

全国火力发电工人通用培训教材



继 电 保 护

中 级 工

中国电力出版社

内 容 提 要

全书共有十六章,主要内容有:电力系统故障情况的基本分析、对称分量的序滤波器及序分量继电器、电网的零序电流保护、电网的相间距离保护、双回线路的保护、电网的纵联保护、母线保护、双绕组电力变压器保护、发电机、变压器组保护、晶体管继电保护、电力系统安全自动稳定装置及自动按频率减负荷装置、厂用电备用电源自动投入、同期系统、线路的自动重合闸、断路器的操作控制和监视回路、发电机励磁系统。此外,在每章的后面都附有复习题。

本书可供发电厂和变电站从事继电保护工作的工人和技术人员培训考核使用,也可供从事电气运行、试验、检修等工作的工人及技术人员参考。另外,也可供电力中专、中技学校的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

继电保护:中级工/山西省电力工业局编.-北京:中国电力出版社,(1998重印)

全国火力发电工人通用培训教材

ISBN 7-80125-184-9

I. 继… II. 山… III. 电力系统-继电保护-火电厂-技术培训-教材 N. TM77

中国版本图书馆CIP数据核字(96)第19553号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 邮政编码100044)

(河市水利局印刷厂印刷)

各地新华书店经售

*

1997年6月第 1 版 1998年1月北京第 2 次印刷

787毫米×1092毫米 32开本 22印张 487千字

印数 5151—9120册 定价 19.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

序

《全国火力发电工人通用培训教材》出版、发行了，这是电力职工培训工作的一件大事。

工人技术培训教材建设，是搞好培训、提高人员素质、直接为生产服务的一项重要基础工作。电力工业部领导对电力职工队伍的培训和教材建设非常重视，多次为之做过重要指示。

关于电力工人培训教材建设工作，多年来我部取得了较大的成绩，得到了劳动部的肯定。由原水利电力部组织、山西省电力工业局编写、原水利电力出版社出版的《火电生产类学徒工初级工培训教材》和《火电生产类中级工培训教材》已发行、使用 10 余年，并多次重印，基本上满足了电力行业火力发电工人培训、考核、提高技术水平的需要，有力地促进了培训工作的开展。在 1987 年全国电力普及读物评优中，这两套培训教材荣获了“普及电力科学技术知识特别奖”。

但是，随着我国电力工业技术装备的不断更新和技术水平的不断提高，对电业生产人员的素质相应地提出了更高的要求。此外，由于劳动、培训制度改革不断深化，关于工人培训教育的思想、方法和手段也发生了深刻变化。为适应这一新情况、新需要，进一步加强电力工人培训教材的建设，有必要对原编写的两套培训教材进行修订和增补。为此，决定由山西省电力工业局重新编写《全国火力发电工人通用培训教材》。这套新编的培训教材业经中电联教培部组织审定，

作为全国火力发电工人通用的培训教材，由中国电力出版社出版、发行。

《全国火力发电工人通用培训教材》具有相当的权威性。首先，这套培训教材的编写依据，是电力工业部、劳动部颁发的《中华人民共和国工人技术等级标准·电力工业·火力发电部分》和中电联教培部《关于电力工人培训教材建设的意见》，以及有关电业生产、建设的技术规程、规范。无论是在内容的取舍上，还是在深度的把握上，这套教材都是按以上国家标准和部颁规程、规范的要求来进行的。

其次，这套培训教材从总体设计上来讲，思路是清晰的，指导思想是正确的。教材的编写突破了传统的学校教科书模式，注意按照工人培训的特点和规律，安排教学内容，即强调实用性，并且“以工种立目，以岗位立篇”。与每一个专业工种对应的初、中、高三个分册在内容上是阶梯式递进的，互不重复或不简单重复。这些思路都是超前的、可行的，符合中电联教培部《关于电力工人培训教材建设工作的意见》的精神。

