

电工类实用手册大系

电 工 手 册

第 三 版

《电工手册》编写组

上海科学技术出版社

电工类实用手册大系

电 工 手 册

第三版

电工手册编辑组

上海科学技术出版社出版发行

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所经销 常熟文化印刷厂印刷

开本 787×1092 1/32 印张 55.75 插页 4 字数 1,863,000

1978年4月第1版 1990年8月第2版

1994年11月第3版 1995年11月第20次印刷

印数 2,226,001-2,276,000

ISBN 7-5323-3607-7/TM·89

定价: 40.00 元

第一版前言

机械设备上驱动、控制用的电机、电器和电子器件的应用越来越广泛。为了配合广大电工使用、维修电气设备的需要，我们编写了本手册，供从事电气工作的电工同志在生产实践中和学习时参考。

本手册是在上海市徐汇区工人文化科技馆举办的业余技术交流的基础上，由吕如良、史淦森、沈汉昌、陆慧君、程君实、郭文华、夏长发、李亚斌、周国荣、安胜杨、宋彪、陈清泉、范长华、奚炳熙、张根发、王家玮、李陆根、徐荣一、杨柏林、傅成德、石伟中、黄舜年、府君辉等同志编写的。在编写过程中，从编写纲目到内容审查和征求意见，都得到北京、天津、南京、济南、沈阳、西安、青岛、杭州以及上海等地区的有关单位的大力支持，为我们提供了不少宝贵的资料。在集体审稿中，我们又请了有关工厂、研究所、学校等几十个单位的同志参加群众性审稿会议，听取了多方面的意见，进行了反复的修改。所以本手册是大协作的产物，也是集体的成果。

本手册在编辑的内容方面还只是初步的认识，对于手册中错误和不足之处，欢迎广大读者批评指正，以便在重版时修改补充。

编者 1973年

第二版前言

本书是一本供从事实践的电气工作人员使用的工具书。从1973年出版以来曾多次重印，受到广大读者欢迎。由于电气工业的迅速发展，新型电机、电器和电子器件不断涌现，同时有许多读者向我们提出了不少意见、建议和要求。为了更好地为四化服务，跟上时代步伐，我们进行了本书的修订工作。

本书共十五章，与第一版相比，几乎每一章都有不同程度的修改，更新了内容，充实了数据。其中第5章、第8章、第9章、第12章、第15章等都作较大修改，有些章节内容适当压缩。本书的修订出版使内容更实用，更便于查阅。我们希望本书将成为电气工作者的得力助手。

本书内容虽然丰富，但是仍然不可能把有关电气内容包罗无遗地收集进来；同时由于编者水平有限，缺点和错误在所难免，欢迎读者批评指正。

参加本书修订工作的有史淦森、吕如良、周国荣、宋彪、李亚斌、沈汉昌、陆慧君、程君实、郭文华、奚炳熙、黄舜年、杨柏林、范长华、徐荣一、府君辉、王家玮等。由上海交通大学史淦森教授统审。

在修订过程中曾得到章志谦、施凉奎、王大猷、袁如红、屠传德等同志的协助，在此表示感谢。

编者 1989年

第三版前言

本书曾在 1989 年作了一次较大的修改。这次第三版是在第二版修改的基础上进行的,而且修改的力度更大。其目的是使本书更符合生产的实际,更有助于电气工作者查阅、参考和使用。

本书第三版在编写风格和基本内容上仍保留前两版的特点,在内容上作了相应的修改和补充。例如有些章节内容作了删节、压缩与更新,有些章节增加了许多新设备的技术数据和实用线路,有的章节是重新编写的。本书中文字符号和图形符号(除未规定的以外)均按新的国家标准作了订正。我们相信,本书修订后肯定会受到广大读者的欢迎。

本书是一本内容丰富的工具书。跟上时代的步伐,紧紧为生产服务是我们编写本书的出发点。但是它不可能是一本“全书”。由于编者的水平有限,因此书中的不足和错误在所难免,欢迎读者批评指正。

