读者批评指正。

作 者

一九八五年三月

# 目 录

## 前 言

第一章 低压电网短路电流计算.....	1
第一节 低压电网短路电流计算的特点.....	1
第二节 短路回路各元件阻抗的计算.....	3
第三节 短路电流周期分量的计算.....	15
第四节 短路全电流冲击值和有效值的计算.....	20
第五节 短路电流计算举例.....	25
第二章 低压电器设备的选择.....	35
第一节 低压电器设备选择的一般原则.....	35
第二节 持续工作电流的计算.....	35
第三节 闸刀开关的选择.....	41
第四节 自动空气开关的选择.....	52
第五节 交流接触器的选择.....	62
第六节 熔断器的选择.....	68
第七节 低压触电保安器的选择.....	79
第八节 低压回路的保护配合.....	89
第三章 测量仪表的选择和安装.....	95
第一节 基本知识.....	95
第二节 电流表和电压表.....	100
第三节 电度表.....	103
第四节 功率表和功率因数表.....	125
第五节 频率表和整步表.....	128
第四章 导线截面的选择.....	131
第一节 绝缘导线及电缆的选择.....	131

---

第二节	母线的选择 .....	145
第三节	农用塑料埋线的选择 .....	151
<b>第五章</b>	<b>低压配电设备的安装 .....</b>	<b>155</b>
第一节	低压配电房的一般要求 .....	155
第二节	低压配电接线方式的选择 .....	159
第三节	低压配电盘结构形式的选择 .....	175
第四节	配电盘的制作 .....	181
第五节	低压电器设备的安装 .....	196
第六节	一次线的安装 .....	200
第七节	配电盘的二次线的安装 .....	209
第八节	防雷和接地 .....	220
第九节	配电装置的运行管理 .....	222

---

# 第一章 低压电网短路电流计算

## 第一节 低压电网短路电流计算的特点

对于低压电网，为了保证安全经济运行，在选择低压电器设备时，必须进行短路电流的计算。

低压电网一旦发生三相、两相或单相直接短路以后，电网运行就由正常工作状态过渡到短路状态，其短路电流曲线如图1-1所示。短路过程分为暂态过程和稳态过程，暂态短路电流  $i_d$  可分解为周期分量  $i_{sf}$  和非周期分量  $i_{fn}$ 。周期分量的幅值是不变的，它等于稳态短路电流  $i_\infty$  的幅值，非周期分量

