日本系统保护装置技术开发现状和今后动向

福建电力试验研究所　蔡石山

（四）　提高保护继电器可靠性技术

为了提高保护继电器的可靠性，日本保护继电器除使用的元器件在制造厂进行充分的老化、筛选，降低额定值使用，而且一般不使用铝电解电容；用户方面除了迅速地把故障统计和不良对策向制造厂反馈以争取可靠性提高之外，他们采取的技术措施有：

（1）保护装置把串并联二重化结构作为标准，主干系统中主保护全部二重化，使对系统稳定影响很大的拒动几率极小。在主检出继电器之外还另外采用故障检出继电器，二者组成与条件构成跳闸回路，以改善误动作几率。

（2）为了使保护在待机状态下出现不良时能快速发现修复，一般静止型继电器都附加自动监视方式。自动监视采用二种方式，一种是根据装置正常状态的变化检出保护装置可能误动的不良情况，这称为常时监视；另一种是自动检查方式。用加入模拟量来确认保护是否正确动作，从而查出保护可能拒动的不良情况。表四列出了日本最近采用自动监视方式发现保护装置故障的实绩数据，如果同时采用常时监视和自动检查，可以发现90%的装置不良的情况。

表四　自动监视的故障发现率

		故障发现率(%)
只有常时监视		26
自动检查	动作不动作检查	63
	特性检查	92

（3）保护继电器都加装适当的浪涌吸收元件，加装屏蔽、在线滤波器，将强电和弱电线束分开以抑制影响保护可靠性的外来浪涌、噪声。他们认为外部浪涌、噪声是从PT、CT回路和电源线，通过控制电缆窜入继电器的，以及由于保护装置内部辅助继电器回路等通断引起的。近年来继电器装置进入电子化，所以他们认为要充分考虑以无线电收发报机为代表的辐射电磁场对静止型继电器的影响。国际上IEC等单位也正在继续对电波障碍的规格化进行研究。

（五）　继电器自动试验装置研制方面十分活跃

随着电力系统的扩大，保护继电器的数量与日俱增，对保护继电器可靠性要求也更为严格。日本从事保护维修工作的人员难以得到确实的保证。因此继电器自动试验装置的研制十分活跃。继电器自动试验装置分为便携式和1：N在线式两种。便携式继电器

综上所述，要减少快速继电器的动作时间，可采取以下措施：

1．将继电器本身的常闭触点并联在电阻R上。

2．采用变压器将电源电压阶跃提高，将继电器本身的常开触点串联在线圈回路，以保证突然施加50%额定电压时可靠拒动。

3．从结构上可采取将继电器线圈套在动板之处，取消或减小极靴，减小气隙等措施。触点片应做到根部弹簧刚度小，触点到动板触压接触系统一段弹簧刚度大的形式。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表五　TPR系列便携式自动试验装置概况