参加第三版修订工作的有吕如良、沈汉昌、陆慧君、郭文华、黄舜年、李亚斌、王家玮等。

编者 1994 年 2 月

目 录

第1章 电工常识.....1-1

1-1 常用计算公式1-1

1-2 常用表格1-5

1-3 常用电工设备图形 符号.....1-15

1-4 常用缩略语表.....1-27

第2章 变压器.....2-1

2-1 变压器的基本知识2-1

一、变压器的基本原理与额定数据.....2-1

二、变压器的分类和结构.....2-4

三、变压器的连接组别.....2-8

四、三相变压器组别极性的测量2-14

2-2 电力变压器的技术 数据.....2-17

2-3 小型单相变压器的 设计和绕制.....2-23

一、小型单相变压器的设计 ...2-23

二、小型变压器的绕制2-39

2-4 单相和三相干式变 压器的计算.....2-48

一、计算程序2-48

二、单相干式变压器计算实例2-54

三、三相干式变压器计算实例2-58

四、绕组绕制的方法2-62

五、绕组的浸漆与烘干2-68

2-5 特殊用途变压器.....2-68

一、自耦变压器2-68

二、整流变压器2-75

三、电抗器的计算2-82

四、盐浴炉变压器2-87

五、电流互感器2-92

六、电压互感器2-96

七、磁放大器2-97

八、电磁式稳压器.....2-104

九、控制用变压器.....2-106

十、音频输送变压器.....2-125

十一、音频输出变压器.....2-130

第3章 三相异步电动机及其修理.....3-1

3-1 电机的产品型号3-1

3-2 三相异步电动机的 技术数据3-8

一、Y系列小型三相异步电动机技术数据.....3-8

二、J、JO、J2、JO2、JO3系列三相异步电动机技术数据3-26

3-3 三相异步电动机的 维护.....3-62

一、电动机起动前的准备及检查3-62

二、电动机在运行中的维护 ...3-64

3-4 三相异步电动机的 常见故障及处理方 法.....3-64

3-5 三相异步电动机的

定子绕组故障的检修.....3-68	维护.....1-1
一、绕组断路故障的检修.....3-68	一、直流电机的分类与用途.....4-1
二、绕组通地故障的检修.....3-69	二、直流电机运行时的接线图.....4-2
三、绕组短路故障的检修.....3-70	三、直流电机的起动与停车.....4-5
四、绕组接错与嵌反时的检修.....3-71	四、直流电机火花等级的鉴别.....4-6
3-6 三相异步电动机定子绕组的重绕.....3-73	五、直流电机的维护保养.....4-7
一、定子绕组的构造和种类.....3-73	六、直流电机的常见故障及处理方法.....4-8
二、定子绕组的拆除.....3-85	七、直流电机的可逆应用.....4-12
三、绕组的绕制.....3-85	4-2 直流电机电枢绕组故障的检修.....4-12
四、嵌线.....3-89	一、电枢绕组的构造及种类.....4-12
五、接线.....3-90	二、电枢绕组常见故障的检修.....4-18
六、绕组试验.....3-97	三、电枢绕组的重绕.....4-21
七、浸漆与烘干.....3-98	4-3 定子磁极绕组的检修.....4-29
3-7 三相异步电动机的拆装和试验.....3-101	一、并励绕组的重绕.....4-29
一、电动机的拆装.....3-101	二、串励绕组的重绕.....4-31
二、电动机修复后的试验.....3-103	三、换向极绕组的重绕.....4-33
3-8 三相异步电动机的空壳重绕计算.....3-104	四、直流电机接线图(图2系列).....4-35
一、电动机空壳重绕计算程序.....3-104	4-4 换向器的修理.....4-36
二、电动机空壳重绕的简易计算.....3-125	一、换向器的结构.....4-36
3-9 三相异步电动机的改极和改压.....3-128	二、换向器的故障.....4-37
一、改极计算.....3-128	三、换向器的修理.....4-38
二、改压计算.....3-131	四、换向器修复后的一般检查.....4-39
三、铝线电动机改成铜线电动机.....3-134	4-5 直流电机的拆装和试验.....4-40
第4章 直流电机.....4-1	一、直流电机的拆装.....4-40
4-1 直流电机的使用与	二、直流电机修复后试验.....4-40