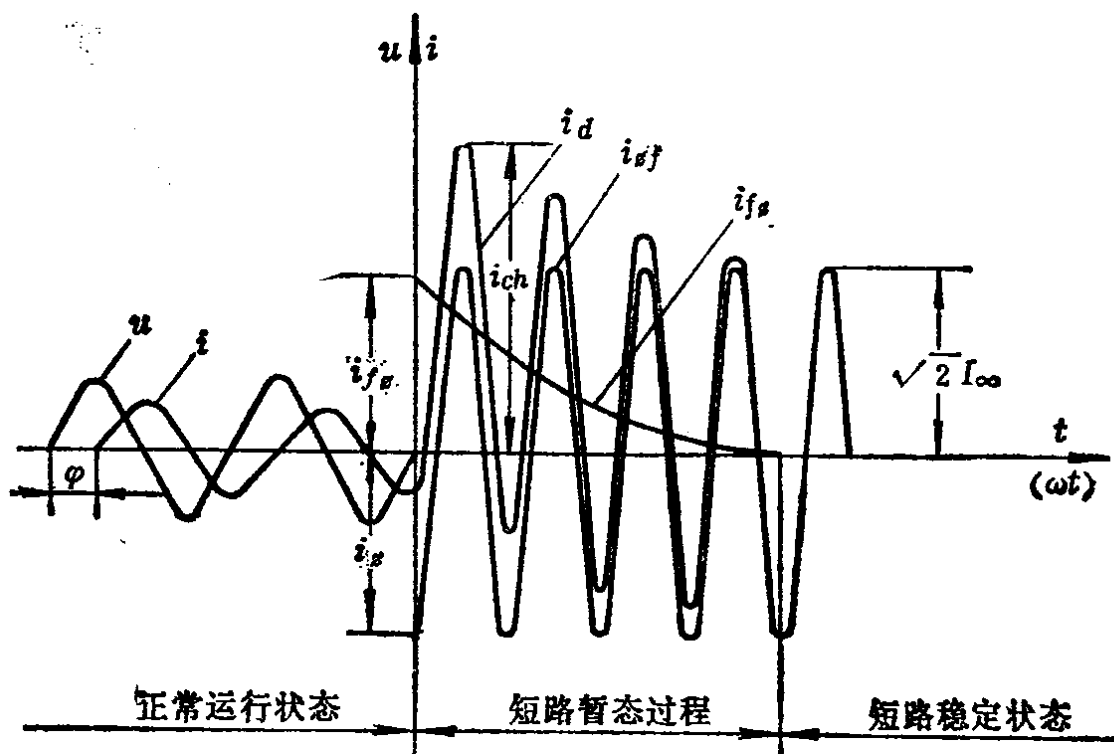


图 1-1 低压电网三相短路电流曲线

是不断衰减的。短路发生后，大约经过0.01s(秒)，出现短路电流的最大瞬时值(电流峰值)，我们称它为冲击电流 $i_{ch}$ ，其值可达稳态短路电流的1.4倍左右。例如，变压器如果短路电压为5%，高压侧为额定电压，低压侧短路，则稳态短路电流可达额定电流的20倍，其冲击电流就可达到额定电流28倍左右，将严重损坏电器设备。

短路电流与配电网的电抗 $X$ 和电阻 $R$ 的比值，即衰减系数 $X/R$ 有关，因此，短路冲击电流的大小是由低压电网的衰减系数决定的。

农村配电变压器一般都是由地区降压变电所供电，在计算低压短路电流时，应注意以下几个特点：

(1) 在配电变压器的低压侧发生短路时，允许认为降压变压器的高压侧端电压不变，低压侧短路电流不衰减。

(2) 计算低压电网三相短路电流，一般是为了选择电器设备及其载流部分，因此，必须计算三相短路电流的最大可能值。

(3) 计算低压电网短路电流，一般不允许忽略回路中电器设备的电阻值，如配电变压器的电阻，低压线路的电阻，不太长的母线和电缆、电流互感器的一次线圈、自动空气开关的过电流线圈及自动空气开关和隔离开关触头的接触电阻等，因为它们对低压短路电流都有影响。

(4) 每一电压级不能用它的实际电压值，而用额定电压，如0.4、0.23kV。

(5) 计算时可采用标么值(相对值)进行计算，也可用有名制计算，即电压用V(伏)、电流用A(安)、电阻用 $\Omega$ (欧)表示。



## 第二节 短路回路各元件阻抗的计算

在进行低压短路电流计算时，首先应对短路回路中变压器、导线、开关等低压电气设备的阻抗进行计算。

### 1. 变压器的阻抗计算

变压器的短路损耗的计算公式为

$$\Delta P_d = 3I_{nb}^2 R_b$$

所以，变压器的每相电阻为

$$R_b = \frac{\Delta P_d}{3I_{nb}^2}$$

变压器的相对额定电阻为

$$R_b \% = R_b \frac{S_{nb}}{U_{nb}^2} = \frac{\Delta P_d}{3I_{nb}^2} \times \frac{S_{nb}}{U_{nb}^2} = \frac{\Delta P_d}{S_{nb}} \times 100\% \quad (1-1)$$

由(1-1)式求得变压器的每相电阻值为

$$R_b = \frac{R_b \% U_{nb}^2}{S_{nb}} \times 10^6 = \frac{\Delta P_d U_{nb}^2}{S_{nb}^2} \times 10^6 (\text{m}\Omega) \quad (1-2)$$

式中  $R_b$ ——变压器每相电阻 (mΩ)；  
 $\Delta P_d$ ——变压器的短路损耗 (kW)；  
 $I_{nb}$ ——变压器的二次侧额定电流 (A)；  
 $S_{nb}$ ——变压器的额定容量 (kVA)；  
 $U_{nb}$ ——变压器的二次侧额定电压 (kV)。

变压器的相对电抗为：

$$X_b \% = \sqrt{(U_d \%)^2 - (R_b \%)^2} \quad (1-3)$$

同样可得变压器的电抗为

$$X_b = \frac{x_b \% U_{nb}^2}{100 \times S_{nb}} \times 10^6 (\text{m}\Omega) \quad (1-4)$$

