

# 110 kV 佟村变改造数字化技术的应用及分析

刘宁,肖学权,周磊  
(徐州供电公司,江苏徐州 221005)

**摘要:**对110 kV佟村变电站进行数字化技术改造的系统结构和设计原则进行了介绍,分析了数字化变电站的主要技术特征,提出了在施工、验收、运行中需要注意的几个问题,并通过对佟村数字化变电站改造的模式及实施过程的分析,为以后的数字化变电站建设提供借鉴。

**关键词:**数字化变电站;改造;保护测控装置;光电合并器

中图分类号:TM63

文献标志码:B

文章编号:1009-0665(2010)01-0044-05

随着光纤通信技术和网络技术的发展,变电站综合自动化进入了数字化的新阶段。电子技术、通信技术的飞速发展给数字化变电站的发展提供了坚实的基础。数字化变电站技术的研究应用将对今后电网安全稳定和经济运行产生积极重要的影响,也将标志着我国电网自动化达到一个新的技术水平。110 kV佟村数字化变电站是其中的一种模式,通过对该站进行成功的数字化变电站技术改造,为数字化变电站的推广奠定了基础。

## 1 佟村 110 kV 数字化变电站改造方案

### 1.1 数字化变电站与传统变电站的区别

“一次设备数字化、二次设备网络化、通信接口

收稿日期:2009-10-17;修回日期:2009-11-14

标准化”是数字化变电站与传统变电站主要区别,数字化变电站设备外观特征表现在:

(1) 传统电磁式互感器被新型体积更小的新型电子式互感器代替;

(2) 网线、交换机、路由器构建的网络取代传统的控制电缆、电流互感器(TA)、电压互感器(TV)、电缆等硬接线,设备间信息传输方式以网络为主;

(3) 一次设备、二次设备接口数字化,设备带有以太网数字通信接口;

(4) 装置逐渐小型化,向保护、测控、计量装置一体化过渡,站内二次设备数量减少,系统整合为一;

(5) 二次回路接线简洁,便于排查与检修;

(6) 一、二次设备的小型化与精简化,减小了变电

(上接第43页)

差动保护中早有应用,动模试验和长期的现场运行情况都证明该方案切实可行。

#### 参考文献:

- [1] 王维俭. 电气主设备继电保护原理及应用[M]. 北京:中国电力出版社,2002.
- [2] 唐涛,诸伟楠,杨仪松,等. 发电厂与变电站自动化技术及其应用[M]. 北京:中国电力出版社,2005.
- [3] 陈松林,李海英. RCS-978 变压器成套保护装置[J]. 电力系统自动化,2000,24(22).

[4] 许正亚. 变压器及中低压网络数字式保护[M]. 北京:中国水利水电出版社,2005.

#### 作者简介:

- 付斌杰(1973-),女,湖南邵阳人,高级工程师,从事电力系统保护、控制及自动化技术的研究工作;
- 朱云(1971-),男,四川成都人,工程师,从事石油天然气专业的设计及工程管理工作;
- 杨启(1973-),男,安徽滁州人,助理工程师,从事电力系统保护、控制及自动化技术的工程应用工作。

## Research and Realization of the Discrimination of TA Breaking in Differential Protection in Integrated Running Environments

FU Bin-jie<sup>1</sup>, ZHU Yun<sup>2</sup>, YANG Qi<sup>1</sup>

(1. Nanjing Sino-German Protection & Substation Control Systems Co., Ltd, Nanjing 210003, China;

2. Southwest Branch of China Petroleum Engineering Group Co., Ltd., Chengdu 610017, China)

**Abstract:** Considering the rapidity of differential action, TA breaking must be distinguished before differential action in order to achieve the goal of blocking differential protection. The recognition principle of TA breaking is introduced in the paper. Problems existing in different running environments are pointed out, and solutions ensuring the rapid recognition of TA breaking and in-time trip in the case of a failure are proposed. Based on the analysis of the principle, logic diagram for realization is presented in the paper, and practice has proved it to be effective.