4-6 直流电机改压计算.....4-43	5-3 小型发电机.....5-237
一、电枢绕组计算.....4-43	5-4 弧焊电源.....5-268
二、换向极绕组计算.....4-44	5-5 部分家用电器用电
三、并励绕组计算.....4-45	动机.....5-304
4-7 直流电机的技术数	一、电冰箱压缩机组的电动
据.....4-45	机.....5-304
一、Z2系列直流电机的技术	二、空调器用的电动机.....5-314
数据.....4-45	三、洗衣机用的电动机.....5-319
二、Z3系列直流电机的技	四、吸尘器用的电动机.....5-326
术性能数据.....4-89	五、电吹风用的电动机.....5-323
三、Z4系列直流电机的技	
术数据.....4-107	第6章 电器6-1
第5章 微电机、专用电机和	6-1 低压电器产品型号.....6-1
小型发电机5-1	6-2 常用低压电器.....6-3
5-1 微电机.....5-1	一、刀开关和转换开关.....6-3
一、微型异步电动机.....5-1	二、熔断器.....6-13
二、微型同步电动机.....5-26	三、断路器.....6-19
三、微型直流电动机.....5-35	四、控制器.....6-29
四、微型交流换向器电动机.....5-57	五、接触器.....6-33
五、自整角机.....5-72	六、起动器.....6-37
六、旋转变压器.....5-89	七、继电器.....6-45
七、伺服电动机.....5-102	八、主令电器.....6-58
八、测速发电机.....5-107	九、电阻器.....6-69
九、伺服-测速电机.....5-107	十、变阻器.....6-72
十、步进电动机.....5-109	十一、电磁铁.....6-81
5-2 专用电机.....5-111	十二、其他低压电器.....6-87
一、电钻.....5-111	6-3 电器常见故障及修
二、电扇电动机.....5-120	理.....6-92
三、QY型浅水排灌电泵.....5-155	一、触头的修理.....6-92
四、JZS2三相异步换向器	二、电磁系统的修理.....6-93
变速电动机.....5-160	三、灭弧系统的故障及修理.....6-94
五、电磁调速异步电动机	四、起动装置常见故障及修
(滑差电动机).....5-161	理.....6-99
六、力矩异步电动机.....5-180	五、常用低压电器的线圈.....6-99
七、多速异步电动机.....5-183	第7章 常用机械电气控制

线路.....7-1	制线路7-19
7-1 电气控制线路中常用环节7-1	二十、过电流继电器保护控制线路7-20
一、单向点动控制线路.....7-1	二十一、双速异步电动机的启动及自动加速控制线路7-21
二、单向启动控制线路.....7-1	二十二、三速异步电动机的启动和自动加速控制线路7-22
三、可逆启动控制线路.....7-2	二十三、夹紧装置7-22
四、可逆点动、启动的混合控制线路.....7-3	二十四、换向器变速电动机启动和速度调节控制线路7-26
五、以行程开关作自动停止的可逆启动控制线路.....7-3	7-2 常用机械控制线路.....7-26
六、自动往返的控制线路.....7-4	一、O 620-1 普通车床控制线路7-26
七、带有点动的自动往返控制线路.....7-6	二、Y315C 滚齿机控制线路7-26
八、Y- Δ 启动控制线路.....7-6	三、M 7130 卧轴矩台平面磨床控制线路7-29
九、串联电阻或电抗器启动控制线路.....7-7	四、Y7131 齿轮磨床控制线路7-30
十、自耦变压器启动控制线路.....7-8	五、Z37 摇臂钻床控制线路7-32
十一、延边三角形启动控制线路.....7-8	六、X 53T 立式铣床控制线路7-34
十二、频敏变阻器启动7-11	七、X 62 W 万能铣床控制线路7-39
十三、直流电动机启动控制线路7-12	八、T68 卧式镗床控制线路7-46
十四、异步电动机的反接制动控制线路7-12	九、B2012 A 龙门刨床7-49
十五、异步电动机的能耗制动控制线路7-15	十、QE 7120 半自动液压仿形车床7-70
十六、异步电动机的机械制动控制线路7-17	十一、15/3 吨重级交流桥式起重机控制线路7-84
十七、异步电动机的发电制动(再生制动)7-17	十二、轿厢手柄开关控制自平自开门电梯7-91
十八、直流电动机的能耗制动控制线路7-17	十三、蓄电池搬运车控制线路7-91
十九、带有热继电器的保护控	