再有，这套培训教材的编写、出版力量都是相当强的。其作者是山西省电力系统中技术上比较权威的专家，有相当丰富的培训工作经验，基本上能够代表全国电力系统的技术力量水平。作为全国首批认定的15家优秀出版社之一的电力出版社，无论在编辑力量和水平上，还是在出版质量上，都是国内一流的。对于这套培训教材，出版社领导亲自挂帅，组织了20余人的编辑班子，精心策划，全面指导，精雕细刻，因此，其质量是高的。

《全国火力发电工人通用培训教材》的另一个特点是实用性较强。一方面，这套培训教材是从生产实际需要和工人实

际水平出发，进行设计、编写的。为了使教材更具有针对性，更加实用，我们做了大量的前期工作，对电力系统的人员结构、整体素质进行过调查和认真分析。这套培训教材不仅适用于具有初中及以上文化程度、没有经过系统专业培训的电力生产人员，而且对于现场的工程技术人员，也是有参考价值的。另一方面，这套培训教材以培养工人实际能力为重点，以提高工人操作技能为主线，教材中所提供的“知识”是为“技能”服务的，因而增强了教材的实用性，使经过培训的工人能较快运用所学的和掌握的技能，指导或改进所从事的生产实践。

此外，这套培训教材图文并茂，通俗易懂，好学好用，特别适合于工人学习。

当然，《全国火力发电工人通用培训教材》所反映的是普遍适用的主要内容。各单位在使用过程中，只要结合本单位的设备、工艺特点和人员素质的实际情况，在内容上做适当的补充和调整，便可有针对性地对本单位职工开展培训。

《全国火力发电工人通用培训教材》是《全国电力工人公用类培训教材》的延伸，两套培训教材要配合使用。这些培训教材的出版，必将对我国电力职工培训工作的有效开展和“九五”期间电力职工素质的提高，产生积极而深远的影响。

中国电力企业联合会教育培训部

1996年12月

前 言

由原水利电力部组织、山西省电力工业局编写、原水利电力出版社出版的《火电生产类学徒工初级工培训教材》和《火电生产类中级工培训教材》，发行、使用已历时 10 余年。其间，《学徒工初级工》各分册分别重印 5 至 9 次，《中级工》各分册分别重印 4 至 7 次，发行量很大，深受全国电力系统广大读者的欢迎，基本上满足了电力行业火力发电工人培训、考核、提高技术水平要求，取得了显著的社会效益。为此，这两套培训丛书在全国电力普及读物评优中，荣获了“普及电力科学技术知识特别奖”。

10 余年来，由于改革开放的不断深入发展，我国的电力工业有了很大的发展，现已普遍进入大机组、大电网、高参数、超高参数、高电压、超高电压和高度自动化的发展阶段，对电业生产人员的素质提出了更高的要求。继 1991 年 12 月原能源部颁发的《电力工人技术等级标准》之后，1995 年 9 月电力工业部、劳动部又颁发了《中华人民共和国工人技术等级标准·电力工业·火力发电部分》。因此有必要根据电力生产的新情况和电力工人技术等级标准的新要求，对上述两套培训教材进行修订并增补高级工培训教材。经山西省电力工业局和中国电力出版社通力合作，并在全国电力工人技术教育研究所的支持下，现编写、出版了这套《全国火力发电工人通用培训教材》。本套丛书的内容覆盖了火力发电 16 个专业对初、中、高级工的技术要求，每个专业分初级工、中级工、高级工三个分册出版，共计 48 个分册；每一分册中又

以各专业的不同岗位工种设“篇”，共覆盖了40余个工种。

在编写本套丛书的过程中，首先根据工人技术等级标准中对每一工种的定义、工作内容、技术等级、适用范围等的规定，紧扣标准提出的知识要求和技能要求，从火电生产实际需要出发拟出初步的编写提纲；经数月重点调查研究、广泛征求意见、认真修订后形成正式的编写提纲；之后，又历时半年余，始成初稿。初稿形成后，在局系统内进行了专家审稿和主编者的修改、统稿工作。因此，定稿后的火力发电工人培训教材，深信是紧扣新的工人技术等级标准的实用性教材。