**Key words:** differential protection; TA breaking; rapid recognition

站占地面积。

需要指出的是,与传统站比较,数字化变电站内设备其保护原理、内部算法、逻辑并没有发生根本改变,只是由于采样数字化、通信介质网络化、通信接口标准化改变,提高了变电站自动化系统的可靠性。

## 1.2 佟村变数字化架构

针对当前数字化变电站处于起步阶段,部分技术尚不完全成熟这一现状,佟村数字化站架构时决定在采取新技术的同时部分保留传统技术,具体做法为主变本体、主变有载、主变中性点刀闸、主变三侧开关及 110 kV 刀闸的控制及遥信量的采集全部由新宁光电公司生产的 XA700 系列数字化智能单元执行,10 kV 线路的控制及遥信量的采集采用江苏方天电力技术有限公司生产的常规微机测控保护单元;保护遥测计量方面,110 kV 侧互感器均采用电子式互感器,10 kV 侧除了主变低压侧的两组电子式流变,其他均采用传统流变压器。采用新技术部分的架构如图 1 所示。

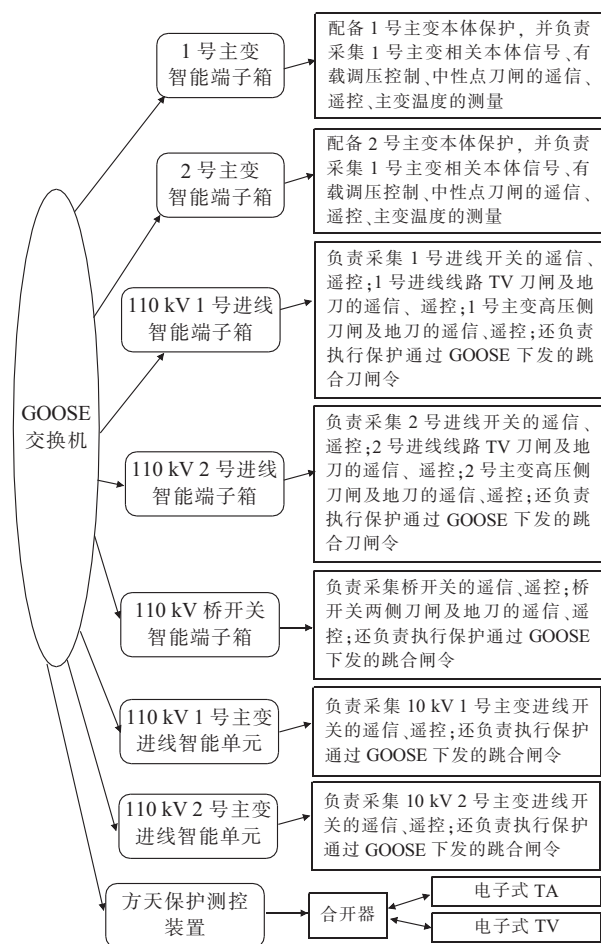


图 1 佟村变电站数字化部分的架构

在 110 kV 断路器、刀闸现场就地安装智能终端,就地进行采集、控制,断路器、刀闸的控制则由保护、测控装置发送命令给智能终端,由智能终端完成实际控制,智能终端与开关、刀闸设备之间通过电缆

硬接线连接。

变压器的本体保护、有载调压的智能装置放置于变压器的智能终端端子箱中。当变压器本体异常动作时,本体保护的跳闸命令通过 GOOSE 网交换机发送给智能操作箱,经智能操作箱以接点形式送到一次设备执行跳闸;主变有载调压的档位、调档也是通过 GOOSE 网在有载调压的智能装置中实现的。10 kV 总开关间隔的智能终端就地安装在 10 kV 开关柜内,所有的遥信遥控均通过柜内接线得到解决。由于智能控制装置就地安装,二次电缆大大缩短,二次接线工作大大地降低,施工人员的劳动强度也得到很大程度的降低。

## 1.3 电子式互感器的配置

110 kV 系统配置的是南京新宁光电自动化有限公司生产的基于罗氏线圈原理的电子式电流互感器及基于电容环分压原理的电子式电压组合式互感器(ECVT),内含 TA、TV 及远端模块,与之配套的合并装置是同一厂家生产的 OEMV702 型光电互感器合并装置,远端模块安装在高压一次侧,负责电压电流量采集并转换成数字信号。光电互感器合并装置安装在二次侧,作用是将各 TA、TV 传回的数据做处理、同步合并后打包输出,供保护和测控装置使用。