十四、ZD1 一吨蓄电池铲车控制线路	7-93	七、功率管的热设计	8-93
十五、D6140 A 高频脉冲电蚀加工机床	7-101	八、晶体管稳压电源典型电路	8-96
第8章 电子电路及其应用	8-1	九、部分集成稳压器产品	8-101
8-1 半导体二极管和整流电路	8-1	8-5 数字电路	8-106
一、单相整流电路	8-1	一、数字电路的基本单元	8-106
二、多相整流电路	8-7	二、数字集成电路	8-111
三、常用二极管的型号和主要参数	8-7	三、双极型集成电路	8-113
四、小功率单相整流电路计算	8-16	四、MOS 集成电路	8-125
8-2 晶体管放大器和继电器	8-19	8-6 常用电子元件	8-160
一、晶体管的工作状态	8-19	一、电阻器(电位器)	8-160
二、晶体管低频放大器	8-19	二、电容器	8-166
三、晶体管差动放大电路	8-31	第9章 晶闸管及其应用	9-1
四、晶体管电子继电器	8-31	9-1 晶闸管的型号和参数	9-1
五、晶体管的选用	8-46	一、晶闸管型号	9-1
8-3 模拟集成电路	8-46	二、晶闸管参数的意义	9-2
一、模拟集成电路的基本单元电路	8-47	三、常用晶闸管技术数据	9-4
二、模拟集成电路外接电路	8-48	9-2 晶闸管主电路	9-16
三、应用电路	8-55	一、可控整流电路	9-16
四、模拟集成电路系列	8-61	二、带续流二极管的可控整流电路	9-17
8-4 直流稳压电源	8-68	三、逆变电路	9-24
一、直流稳压电源的技术指标	8-68	9-3 主回路的设计	9-27
二、直流稳压电源的分类	8-69	一、主电路设计	9-27
三、并联式直流稳压电源	8-69	二、滤波电抗器电感的估算	9-29
四、串联式直流稳压电源	8-71	三、保护电路的设计	9-32
五、开关调整型稳压电源	8-85	四、整流元件串并联及其保护的选择	9-40
六、集成稳压器	8-87	9-4 晶闸管触发电路	9-42
		一、简单的触发电路	9-42
		二、阻容移相触发电路	9-44
		三、场效应管触发电路	9-48
		四、利用电容充放电进行移	

硅的晶体管触发电路9-59	二、变压器允许运行方式10-4
五、调节推位电平进行移相 的晶体管触发电路9-60	三、变配电设备选配10-6
六、小容量晶闸管组成的大 功率脉冲触发电路9-69	10-3 开关设备和低压母 线的安装方式10-9
七、三相并联逆变器(串联 电感式)的控制电路9-73	一、隔离开关的操作、安装 和维修10-9
八、触发电路的输出环节9-80	二、负荷开关的安装、操作 和维修10-12
9-5 晶闸管应用实例9-82	三、低压母线的安装方式10-15
一、ZLK-1 型手操作电磁 调速异步电动机9-82	10-4 低压供电装置10-19
二、单相晶闸管直流电机调 速9-85	10-5 继电保护10-19
三、单相可逆调速——泡沫 塑料切片机9-87	一、继电保护的功能和基本 要求10-19
四、晶闸管直流电机调速系 统——长网造纸机分部 传动同步调速9-88	二、继电保护的基本原理10-20
五、晶闸管无触点开关9-98	三、常用继电保护的连接方 式10-24
六、4 千瓦双向晶闸管单相 交流调压器9-100	10-3 电气测量仪表的连 接10-26
七、1500 安/7 伏晶闸管电 镀电源9-103	10-7 变配电设备常用控 制电路10-32
第 10 章 变配电及低压电 路安装10-1	一、DW 10 系列手柄杠杆 传动10-32
10-1 变配电10-1	二、DW 10 系列电动合闸10-33
一、供电的选择10-1	三、DW 10 系列电磁铁合 闸10-33
二、变配电所10-1	四、电容器组的控制开关10-35
三、用电负荷等级和供电要 求10-1	10-8 低压线路10-35
四、高压供电示意图10-1	一、各种导线的连接10-36
10-2 变压器安全运行装 置10-3	二、电杆及其附件的安装10-42
一、变压器测量装置10-3	三、线路安装10-50
	10-9 根据电动机容量选 配电器与导线10-54
	第 11 章 照明11-1