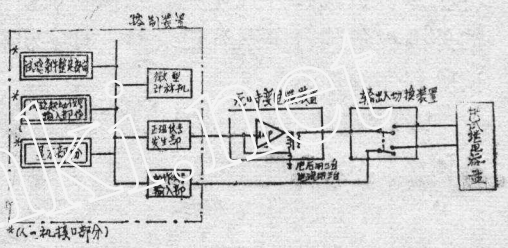
型　号	用　途	输　出　特　性	尺　寸	重量
TPR-22	单相继电器（电流、电压、功率、接地、时间及辅助变压器等。）试验	TPR-22B电压电流调整器 电源：AC100/110V　50/60C 输出：A回路（低电压大电流调整回路）0～50A可调 电流量程　50A(15V)限定30秒， 15A(15V)、5A(15V)、1.5A(40V)0.5A(40V)0.25A(40V)连续额定 B回路（高电压小电流调整回路）0～300V　0～10A可调 10A(25V),5A(25V),1A(25V) 300V(0.1A),150V(0.2A),75V(0.4A)　连续额定	500×420×270	31kg
		TPR-22P电压相位调整器 电源：三相220V　50/60C（频率指定式） 输出：电压调节范围　0～240V（最大0.5A） 相位调节范围　0～360°（360°/连续，二段）	340×360×265	25kg
TPR-3E	额定值5A的电动机保护继电器(断相、反相试验，过流试验、最小操作电流试验)	电源：三相三线200V　50/60C 输出：0～30A三档、连续调整	450×375×265	27kg
TPR-31	晶体管继电器试验 （TPR-31A为试验单元 TPR-31B为放大单元）	电源：一相200V　45～65C　消耗小于1kVA 输出电压：0～30V,0～75V,0～150V,0～300V 最大电流　8A，1A，1A，0.5A 输出电流　0～1A，0～5A，0～10A 最大电压　25V，25V，25V 或最大电压　12.5V、12.5V、12.5V 最大电流　0～1A、0～5A，0～20V 0～360°连续可调，波形失真<1%，电压电流稳定度±0.5%		
TPR-32	三相继电器试验	电源：三相　200V，50/60C　输出电压：0～3～30～75～150～300V 150/$\sqrt{3}$ V由同一操作调整三相电压的相角。		
TPR-4	分成17个单元，除频率和热继电器外各种单相和三相继电器都能正确试验和调整。	TPR-4S三相电压调节器：线一线电压0～220V可调 TPR-4P：移相器：三相无电压变化0～360° TPR-4E三相调节器：稳态电压　供给63.5V±20%可调相电压　110V±20%可调线电压　相角调节范围±150° TPR-4V三相调节器：故障电压　0～150V相电压　0～260V线电压 TPR-4D直流调节器：电压回路　0～260V/1A　电流回路　0～10A/25V最大		

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

自动试验装置种类繁多，而且由于内藏移相器体积特小（单相200VA，日本专利）对于方向继电器试验非常方便。现将日本京浜电测器株式会社生产的TPR系列产品列举于表五。中部电力公司最近研制出了用微型计算机构成的便携式继电器自动试验装置，它试验精度高，不需要校验仪表，能应用于所有保护装置。它由一个控制装置、6个无畸变电源装置（电流、电压各分成三相）、一个输入输出切换装置共8个装置构成。如图十九所示。其动作程序如下：

①用选择开关或分开关输入从试验条件整定部分来的试验条件(单纯故障、失步故障等）、故障状态（A相1ϕG、BC相2ϕG等)、故障点(主继电器整定值的d%)。

②微型计算机根据输入的试验条件自动运算加在被试继电器盘的电流、电压并在计算完毕后用灯显示。



图十九　使用微型计算机的继电器自动试验装置逻辑图

③在确认计算完了灯亮之后，按下开关起动试验，微型机把计算结果转送到正弦波信号发生部分，变换成模拟正弦信号。

④无畸变电源装置必须把从控制装置输入的模拟正弦波信号的实际输出增大，经过输入输出切换装置加到被试继电器盘。

⑤被试继电器盘响应结果输入动作信号输入部分。

⑥微型机计算从试验起动到继电器响应动作的时间，把其结果数值显示在显示器上。

日本生产的便携式继电器试验装置还有一种专用的试验器，如距离保护专用试验装置。京浜电测器株式会社生产的RY—6C，RY—6F，RY—17，RY—8D，RY—13等型号，利用等值电源、人工线路负荷和电流可以进行接地试验、接点配合试验、输出档位试验，动作时间试验及重合闸试验。其规格示于表六。