式中  $X_b$ ——变压器的每相电抗值 (mΩ)。

变压器的阻抗为:

$$Z_b = \sqrt{R_b^2 + X_b^2} \quad (1-5)$$

变压器的正序和负序电阻、电抗为:

$$R_{b1} = R_{b2} = R_b \quad (1-6)$$

$$X_{b1} = X_{b2} = X_b \quad (1-7)$$

变压器的零序电阻、电抗,与变压器的接线方式有关。配电变压器一般采用Y/Y<sub>0</sub>接线,此时低压侧短路,零序电流可以在低压侧通过,但零序磁通必须经绝缘介质和油箱构成回路,磁阻很大,零序励磁电流也很大,此时,可近似计算为:

$$R_{b0} \approx 0.5R_{b1} \quad (1-8)$$

$$X_{b0} \approx 0.3 \frac{U_\phi}{I_\phi} \quad (1-9)$$

式中  $U_\phi$ ——额定相电压(V);

$I_\phi$ ——额定相电流(A)。

变压器的时间常数为:

$$T_f = \frac{X_b}{314R_b} \quad (1-10)$$

**【例 1-1】** 已知一台SL7-50/10型配电变压器,其电压比为10/0.4kV,短路损耗 $\Delta P_d = 1150\text{W}$ ,阻抗电压 $U_d\% = 4\%$ 。试计算每相电阻及电抗值。

**解:** 每相电阻按(1-2)式计算得:

$$R_b = \frac{\Delta P_d U_{nb}^2}{S_{nb}^2} \times 10^6 = \frac{1.15 \times 0.4^2 \times 10^6}{50^2} = 73.6\text{m}\Omega$$

每相相对的电阻、电抗值按(1-1)、(1-3)式计算得:

$$R_b\% = \frac{\Delta P_d}{S_{nb}} \times 100\% = \frac{1.15}{50} \times 100\% = 2.3\%$$

$$X_b\% = \sqrt{(U_d\%)^2 - (R_b\%)^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{(4\%)^2 - (2.3\%)^2} \\
 &= \sqrt{10.71\%} \\
 &= 3.27\%
 \end{aligned}$$

由(1-4)式计算电抗值为:

$$X_b = \frac{X_b\% U_{nb}^2 \times 10^6}{100 \times S_{nb}} = \frac{3.27 \times 0.4^2 \times 10^6}{100 \times 50} = 104.6 \text{m}\Omega$$

由(1-6)、(1-7)式计算变压器的正序和负序电阻、电抗值为:

$$R_{b1} = R_{b2} = R_b = 73.6 \text{m}\Omega$$

$$X_{b1} = X_{b2} = X_b = 104.6 \text{m}\Omega$$

变压器的零序电阻由(1-8)式算得:

$$R_{b0} = 0.5R_{b1} = 0.5 \times 73.6 = 36.8 \text{m}\Omega$$

变压器的零序电抗由(1-9)式算得(其中相电流查表1-1得 $I_\phi = 72.25$ ):

$$X_{b0} = 0.3 \frac{U_\phi}{I_\phi} = 0.3 \times \frac{220}{72.25} = 0.912 \Omega = 912 \text{m}\Omega$$

变压器的时间常数由(1-10)式算得:

$$T_f = \frac{X_b}{314R_b} = \frac{104.6}{314 \times 73.6} = 0.0045 \text{s}$$

将SL7、S JL、S JL1系列常用变压器的技术性能数据,经计算后列于表1-1中。

## 2. 导线电阻和电抗的计算

### (1) 电阻的计算

对于农村低压配电装置的进出线,一般应采用铝芯塑料绝缘埋地线及500V单芯橡皮绝缘电线,其每米电阻值分别列于表1-2、表1-3。

对于农村一些重要工业用户,采用三芯铝线或铜芯纸绝

三相10/0.4kV配电变压器技术数据

表 1-1

额定容量 (kVA)	额定电压 (kV)		额定电流 (A)		损耗 (W)		阻抗电压 (%)			线圈阻抗 (mΩ/相)				时间常数 (s)
	一次	二次	一次	二次	空载	短路	U <sub>d</sub>	U <sub>R</sub>	U <sub>x</sub>	电阻		电抗		
										正序	零序	正序	零序	
50	10	0.4	2.89	72.25	190	1150	4	2.3	3.27	73.60	36.8	104.6	91.2	0.0045
80	10	0.4	4.62	115.60	270	1165	4	2.1	3.4	41.25	20.63	68	570.9	0.0052
100	10	0.4	5.78	144.5	320	2000	4	2.0	3.46	32.00	16.00	55.36	456.7	0.0055
125	10	0.4	7.23	180.6	370	2450	4	1.96	3.49	25.00	12.50	44.67	365.4	0.0056
160	10	0.4	9.23	231.2	460	2850	4	1.78	3.58	17.81	8.91	35.8	285.5	0.0064
200	10	0.4	11.56	289.0	540	3400	4	1.7	3.62	13.60	6.80	28.96	228.4	0.0067
250	10	0.4	14.45	361.2	640	4000	4	1.6	3.67	10.24	5.12	23.49	182.7	0.0073
315	10	0.4	18.20	455.2	760	4800	4	1.5	3.71	7.74	3.87	18.84	144.9	0.0077
SL7 系列														
20	10	0.4	1.16	29	200	600	4.5	3.0	3.35	240	120	308	2280	0.0041
30	10	0.4	1.73	43.3	270	840	4.5	2.8	3.5	149	74.4	188	1520	0.0040
SJL 系列														