11-1 照明灯具	11-1	第12章 电加热元件及设 备	12-1
一、电光源	11-1	12-1 常用电热材料的性 能、规格及电参数	12-1
二、灯具	11-3	12-2 电热元件的选用	12-18
三、灯头	11-5	一、电热元件的选用估算	12-18
四、白炽灯、灯座和照明附 件	11-6	二、电热元件选用举例	12-20
五、工厂灯具	11-11	12-3 管状电热元件	12-33
六、荧光灯灯具	11-32	12-4 电热器的特性及其 焊接方法	12-40
11-2 普通电灯的安装	11-31	一、管状电热器	12-40
一、白炽灯的安装	11-34	二、板状电热器	12-42
二、荧光灯的安装	11-36	三、电热元件的焊接方法	12-43
三、单相电度表安装	11-39	12-5 电热元件连接方式 (供电电压)的选择	12-45
11-3 管形氙灯及常用其 他灯具	11-40	12-6 应用 0Cr25Al5 电 热元件的电炉、电 热设备参数	12-48
一、自然冷却管形氙灯	11-40	12-7 热电偶	12-58
二、高压水银灯泡	11-43	一、热电偶的种类和主要特 性	12-58
三、TG 14 探照灯	11-47	二、冷端温度变化对测温准 确度的影响及校正法	12-61
四、红外线灯泡	11-47	12-8 电热炉的温度指示 和温度调节	12-64
五、照明用碘钨灯	11-48	一、XCZ 型与 XCT 型仪表	12-65
六、紫外线杀菌灯	11-49	二、DWT-702 型仪表	12-68
七、反射型高压水银荧光灯 泡	11-50	12-9 红外探测器	12-69
八、自镇流高压水银荧光灯 泡	11-51	一、红外探测器的种类	12-69
九、反射型黑光高压水银灯 泡	11-51	二、红外探测器元件技术参 数	12-75
十、普通反射型灯泡	11-52	三、红外探测器的应用实例	12-77
十一、黑光灯	11-53	12-10 远红外辐射(加热)	
11-4 普通照明灯具的修 理	11-53		
一、白炽灯的故障及其处理 方法	11-53		
二、荧光灯的故障及其处理 方法	11-54		

元件	12-85	14-2 电阻合金材料及熔	
第13章 安全用电与节约用		体材料	14-89
电	13-1	一、电阻合金材料	14-89
13-1 触电及其预防	13-1	二、熔体材料	14-99
13-2 触电的急救	13-5	14-3 电刷	14-102
13-3 保护接地和保护接		14-4 磁性材料	14-112
零	13-6	一、电工硅钢板	14-112
一、接地和接零的保护作用	13-6	二、电工纯铁	14-121
二、接地装置的安装范围	13-8	三、软磁锰锌铁氧体	14-121
三、接地装置的安装要求	13-8	四、永磁材料	14-126
13-4 防雷保护	13-12	14-5 常用绝缘材料	14-139
一、避雷针装置	13-12	一、绝缘材料的分类和性能	
二、羊角间隙避雷器	13-13	指标	14-139
三、阀型避雷器	13-13	二、常用绝缘材料的规格与	
四、防护雷电的其他措施	13-14	性能	14-139
13-5 节约用电的几种方		三、绝缘漆、绝缘油和绝缘	
法	13-15	子	14-166
一、采用移相电容器提高功		14-6 其他材料	14-177
率因数	13-15	一、润滑油	14-177
二、采用无功功率自动补偿		二、滚动轴承及其选用	14-179
控制器	13-21	第15章 常用电工仪器仪表	15-1
三、机床空载自动停车装置	13-22	15-1 测量仪表常识	15-1
四、电焊机自动开关	13-23	15-2 电流和电压的测量	15-8
五、逆变式电焊机	13-26	一、电流的测量	15-8
第14章 常用电工材料	14-1	二、电压的测量	15-9
14-1 电线与电缆	14-1	三、常用电流、电压表的型号	
一、裸电线	14-1	及规格	15-10
二、电磁线	14-23	15-3 电阻的测量	15-12
三、500 伏以下配电、动力		一、1 欧~100 千欧电阻的测	
与照明用绝缘电线	14-69	量	15-12
四、低压绝缘电缆	14-76	二、低电阻的测量	15-15
五、常用电线电缆及裸线的		三、绝缘电阻的测量	15-17
安全载流量	14-82	15-4 功率的测量	15-20