表六　距离保护专用试验装置规格

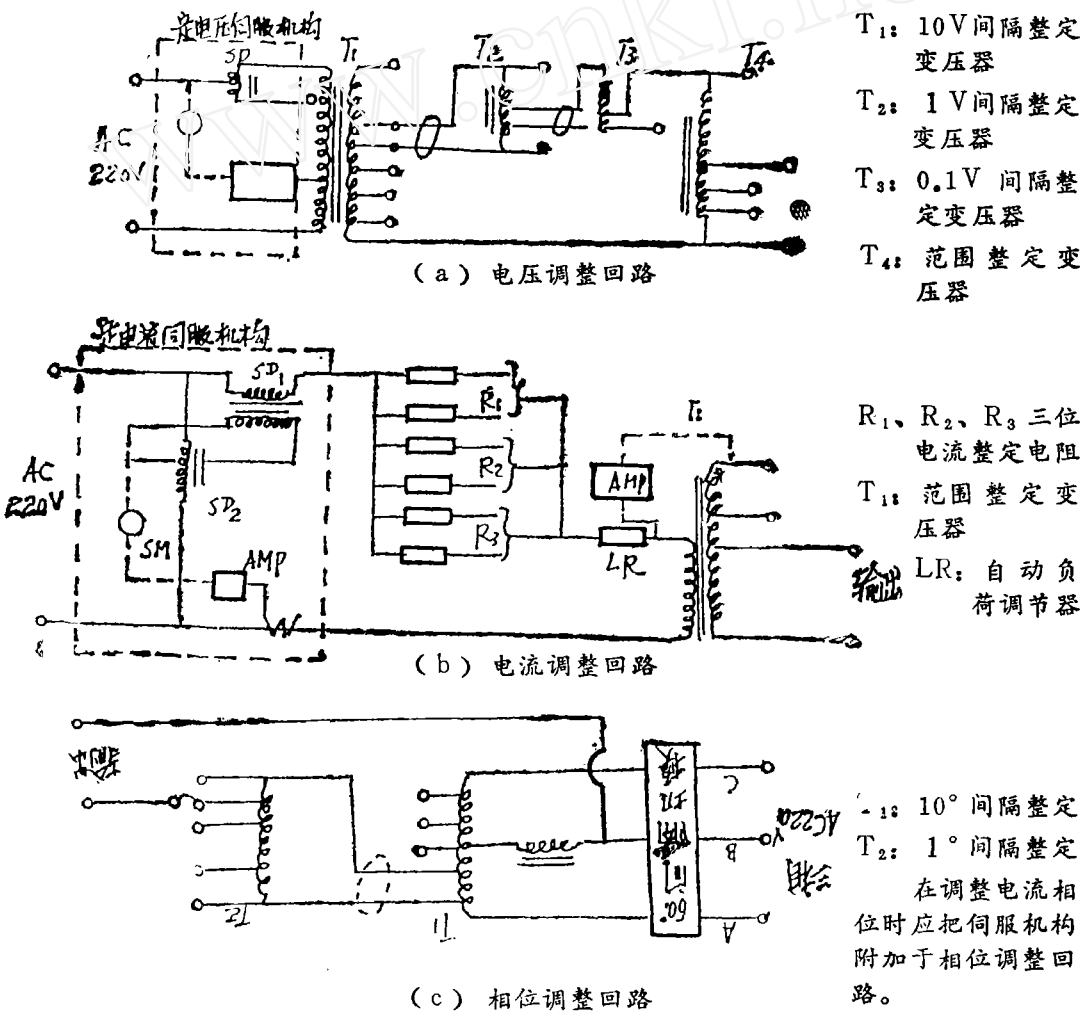
型　号	RY-6C	RY-6F	RY-17	RF-8D	RF-13
线路阻抗	0～5Ω	×1　0～5Ω ×2　0～10Ω ×4　0～20Ω ×5　0～25Ω	×1　0～5Ω ×2　0～10Ω		
阻抗角	70°	75°	60°、75°、90°		
输出阻抗	1～5Ω	1.5～5Ω	1.Ω		
输出电流	1～3A	0.1～2A	0～3A	0～20A /50VA×3	0～40A/ 200VA×3
相　位				固定超前120° 滞后120°或60°	0～360° 连续
参考电压				和电源相同	120V、110V、 100V/100VA×3
电源功率	三相三线 210V 50/60C	三相三线210V 50/60C	三相三线210V 50/60C	三相210V、 415V 50/60C	三相210v、 415v 50/60C

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

在线运行的1：N型继电器自动试验装置也有两种。一种是供继电器制造厂成品检验用的，如控制制造厂试制成功的ATR保护继电器自动试验装置；一种是供变电所继电保护自动试验检查的，如三菱电机公司制造的SART型保护继电器万能自动试验装置。

控制制造厂生产的ATR保护继电器自动试验装置，由控制电子计算机MELCOM—350—5F控制模拟输入电源，把所希望的电压、电流和相位供给被试装置，自动地测量监视输出状态、相位特性等。它不仅能对继电器进行精确试验，还能对改进阶段的样机进行试验，并且还具有扫描功能，能够连续地测定数台同时试验的继电器特性。它的外围设备装备了系统记录器、打字机和磁带读出器以便进行装置的管理、数据打字和试验程序的读入。