火力发电工人培训教材，体现了工人技术培训的特点以及理论联系实际的原则，尽量反映了新技术、新设备、新工艺、新材料、新经验和新方法；教材以300 MW机组及其辅机为主，兼顾600 MW和200 MW机组及其辅机的内容，因而有相当的先进性和普遍适用性，适应于“九五”期间主要机型的技术要求。与每一专业对应的初、中、高级工三个分册，自成一个小的系列，呈阶梯式递进，内容上互不重复。每一分册的具体内容又分为核心内容和复习题两大部分。核心内容主要讲解必备知识以及与技能要求对应的一些专业知识。复习题的形式多种多样，解答习题的目的在于巩固和深化所学知识。有些习题，如操作题、读绘图题、设计试验题等，主要用以培养和巩固必备的技能。鉴于全国电力系统各基层单位、部门培训力量和师资水平并不平衡，学员水平也参差不齐，所以有必要为每一分册编写相应的《教材使用说明和习题解答》，这将在本套丛书出版后陆续推出。

本分册是《继电保护》中级工培训教材，共分十六章。其中第一、二、三、四、十、十一、十四、十五章由景敏慧编

写，第五、七、八章由王安编写，第六章由景敏慧、王安合写，第九章由许晋奎编写，第十二、十三章由景敏慧和许晋奎合写，第十六章由梁庆红编写。全书除附录外，力求使用国家新标准电气设备文字符号和图形符号。曹璘编写了本书的新旧文字符号对照表，并对全书的图形符号和文字符号做了大量的统一性工作。全书由景敏慧主编。卢志立、王永珠主审了本书，其中第一至第十五章由卢志立主审，第十六章由王永珠主审。

在中电联教培部为本套教材组织的审定会议上，本书由清河发电厂电气分厂赵旭春厂长、鞍山电业局李之魁高级工程师和辽宁发电厂电气分厂吕启伦工程师审定，并被推荐为全国火力发电工人通用培训教材。

在编写这套《全国火力发电工人通用培训教材》的过程中，得到了电力工业部领导的关怀以及中电联教培部和各有关司局的关心、支持，同时也取得了全国电力系统各有关单位和人员的关注、支持和帮助，他们为本书进行了审定，提供了咨询、技术资料以及许多宝贵的建议，在此一并表示衷心的感谢。

各单位和广大读者在使用本套教材过程中，如发现有不妥之处或需修改的意见，敬请随时函告，以便再版时修改。

山西省电力工业局 中国电力出版社

1996年11月

继电保护常用文字符号表

名 称	文 字 符 号	
	新	旧
①电压、电流、功率		
发电机电压	U_G	U_F
发电机电流	I_G	I_F
励磁机电压	U_E	U_L
励磁机电流	I_E	I_L
发电机励磁机电压	U_{GE}	U_{FL}
发电机励磁机电流	I_{GE}	I_{FL}
励磁机励磁电压	U_{EE}	U_{LL}
励磁机励磁电流	I_{EE}	I_{LL}
额定电压	U_N	
额定电流	I_N	
短路电压	U_k	U_D
短路电流	I_k	I_D
短路功率	P_k	P_D
单相短路电流	$I_k^{(1)}$	$I_D^{(1)}$
两相短路电流	$I_k^{(2)}$	$I_D^{(2)}$
三相短路电流	$I_k^{(3)}$	$I_D^{(3)}$
A、B、C 三相电动势	E_A, E_B, E_C	
A、B、C 三相一次相电流	I_A, I_B, I_C	
a、b、c 三相二次相电流	I_a, I_b, I_c	
电压正序、负序、零序分量	U_1, U_2, U_0	
电流正序、负序、零序分量	I_1, I_2, I_0	
输入电压	U_i	U_k