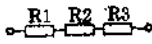
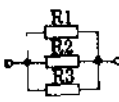
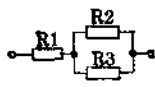
一、直流电路功率的测量	15-20
二、单相交流电路功率的 测量	15-21
三、三相交流电路功率的 测量	15-23
15-5 电能的测量	15-25
一、直流电能的测量	15-25
二、交流有功电能的测量	15-25
三、交流无功电能的测量	15-27

四、用秒表法校验单相有功 电能表	15-28
15-6 常用电工仪器仪表	15-29
一、万用电表	15-29
二、毫伏表	15-38
三、示波器	15-40
四、信号发生器	15-49
五、晶体管特性图示仪	15-52
参考书目	15-62

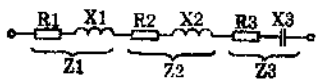
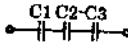
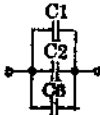
第 1 章

电 工 常 识

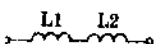
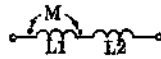
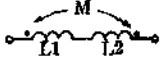
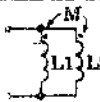
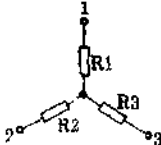
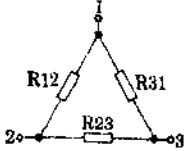
1-1 常用计算公式

项 目	公 式
直流电路中电压、 电流、电阻之间的关系 (欧姆定律)	 $I = \frac{V}{R}$
直流电路功率	$P = VI = I^2 R = \frac{V^2}{R}$
电阻与导体长度、 横截面及材料性质的 关系	$R = \rho \frac{l}{S}$
电阻与温度关系	$R_t = R_{20} [1 + \alpha(t - 20)]$
电阻串联的总值	 $R = R_1 + R_2 + R_3$
电阻并联的总值	 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$
电阻复联的总值	 $R = R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$

(续表)

项 目	公 式
电阻、电感串联的 阻抗值	 $z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ 其中 $X_L = 2\pi f L$
电阻、电容串联的 阻抗值	 $z = \sqrt{R^2 + X_C^2}, X_C = \frac{1}{2\pi f C}$
电阻、电感、电容串 联的总阻抗值	 $z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ $= \sqrt{R^2 + X^2}$ 其中 $X = X_L - X_C$
阻抗串联的总值	 $z = \sqrt{(R_1 + R_2 + R_3)^2 + (X_1 + X_2 - X_3)^2}$ $= \sqrt{R^2 + X^2}$ $R = R_1 + R_2 + R_3, X = X_1 + X_2 - X_3$ 注意: $\neq R_1 + R_2 + R_3$
电容串联的总值	 $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$
电容并联的总值	 $C = C_1 + C_2 + C_3$

(续表)

项 目	公 式
电感串联的总值	 $L = L_1 + L_2$
电感并联的总值	 $L = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}$
具有互感的电感串联的总值	 $L = L_1 + L_2 + 2M$  $L = L_1 + L_2 - 2M$
具有互感的电感并联的总值	 $L = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 - 2M}$  $L = \frac{L_1 L_2 - M^2}{L_1 + L_2 + 2M}$
电阻星形三角形连接互换	星形化为三角形  $R_{12} = R_1 + R_2 + \frac{R_1 R_2}{R_3}$ $R_{23} = R_2 + R_3 + \frac{R_2 R_3}{R_1}$ $R_{31} = R_3 + R_1 + \frac{R_3 R_1}{R_2}$ 三角形化为星形  $R_1 = \frac{R_{12} R_{31}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ $R_2 = \frac{R_{23} R_{12}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$ $R_3 = \frac{R_{31} R_{23}}{R_{12} + R_{23} + R_{31}}$