ATR最精心设计的是电源部分。结构及分程序图如图二十、二十一所示。表七为各调整部分的整调范围。



（a）电压调整回路

T_1：10V间隔整定变压器

T_2：1V间隔整定变压器

T_3：0.1V间隔整定变压器

T_4：范围整定变压器

（b）电流调整回路

R_1、R_2、R_3三位电流整定电阻

T_1：范围整定变压器

LR：自动负荷调节器

（c）相位调整回路

T_1：10°间隔整定

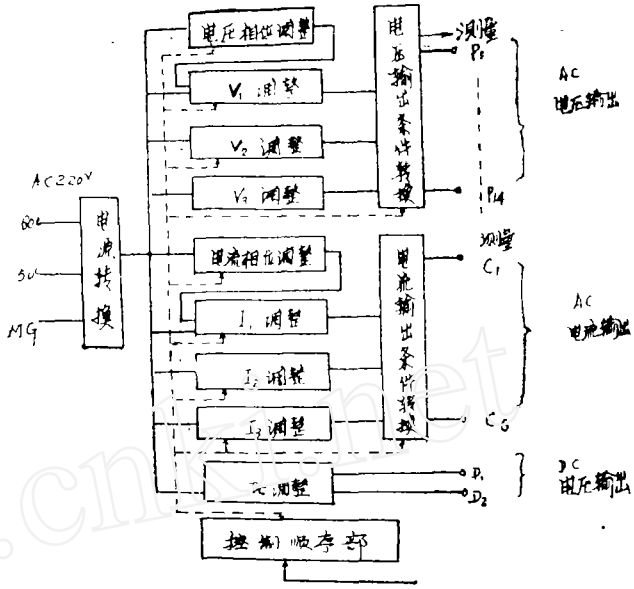
T_2：1°间隔整定

在调整电流相位时应把伺服机构附加于相位调整回路。

图二十　ATR电源结构

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

三菱SART型保护继电器自动试验装置是1：N型高精度的自动试验装置。检验范围从CT、PT二次回路开始到跳闸、合闸指令为止，采用了把输入突然地加入继电保护装置的方式来检查保护的动态特性。良否判定由跳闸路径和跳闸或投入时间的逻辑乘进行，采用时间判定。顺序切换自动试验厂、变的所有保护装置，并自动把检验结果和检验时输入的电流、电压，保护动作时间（不动的为检验输入时间）、跳闸指令等用数字印字或图表输出。检验条件靠改变二极管插销（二极管矩阵）进行。模拟故障发生器ATL做成二回线双电源式，可以进行多重故障、电抗器同步、失步、循环电流继电器、PT故障、潮流有无等试验。现在这种1：N型的自动试验装置现在也已使用了微型计算机。



图二十一　ATR电源部分回路构成分程序图

表七　ATR电源部分各调整回路整定范围

调整回路	绝对值调整 范围	绝对值调整 间隔	相位调整 范围	相位调整 间隔
V_1	0～0.999V 0～9.99V 0～99.9V 0～199.8V	0.001V 0.01V 0.1V 0.2V	0～360°	1°
V_2	〃	〃	0°、120°、240°	—
V_3	〃	〃	0～360°	1°
I_1	0～9.99mA 0～99.9mA 0～0.999A 0～9.99A 0～99.9A	0.01mA 0.1mA 0.001A 0.01A 0.1A	0°、180° （但在15A以下可以0～360°整定）	（1°）
I_2	〃	〃	0°、120°、240°	—
I_3	〃	〃	〃	—
I'_1	0、0.5、1、2、5 10、20、30、40、50A	—	0～360°	1°