110 kV 线路、110 kV 桥开关、10 kV 总开关间隔各配置一组电子式 TA,这些互感器采集量经远端模块、光电互感器合并装置输出数字量到保护测控装置、各自投和电能表。主变中性点 TA 为南京新宁光电生产的电子式互感器,经远端模块、光电互感器合并装置后提供给主变后备保护。

## 1.4 网络布置及功能

数字化变电站的网络布置取决于它的结构,数字化变电站的结构分为站控层、间隔层、过程层 3 层,与之相关联的网络分为 3 层:站控层网络、专用 GOOSE 网络、过程层网络。站控层为星型网络结构,专用 GOOSE 网络为单光纤星型网络结构,过程层为光纤点对点网络结构(见图 2)。

(1) 站控层网络:该网络主要用于站控层和间隔层之间通信数据传输,即在后台系统、通信管理机与保护、测控装置之间实现数据传输,采用 100 MB 以太网组网,星型连接方式,网络通信采用 IEC 61850<sup>[1]</sup>。

(2) 过程层网络:该网络主要用于保护、测控装置与电子式 TA/TV 的合并器间通信,点对点光纤以太网,TA 合并器按间隔布置,接入 TV 合并器来的电压信号,输出 IEC 61850 9-1 数据<sup>[2]</sup>。跨间隔设备变压器差动保护采用 IEC 60044-8 串行 FT3 协议;电子式 TA/TV 与其合并器间光纤连接,使用制造厂自有协议。

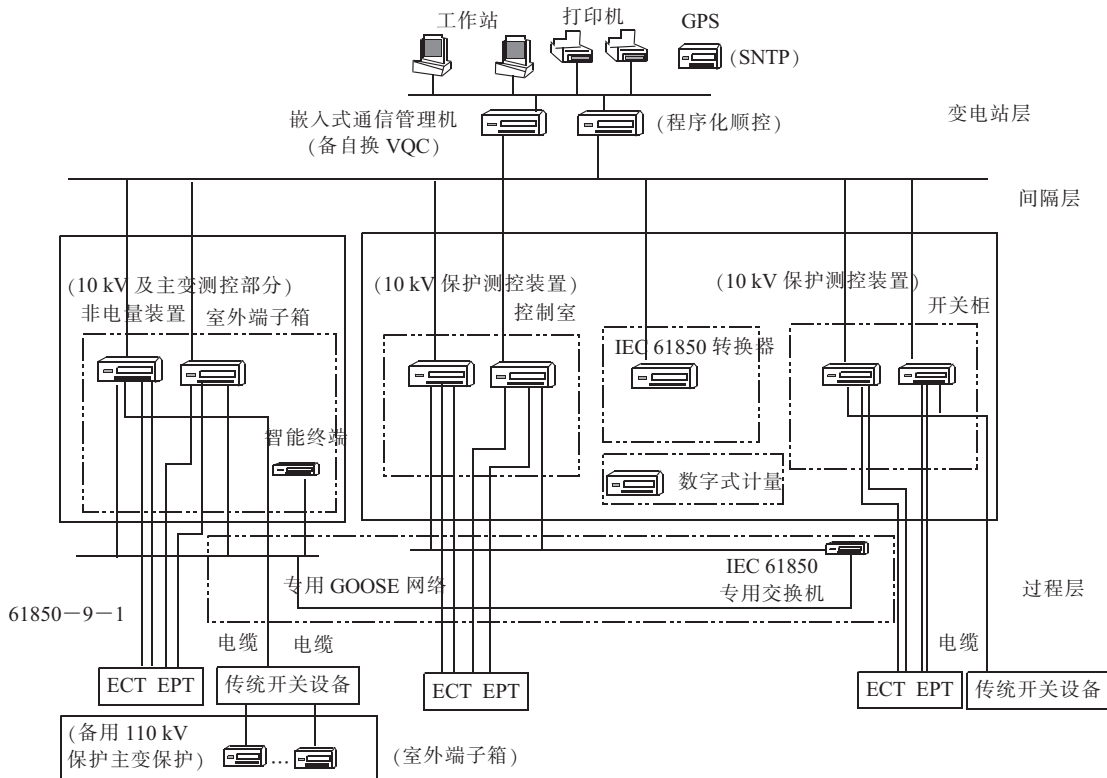


图2 数字化变电站网络结构示意图

(3) GOOSE网络:该网络主要用于间隔层设备之间实现通信,开关量输入、保护跳合命令的输出、测控、保护间动作信息的交换由GOOSE网络完成,通过GOOSE报文实现间隔的关联闭锁和保护跳合闸功能。该信息网络单独组网,不和后台系统共用网络。且全部采用RUGGEDCOM工业以太网交换机,间隔层网络的传输速率满足系统的实时性要求。