50	10	0.4	2.89	72.3	390	1300	4.5	2.6	3.7	83.2	41.6	117.4	912	0.0044
100	10	0.4	5.78	144	650	2250	4.5	2.25	3.9	36	18	62.2	456	0.0055
180	10	0.4	10.4	260	950	3600	4.5	2.0	4.0	17.8	9	35.8	254	0.0064

SJI.1 系 列

20	10	0.4	1.16	28.8	119	596	4	2.98	2.67	238.4	119.2	213.6	2292	0.0029
30	10	0.4	1.74	43.2	156	832	4	2.78	2.88	147.9	73.95	153	1528	0.0033
40	10	0.4	2.32	57.6	180	972	4	2.43	3.18	97.2	48.6	127.2	1146	0.0042
50	10	0.4	2.90	72.0	220	1128	4	2.26	3.30	72.1	36.1	105.6	917	0.0047
63	10	0.4	3.65	90.7	255	1390	4	2.21	3.33	56.0	28	84.6	728	0.0048
80	10	0.4	4.64	115.2	305	1730	4	2.16	3.37	43.2	21.6	67.4	573	0.0050
100	10	0.4	5.80	144	349	2060	4	2.06	3.43	32.96	16.5	54.9	458	0.0053
125	10	0.4	7.25	180	419	2430	4	1.94	3.50	24.80	12.4	44.8	367	0.0058
160	10	0.4	9.28	230.4	494	2855	4	1.78	3.58	17.80	8.9	35.8	286	0.0064
200	10	0.4	11.60	288	577	3660	4	1.83	3.56	14.60	7.3	28.5	229	0.0070

表 1-2 农用地下直埋铝芯塑料绝缘电线的电阻 $r_0$

截面(mm <sup>2</sup> )	2.5	4	6	10	(10)	16	25	35	50
电阻(mΩ/m)	12.3	7.59	5.13	3.05	(3.04)	1.87	1.20	0.864	0.594

注 电阻温度为90°C。

表 1-3 橡皮绝缘电线直流电阻 $r_0$

截 面 (mm <sup>2</sup> )	线 芯 直 流 电 阻 (mΩ/m)						BXR型
	BXF型、BLXF型		BX型		BLX型		
	铜	铝	铜		铝		
			1 芯	2~4芯	1 芯	2~4芯	
6	3.11	4.94	3.11	3.17	4.94	5.04	2.92
10	1.83	2.97	1.83	1.87	2.97	3.03	1.73
16	1.12	1.86	1.12	1.14	1.86	1.90	1.14
25	0.722	1.17	0.722	0.736	1.17	1.19	0.695
35	0.519	0.84	0.519	0.529	0.840	0.857	0.512
50	0.357	0.578	0.357	0.364	0.578	0.590	0.372
70	0.261	0.422	0.261	0.266	0.422	0.430	0.262
95	0.191	0.310	0.191	0.159	0.310	0.316	0.191
120	0.172	0.289	0.153	—	0.248	0.253	0.153
150	0.137	0.231	0.122	—	0.198	—	0.125
185	0.111	0.188	0.0982	—	0.159	—	0.098
240	—	—	0.0742	—	0.120	—	0.074
300	—	—	0.0595	—	0.0964	—	0.062
400	—	—	0.0458	—	0.0742	—	0.045

缘电缆作为配电引线，其每米阻抗列于表1-4、表1-5和表1-6中。

对于一定长度的电线电缆的电阻可用(1-11)式计算，即

$$R = r_0 l \quad (1-11)$$

表 1-4 1000V三芯铝芯纸绝缘电缆的阻抗 (mΩ/m)