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Ⅱ、日本系统保护技术开发的今后动向

日本系统保护技术开发的今后动向，总的来说，今后在硬件方面数字化将更加明显；在软件方面将继续开发以提高系统稳定为目的的高级继电保护方式。

（一）数字继电器应用继续扩大和研制新功能的数字继电器

近年来以超大规模集成电路为代表的半导体技术进步十分惊人，集成度二年内提高了4倍，速度和功耗之积也以$\frac{1}{4}$倍速度进步，成本下降，并且以CMOS为代表的低功耗元件也得到实现。数字继电器应用了超LSI元件技术和软件技术的进步，而且引进了最新发展的半导体技术成果——微处理机技术，在最近的将来作为第三代保护继电器，将成为下一代保护的主力。他们预测，在昭和60年代（1985年），在日本应用这种数字继电器将比原来的模拟继电器有利，和已装的模拟继电器充分配合，在继续有效地应用已装模拟继电器基础上逐步地扩大应用。

日本数字继电器技术今后的课题是：

1、依靠超LSI技术，应用微处理机技术研究进一步提高保护继电器判断处理部分的性能、可靠性、小型化和经济性；

2、由于外围设备的数字化，数字继电器和CT、PT接口的部分以及断路器跳闸指令等输入、输出部分要进行和数字化相应的技术革新，依靠新的传感器技术、光传导技术以获得综合的优点。

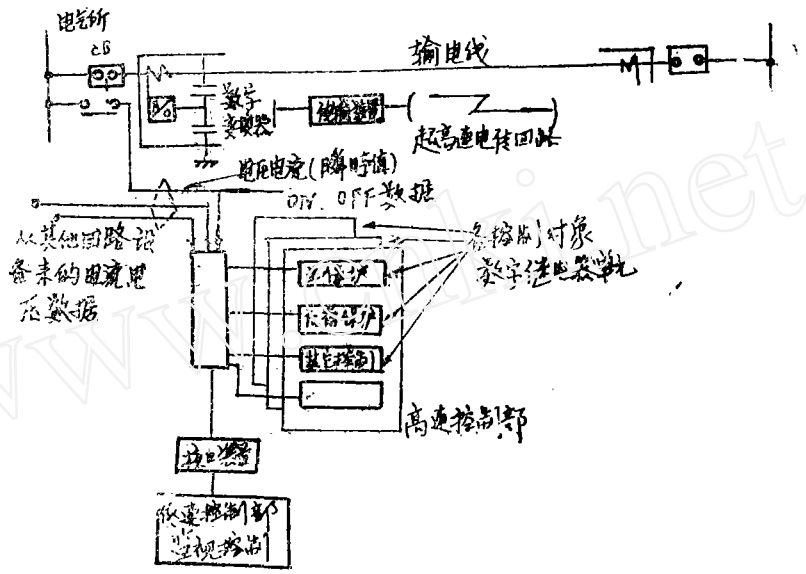
日本的通讯线路大致分为模拟的频分制多重方式（FDM）和数字的时分制多重方式（TDM），现阶段日本几乎都用FDM方式。但是由于LSI技术的发展和光缆应用的扩大，今后通讯系统将迅速数字化。而且由于和光导纤维复合架空地线及超高压地下输电线路同路架设的长距离无中继光传送通道的实用化研究，予测今后光传导技术将成为继电保护传输通道的主流。从经济性、可靠性、标准化等观点来看，今后电力通讯数字化的进步，可以大量地、高速地得到高可靠性的对侧数据的话，用数字继电器还能比原来的模拟继电器保护更严密。目前日本城市地下电缆系统中使用光纤的数字型光辅助导线继电器即将进入实用阶段。

CT、PT也将数字化。最有希望的数字传感器是光传感器。这样的光元件装在GIS的罐子里，直接把电流、电压信号变为光信号取出来。但是光传感器不能取出原来的CT、PT那样大的能量，所以不能和电磁型继电器结合，但和数字继电器组合起来却是最恰当的。从继电器来看，传感器部分是光的回路，不怕浪涌电压侵入，不需很大的辅助变压器和端子箱，因此更小型化。而且由于不要引出原来那样具有很大能量的回路，在安全、维护上也是好的。很轻的光缆代替很粗的铜线不仅节省资源，将来还可以期望有经济效果。

3、电气所数据资源共享问题和保护、控制综合数字化装置的开发。

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

随着保护方式的数字化，近年来，日本在发变电所中引入控制用的小型电子计算机实现自动化方面很活跃。所以要考虑在保护、控制装置中使同种电压、电流等数字数据资源共享问题。他们还准备研究把高速处理的保护继电器数据和低速处理较好的控制监视用数据用接口装置和各保护、控制装置配合，开发电气所综合数字保护、控制装置。图二十二表示设想的未来数字控制电气所的一个例子。