佟村数字化变电站通过相互独立的网络分层布置,各单元测控装置相互独立,互不影响,功能上不依赖于站级监控层设备。实现了把变电站监控系统、远动系统、防误闭锁系统、保护信息管理系统等整合为一个系统;并通过软件方式实现VQC功能,防误闭锁功能;主变保护与测控装置采用GOOSE功能跳闸;并能根据一次设备情况,通过逻辑组态进行顺控操作。

GOOSE专网实现了开关位置、刀闸接点位置等遥信信息的共享,大大减少了重复采集的资源浪费。备投装置的开关位置接点、手分闭锁备投的接点等都通过GOOSE专网共享开入实现;佟村变无110kV母线TV,只有线路TV,把线路电压转换成母线电压的切换回路和防二次并列回路,原来是通过一次设备的辅助接点一一串联实现,现在通过共享GOOSE专网的开入接点信息进行逻辑判断,减少了二次回路的接线。

直流系统、微机消谐装置、消弧线圈自动调谐装置等通过规约转换后接入间隔层网络。

## 2 佟村110kV数字化变电站改造施工

佟村变是一座拥有2台(110kV/10kV)变压器、30路10kV线路、2台电容器及2台接地变的具有电磁式保护的110kV内桥接线变电站,它位于徐州市东面临近建设中的京沪高铁。在制定改造实施方案时,针对佟村变用电负荷目前较轻这一特点,决定对佟村变全停一天,把承接非重要工业用户和居民用电的一次电缆在10kV开关柜内进行并联压接;对装有计费电度表的重要工业用户一次电缆移位继续实行专供,计费电度表由控制室移至相应开关柜挂接,不影响对重要用户的供电及电费计量。通过上述的一次电缆调整使供电用户集中在几个相邻的10kV开关间隔中,这几个10kV间隔由另外一个变电站的10kV出线转供。

在全停的当天,准备了大型的发电机作为电焊机、切割机等设备的电源进行变电站母线桥架、开关柜等的拆除;控制室内除老的站用变屏、直流屏、蓄电池屏保留外,其余屏柜、二次电缆等全部拆除。拆除方案考虑周密,工作安排紧张有序,过程安全可靠,晚上19:00即恢复了对用户的供电并对运行的10kV开关柜设置安全硬遮拦。而后将站内的旧变压器、开关、刀闸、二次电缆和屏柜全部清运,确保站内土建和一次设备安装工作顺利进行。施工中间,结合现场情况和数字化变电站的特点,采用了许多新工艺和新方法。考虑到数字化变电站使用电缆很少,



取消了传统的电缆沟,代之以电缆管,既缩短工期,又节约成本,减少了工作量。

### 3 佟村 110 kV 数字化变电站的验收

#### 3.1 验收分工

一次设备验收组负责验收变电站一次电气设备的外观质量、安装质量和施工工艺,检查设备交接试验报告项目是否完善,数据是否准确,对重要设备及重要调整试验项目进行抽检,确保一次设备无渗漏锈蚀,符合各类规程要求。二次设备验收组负责验收电子式互感器及其合并单元、保护及自动装置、监控系统、远动设备及一次设备的控制辅助回路的安装质量和施工工艺,逐项检查二次回路接线、光纤插头是否正确、传动是否正确、测试设备之间的光纤通道衰耗是否合格,校验调试报告项目是否完善,数据是否准确,定值是否准确,符合各类规程要求。

#### 3.2 电子式互感器验收及处理

电子式 TA/TV 用于测量系统电流、电压,为数字化计量、测控及继电保护装置提供电流、电压信息。重点验收以下测试报告及结论:

短时工频耐压试验密封性检测;检查各接地点是否可靠;光纤传光性能检测;互感器变比、角差、比差测试;互感器引出极性检查;远端模块供电电源检查,远端模块或合并单元掉电可靠闭锁相关保护,并发异常信号检查。