续表

名 称	文 字 符 号	
	新	旧
输入电流	I_i	I_k
系统电压	U_S	
线电压	U_l	
相电压	U_p	U_φ
相相电压	U_{pp}	$U_{\varphi\varphi}$
工作电压	U_{op}	U_{gx}
最大工作电流	$I_{op \cdot max}$	$I_{gx \cdot max}$
最大负荷电流	$I_{L \cdot max}$	$I_{fh \cdot max}$
最大短路电流	$I_{k \cdot max}$	$I_{D \cdot max}$
最小短路电流	$I_{k \cdot min}$	$I_{D \cdot min}$
继电器动作电压	$U_{k \cdot ret}$	$U_{J \cdot ds}$
继电器动作电流	$I_{k \cdot act}$	$I_{J \cdot ds}$
继电器返回电压	$U_{K \cdot r}$	$U_{J \cdot f}$
继电器返回电流	$I_{K \cdot r}$	$I_{J \cdot f}$
电抗变励磁电流	I_E	I_{LC}
电抗变励磁电流有功分量	$I_{E \cdot A}$	$I_{LC \cdot y}$
电抗变励磁电流无功分量	$I_{E \cdot R}$	$I_{lc \cdot w}$
变压器励磁涌流	I_E	$I_{lc \cdot y} (I_{LY})$
电动机自启动电流	I_{AS}	I_{sq}
不平衡电流	I_{ub}	I_{bp}
计算不平衡电流	$I_{ub \cdot cal}$	$I_{b \cdot j}$
实际不平衡电流	$I_{ub \cdot act}$	$I_{b \cdot s}$
变压器（发电机）接地电流	I_{ear}	I_{jd}

续表

名 称	文 字 符 号	
	新	旧
分支电流	I_{bra}	I_{te}
电弧电流	I_{ar}	I_{dh}
振荡中心电压	U_{os}	U_o
极化电压	U_{pl}	U_J
记忆电压	U_m	U_m
强行励磁电压	U_{ef}	U_{p0}
调节器给定电压	U_{wF}	U_t
调节器控制电压	U_{cl}	U_k
整流桥直流电压	U_d	U_z
整流桥直流电流	I_d	I_z
晶闸管触发脉冲电压值	U_p	
二极管反向重复峰值电压	U_{DP}	
残 压	U_{ress}	$U_{残压}$
带负荷调压变压器最大调整范围	ΔU_{adj}	ΔU_{rx}

②变压器、互感器、滤波器等、电感、电阻

变压器	T	B
电力变压器	TM	DB
控制电路电源用变压器	TC	KB
自耦变压器	TA	ZB
隔离变压器	TS	GB
饱和变压器	TS	
整流变压器	TR	ZB
脉冲变压器	TP	MB

续表

名 称	文 字 符 号	
	新	旧
厂用变压器	TA	CB
升压变压器	TU	
电抗变压器	TX	DKB
小变压器	TVS	YB
电压互感器	TV	PT
辅助电压互感器	TVA	FYH
电流互感器	TA	CT
辅助电流互感器	TAA	FLH
饱和电流互感器	TAS	BLH
小变流器	TAS	LB
差动变流器	TAD	CLH
中间变流器	TAM	ZLH
试验用调压器	TV	TR
试验用移相器	TP	PS
负序电压滤波器	ZVN	FYG
负序电流滤波器	ZAN	FLG
差动继电器短路线圈匝数	W_k	W_D
差动继电器制动线圈匝数	W_{brk}	W_{zh}
差动继电器平衡线圈匝数	W_{bal}	W_{ph}
差动继电器二次线圈匝数	$W_{sec} (W_s)$	W_s
差动继电器工作线圈匝数	W_{op}	W_g
消弧线圈	$L_{blow} (bbl)$	L_h
励磁绕组	LE	
跳闸线圈	LT	TQ
合闸线圈	LC	HQ
感应线圈	L	

续表

名 称	文 字 符 号	
	新	旧
线路陷波器	L	
电抗器	L	
阻波器	ZT	ZB
整定阻抗	Z_{set}	Z_{zd}
系统阻抗	Z_S	Z_X
短路阻抗	Z_k	Z_D
自感阻抗	Z_L	
互感阻抗	Z_M	
过渡电阻	R_t	R_g
继电器阻抗	Z_K	Z_J
连接导线阻抗	Z_C	Z_{dx}
电流互感器二次负载	ZL_2	Z_{fh}
电阻器	R	
变阻器	R	
电位器	RP	
接触电阻	R_c	R_K
热敏电阻	RT	
压敏电阻	RV	
线路阻抗角	φ_L	
最大灵敏角	$\varphi_{s \cdot max}$	φ_{lm}
负荷阻抗角	φ_{ld}	φ_{fh}