图二十二　未来的数字控制电气所例子

4、数字继电器的标准化

数字继电器要长期放心地应用，还要考虑能充分对应半导体技术发展动向和装置结构将来的变化。在这个基础上尽快使数字继电器实现早期标准化，有计划地扩大应用。在装置结构、特性、可靠性等方面他们也要求在发展过程中统一规格。软件也要标准化。

5、维护检查力求省力化。日本各公司历来重视维修的省力化。在数字继电器中也设想利用微处理机自我诊断功能，同时分制进行信息处理，每个周波一边检验装置、一边检查信道的高功能自动监视方式，自由检查数据的选择，从原来仅仅是确认保护装置动作、不动作向确认保护特性方向过渡，逐步使装置向无维护、无检查方向发展。

6、研制新功能的数字继电器

日本系统结构的多样化和可控硅设备等新的系统设备的引入，迫使他们需要研制开发可以适应这些情况的新的保护方式。而且予测未来日本电力系统中还将产生1.5～2f（f：系统基波频率）的更低次的高次谐波，他们认为用滤波器对付这样的高次谐波，在手段上已经达到了极限，也必须研制开发新的保护方式。

（二）　提高后备保护继电器的功能

日本长距离重负荷输电线的增多，使故障电流和负荷电流之差变小，因负荷电流的影响使距离继电器的测量性能大幅度降低。而系统静电电容量的增大，引起事故时系统

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

电抗和静电电容的谐振，使故障电流、电压中掺入了较低次的高次谐波，而且这种较低次高次谐波占的比例有增加的倾向，沿袭现有的滤波器方式，滤波器特性必须很陡峭，这就使得滤波器响应速度变慢，从而使以距离继电器为核心的后备保护继电器动作迟缓，待到后备保护动作时，系统稳定度将降低。因此，他们认为有必要研究一种收集从通道传送来的线路各侧故障电流，加以综合判断的新型后备继电保护装置。在这方面日本电气协同研究所正在开展研究。

（三）保护方式高级化的研究

日本予测今后电力系统稳定运行方面对保护继电器依赖程度会逐步提高，因此配合系统的保护继电器的技术开发今后将积极地进行。他们认为它们的电力系统可靠性比其它国家为高，但是今后要维持这个水平，还必须从切除事故和防止事故扩大两方面加以研究：

1、为了进一步提高系统稳定度，要实现予防控制这一类的高级继电器，将来在上述数字技术和光传导技术的推动下，实现综合地取出并控制整个系统现象的综合装置。

2、要研究保护继电器和防止事故扩大继电器的配合。要明确作为稳定措施装置的防止事故扩大装置和保护继电器的作用分担及互相配合关系。

3、通过数字信息使保护、控制一体化，进行电力系统综合控制，以提高系统可靠性。

（全文续完）

近期文献介绍

1. 旋转式交流电磁继电器颤动分析　《机电元件》85.4
2. 零序功率方向继电器接线方式的分析　《太原工业大学学报》85.3.
3. 微机距离保护振荡闭锁装置的研究　《华北电力学院优秀论文摘要汇编》85.7.
4. 继电器控制线路的探讨　《电工技术杂志》85.11.
5. 电流相位比较式母线差动保护的改进。　《贵州电力技术情报》85.12.
6. 过渡过程引起的信号继电器误复归原因及防止方法　《黑龙江电力技术》85.5.
7. 微机远动系统接口电路及调试步骤　《电工文摘》85.8.
8. 零序功率方向继电器接线的检验方法　《黑龙江电力技术》85.3.
9. 50万伏线路保护系统试验总结　《电力自动化设备》85.2.
10. 常开触点继电器的可靠性试验　《机电元件》85.1.
11. 新技术革命对继电器技术的影响　《机电元件》85.1.
12. 日本继电器研究会简介　《机电元件》85.1.
13. 国外电力系统中微机在线应用的新发展　《电工技术》85.12
14. 高频相差保护的整组试验　《电力技术》85.6.

赵彦龙提供

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net