为了确保电流相量的正确,在验收电子式 TA 时进行了一次通流的实验(见图 3)。即合上两进线开关、桥开关、刀闸,拉开主变高压侧的刀闸,在 110 kV 两进线和桥间进行一次通流实验(进线 TA 极性端在进线侧;桥 TA 极性端在 110 kV 2 号母线),两进线 TA 的电流互为参考,检查 1 号、2 号主变差动电流幅值和相位且差流为 0;检查 110 kV 备投装置电流幅值;检查计量电能表的电流相量,查看后台遥测电流,但是检查发现 1 号主变高后备的电流为 0,2 号主变高后备的电流为 2 倍实验电流,这是由于佟村变无主变高压侧 TA,主变高后备的电流只能用进线电流加桥电流实现,而桥电流既要给两主变后备保护用,又要给主变电能表用,还要给桥测量用,所以无法在桥光电合并器中用软件取反,决定在 2 号主变后备保护中增加定值项对桥电流取反实现,同时保证保护程序版本的一致性。

若用同一个电源在 110 kV、10 kV 同时通流检验差动保护的电流相位和差流不太可能,所以只能通过合并器通入三侧电流检查差动保护的正确性。

#### 3.3 启动送电时电流电压相量检查

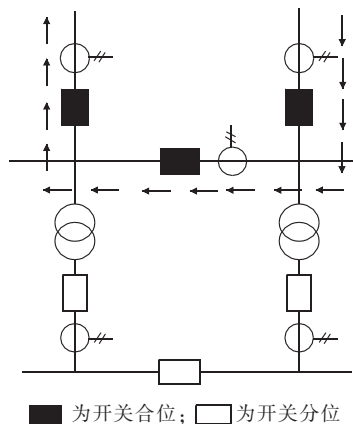


图 3 一次通流验证电子式 TA 示意图

变电站启动送电时,数字化变电站与传统变电站很明显不同的是保护装置测量相量及 TV 二次核相问题。光缆取代了电缆,数字量取代了模拟量,传统变电站使用的钳形电流表等模拟量测试仪表也失去作用。电流相量只能看装置的采样值及差流。具体要求如下:线路带电后,进线电压幅值可以在进线电度表中查看,110 kV I、II 2 段母线带电后,2 段母线电压的幅值可在主变后备装置中检查相位相角。在主变带负荷后主变高低压侧及桥的电流可以在差动保护中检查相位、幅值及差流。需要注意的是与传统变电站一样,带负荷前需要停用差动保护,检查相量正确后方可投入。由于佟村变 10 kV 母线 TV、线路 TA 仍是电磁式,所以仍采用传统的 TV 核相,钳型电流表测试模拟量。

#### 3.4 备投的验收

在佟村变装备了 2 套方天公司生产的 PSI-05E 型备自投保护装置,为了满足调度部门提出的运行方式要求(即无论 110 kV 桥开关在分位或合位,两进线开关均可以互为备投),根据此要求重新进行了备投逻辑版本的开发设计。为了验证新逻辑的正确性,提出了包括开关偷跳启动备投,保护/手分闭锁等在内的详尽的备投试验方案,试验结果正确。最后在佟村变送电时对 2 套备投进行了(6 种方式,12 种动作行为)备投实模,动作行为完全正确。

#### 3.5 程序化顺序控制的验收

程序化顺序控制可极大地减轻运行人员的工作强度,并提高工作效率,是电力系统的长远发展方向。佟村变的刀闸及地刀全是电动机构,满足程序化顺序控制的前提条件,GOOSE 信息共享使跨间隔的逻辑五防闭锁功能得以实现,满足程序化顺序控制的必要条件,征求调度及运行方面的意见,总结出 110 kV 侧一次设备的方式变换种类,设定了程序顺序控制逻辑,实现了站内 110 kV 侧一次设备运行状态、检修状态和热备用状态的一键式顺控操作。