③继电器

温度继电器	KT	WJ
信号继电器	KS	XJ
气体继电器	KG	
压力继电器	KP	YJ
差动继电器	KD	CJ
热继电器	KR	RJ

续表

名 称	文 字 符 号	
	新	旧
接地继电器	KE	
闭锁继电器	KL	
信号脉冲继电器	KSP	XMJ
位置继电器	KQ	
中间继电器	KM	ZJ
保护出口中间继电器	KOM	CKJ
电压继电器	KV	YJ
电流继电器	KA	LJ
极化继电器	KP	
簧片继电器	KR	HJ
双稳态继电器	KL	
交流继电器	KA	
瞬时接触继电器	KA	
继电器	K	
接触器	KM	
起动接触器	KS	QJ
制动接触器	KB	
逆流继电器	KR	
瞬时有或无继电器	KA	
延时有或无继电器	KT	
选择继电器	KS	XBJ
瓦斯继电器	KG	WSJ
监察继电器	KMN	JCJ
负序电压继电器	KVN	FYJ
负序电流继电器	KAN	FLJ
零序电压继电器	KV ₀	YJ ₀
零序电流继电器	KA ₀	LJ ₀
接地电压继电器	KVE	YDJ
接地电流继电器	KAE	LDJ

续表

名 称	文 字 符 号	
	新	旧
电压中间继电器	KVM	YZJ
重动继电器	KMR	ZDJ
启动继电器	KST	QDJ
合闸继电器	KC	HJ
合闸接触器	KMC	HC
跳闸继电器	KT	TJ
时间继电器	KTM	SJ
跳闸固定继电器	KTS	TGDJ
A、B、C三相出口继电器	KOM _A 、KOM _B 、 KOM _C	CKJ _A 、CKJ _B 、 CKJ _C
手动合闸继电器	KHC	SHJ
手动跳闸继电器	KHT	STJ
合闸位置继电器	KCP	HWJ
跳闸位置继电器	KTP	TWJ
加速时间继电器	KAT	JSJ
防跳继电器	KTL	TBJ
压力闭锁继电器	KPL	YJJ
同期继电器	KSY	TJJ
距离继电器	KDS	JJ
频率继电器	KF	F<、F>
功率方向继电器	KPD	GJ
发信继电器	KGS	FXJ
停信继电器	KSS	TXJ

续表

名 称	文 字 符 号	
	新	旧
保护停信继电器	KSS _{pr}	TXB
位置停信继电器	KSS _{po}	TXW
总闭锁继电器	KL	BSJ
振荡闭锁继电器	KOL	BZJ

④发电机、电动机、指示器

同步发电机	GS	F
异步发电机	GA	
蓄电池	GB	
直流发电机	GD	
励磁机	GE	
主励磁机	GEM	F _z
辅励磁机	GEA	F _L
同步电动机	MS	
异步电动机	MA	
直流电机	MD	
电压表	PV	V
电流表	PA	A
电度表	PJ	Wh
(脉冲)计数器	PC	
信号灯	HL	XD
红灯	HR	HD
绿灯	HG	LD
白灯	HW	BD

续表

名 称	文 字 符 号	
	新	旧
蜂鸣器	HB	FM
电 笛	HW	DD
电 铃	HA	DL
光字牌	HP	GP

⑤开关、压板、母线

断路器	QF	DL
隔离开关	QS	G
刀开关	QK	DK
负荷开关	QL	FK
控制开关	SA	KK
选择开关	SA	XK
接触开关	SB	AK
转换开关	ST	ZK
行程开关	SP	XK
试验按钮	SE	SA
复位按钮	SR	FA
音响解除按钮	SCL	YJA
转换开关（联动开关）	SG	BK
同期开关	SSY	TDK
手动同期开关	SSYH	STK
火磁开关	QDM	MCK
换相开关	QS	HXX
避雷器	F	