阻 抗	芯线截面 (mm <sup>2</sup> )													
	3×2.5	3×4	3×6	3×10	3×16	3×25	3×35	3×50	3×70	3×95	3×120	3×150	3×185	
电 阻	正序及负序	15.4	9.6	6.4	3.84	2.39	1.54	1.10	0.768	0.548	0.404	0.319	0.256	0.208
	零序	36.7	28.7	23.5	18.6	4.27	3.4	2.9	2.53	2.24	2.0	1.86	1.76	1.6
电 抗	正序及负序	0.098	0.092	0.087	0.082	0.078	0.067	0.064	0.062	0.060	0.058	0.058	0.057	0.057
	零序	0.160	0.148	0.139	0.128	0.946	0.896	0.835	0.791	0.722	0.639	0.594	0.530	0.47

表 1-5 1000V三芯钢芯纸绝缘电缆的阻抗 (mΩ/m)

阻 抗	芯线截面 (mm <sup>2</sup> )												
	3×2.5	3×4	3×6	3×10	3×16	3×25	3×35	3×50	3×70	3×95	3×120	3×150	
电 阻	正序及负序	9.05	5.65	3.77	2.26	1.41	0.905	0.647	0.452	0.323	0.238	0.188	0.151
	零序	30.0	24.7	20.9	17.2	3.29	2.76	2.45	2.21	2.01	1.83	1.73	1.61
电 抗	正序及负序	0.098	0.092	0.087	0.082	0.078	0.067	0.064	0.062	0.060	0.058	0.058	0.057
	零序	0.160	0.148	0.139	0.128	0.946	0.896	0.835	0.791	0.722	0.639	0.594	0.530

表 1-6 1000V四芯铝芯纸绝缘电缆的阻抗 (mΩ/m)

阻 抗		芯线截面 (mm <sup>2</sup> )	3×10+	3×16+	3×25+	3×15+	3×50+
			1×6	1×10	1×16	1×16	1×25
电 阻	正序及负序		3.84	2.39	1.54	1.10	0.768
	零 序		10.04	6.71	4.50	3.95	2.72
电 抗	正序及负序		0.088	0.084	0.074	0.070	0.068
	零 序		0.184	0.200	0.177	0.174	0.170

阻 抗		芯线截面 (mm <sup>2</sup> )	3×70+	3×95+	3×120+	3×150+	3×185+
			1×35	1×47.5	1×50	1×70	1×70
电 阻	正序及负序		0.548	0.404	0.319	0.256	0.208
	零 序		1.98	1.51	1.33	1.017	0.880
电 抗	正序及负序		0.066	0.064	0.064	0.063	0.063
	零 序		0.167	0.184	0.179	0.187	0.180

式中  $r_0$  ——导线或电缆的每公里电阻 (Ω)；

$l$  ——计算电线或电缆长度 (km)。

### (2) 电抗的计算

对于低压配电装置的进出线及电动机电源引线的单位长度电抗可由 (1-12) 式计算, 即

$$x_0 = 0.1445 \lg \frac{D_f}{r} + 0.0157 \quad (1-12)$$

式中  $x_0$  ——导线的单位长度电抗 (Ω)；

$$D_f = \sqrt[3]{D_{12} \times D_{13} \times D_{23}};$$



其中

$D_j$ ——几何均距 (cm)；

$D_{12}$ 、 $D_{13}$ 、 $D_{23}$ ——分别为AB相、AC相、EC相的几何均距 (cm)；

$r$ ——导线半径 (cm)。

则对于一定长度导线的电抗为

$$X = x_0 l \quad (1-13)$$

对于单芯橡皮绝缘电线每米长的电抗由(1-12)式计算，列于表1-7。

表 1-7 橡皮绝缘电线电抗 (mΩ/m)

导线截面(mm <sup>2</sup> )	6	10	16	25	35	50	70
电 抗	0.400	0.330	0.310	0.297	0.290	0.280	0.260
导线截面(mm <sup>2</sup> )	95	120	150	185	240	300	400
电 抗	0.255	0.247	0.240	0.231	0.226	0.220	0.210

注 1.三相导线为平行排列，相间距离为20cm。

2.三相导线相间距离小于20cm时略去电抗。

对于400V低压架空线路的每m电阻电抗列于表1-8。

对于400V低压铜铝母线每m电阻和电抗值列于表1-9。

### 3. 开关设备的接触电阻

对于自动空气开关过电流线圈的阻抗及其触头的接触电阻、电流互感器一次线圈的阻抗，分别列于表1-10、表1-11和表1-12中。

### 4. 等值阻抗的计算

低压电网中各电器元件的电阻、电抗计算出来以后，应根据阻抗等值电路图算出其等值阻抗。农村低压电网均为放射