对其进行实际的验收实验,即在佟村真正实现了 110 kV 侧设备由一种方式转化为另一种方式时,只需要摁下后台画面的一个按钮即可。

## 4 常见问题说明

### 4.1 合并单元告警及通信失败处理

合并单元故障时,会在液晶屏上产生相应的报文,故障类型有下面几种。(1)远端模块出错,液晶面板上产生相应的报文,同时装置上的远端模块灯会点亮。如果信号复归不掉,或重新上电无效,检修人员应进行以下处理:检查远端模块是否掉电,没有掉电则可更换远端模块过来的光纤,如果依然丢帧,则需更换远端模块。(2)光纤通道光强监视告警。光纤通信误码率与光纤通道光强密切相关。现场光纤通信误码率高很重要的原因就是光纤衰减太大造成的。因此当光纤衰减太大时,液晶面板上会产生通道告警的报文,同时装置上的远端模块灯会点亮。出现此故障时检修人员需更换光纤。(3)合并单元内 DSP 板出错。当 DSP 发生死机或 DSP 间出现 HTM 数据传输错误,则保护和测控装置接收到的数据相应置无效状态,从而避免保护装置误动。

电子式 TA/TV 三相经远端模块由 3 根光纤分相送至合并单元,远端模块至合并单元中的 3 根光纤断开任何 1 根,报该光纤采样数据无效装置告警灯亮。光电互感器应具有自检功能,若出现通信故障或光电互感器故障,保护装置将会因收不到校样码正确的数据而直接报出互感器异常报文。

当报 GOOSE 通信失败时,可能是以下几种情况:一是就地安装的智能终端失去装置电源时,无法实现 GOOSE 网的数据通信;二是间隔层的保护测控装置失电或死机;三是 RUGGEDCOM 以太网交换机网口损坏等。视具体情况区别处理。

### 4.2 极性反的问题

对于数字化变电站带负荷测相量图时,如果极性反了,只能通过改软件的方式调整极性。以主变差动保护为例,若主变任一侧 TA 极性反了,正常运行时会出现差流,此时,只能通过修改软件,把差动保护中的电流取反。

### 4.3 激光电源问题

新光光电生产的合并器与方天保护装置共同组屏时,发现合并器的激光电源发射板散发大量热量,导致合并器装置及方天保护装置温度剧升,装置外壳温度最高时达到 55℃。这样会严重影响装置的可靠运行,并降低装置的使用寿命。针对这种现象,采取了 3 种策略:(1)加装一台大功率空调;(2)调整合并器与保护装置之间的间隔距离;(3)在合并器下增加排风扇以加快热量的散发。通过上述策略,装置温度下降到 35℃左右。

## 5 结束语

徐州佟村 110 kV 数字化变电站技术改造的成功,对今后数字化变电站建设提供了重要的工程借鉴价值。变电站内智能终端设备就地安装,设备间直接就地以光缆和少量电缆连接,站内无电缆沟,二次系统结构简化、设备布置灵活紧凑、占地面积小、大量减少土建成本。当然数字化变电站的建成投运也给传统的运行、检修、计量等专业提出了新的课题;电子式互感器的远端模块安装在一次设备上,使一次和二次之间的界面模糊等问题,都是今后数字化变电站安全稳定运行所要研究解决的课题,这就要求广大电力工作者与时俱进,研究适用于数字化变电站不同模式下的管理、运行、检修方法,使之更好地服务于电网,为建设坚强智能电网作出贡献。

### 参考文献:

- [1] 李慧,赵萌,杨卫星,等.应用 IEC 61850 规约的 220 kV 变电所继电保护设计[J].电力系统保护与控制,2009,37(6):60-63.
- [2] 殷志良,刘万顺,杨奇逊,等.基于 IEC 61850 的通用变电所事件模型[J].电力系统自动化,2005,29(19):45-50.

### 作者简介:

- 刘宁(1971-),女,江苏徐州人,工程师,从事继电保护专业管理及维护工作;  
肖学权(1981-),男,湖北襄樊人,工程师,从事继电保护维护工作;  
周磊(1970-),男,安徽砀山人,高级工程师,从事变电专业管理工作。

## Application and Analysis of Digitization Technology in Reconstruction of 110 kV Tongcun Substation

LIU Ning, XIAO Xue-quan, ZHOU Lei

(Xuzhou Power Supply Company, Xuzhou 221005, China)

**Abstract:** This paper introduces the system structure and design principles of the digitization technology in retrofit of 110kV TongCun Substation, analyzes the main technical features of digitalization substation, some issues needed pay attention to in the construction, acceptance and operational check are put forward. Through analyzing the model and implementation process of the transformation of TongCun digital transformer substation, this paper gives references for digital substation building in the future.

**Key words:** digital substation; transformation; protection observation installment; electro-optic combination device