

ICS 29.180

CCS K41

团 体 标 准

T/EPTC 002—2022

10 kV 智能配电变压器技术规范

Technical Specification of 10 kV intelligent distribution transformer

2022 - 12 - 27 发布

2022 - 12 - 31 实施

中关村智能电力产业技术联盟 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体要求	2
5 组成	3
5.1 本体	3
5.2 传感器	3
5.3 控制执行组件	3
5.4 智能测控单元	3
6 功能	3
6.1 功能配置	3
6.2 基本型智能配变	3
6.3 标准型智能配变	4
6.4 扩展型智能配变	4
7 一般要求	5
7.1 本体	5
7.2 传感器	5
7.3 智能测控单元	7
7.4 控制执行组件	10
8 试验	10
8.1 试验分类	10
8.2 智能测控单元试验	10
8.3 智能配变整机试验	12
9 运输	13
10 验收	13
附录 A (资料性) 智能配变典型组成示意图	14
附录 B (资料性) 智能配变功能配置	15
附录 C (资料性) 智能测控单元异常信息数据点表	17
附录 D (资料性) 智能配变基本数据信息	19
附录 E (资料性) Modbus 协议数据点表	20
附录 F (资料性) 101 协议数据点表	25
附录 G (资料性) MQTT 协议数据模型定义	30
附录 H (资料性) 智能测控单元输入数据	37
附录 I (资料性) 传感器精度标准检测仪器	39
附录 J (资料性) 高压侧空载试验示意图	40

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中关村智能电力产业技术联盟提出。

本文件由中关村智能电力产业技术联盟标准化工作委员会归口。

本文件起草单位：山东电工电气集团智能电气有限公司、山东电工电气集团有限公司、国网浙江义乌市供电公司、山东科汇电力自动化股份有限公司、珠海华网科技有限责任公司、山东元星电子有限公司、广州普瑞电力控制系统设备有限公司、许继变压器有限公司、国网上海能源互联网技术研究院有限公司、北京国电通网络技术有限公司、山东理工大学、北京博瑞莱智能科技周口有限公司、云南电网有限责任公司电力科学研究院、国网北京市电力公司电力科学研究院、国网山东省电力公司电力科学研究院。

本文件主要起草人：孙业荣、宋磊、陈飞、魏彩霞、鲍卫东、方善忠、魏金平、马洪亮、汤玉峰、付卫东、李奕颖、王勇、王鹏、张冀川、梁薇、王玮、王东伟、施勇、赵贺、张淼、彭庆军、刘合金。
本次为首次发布。

引 言

随着新型电力系统建设的推进，对配电设备智能化水平提出了更高的要求，开始纳入了智能配变终端、电能质量监测、台区智能融合终端等新型二次设备，对配电设备进行监控。

变压器作为电网电力分配的重要电力设备，在智能化过程中面临着新型传感接入不规范、数据价值难以充分发挥、难以满足设备精细化运维等较多亟待解决的问题。GB/Z 34935-2017《油浸式智能化电力变压器技术规范》规定了系统标称电压为66 kV~750 kV油浸式智能化电力变压器的术语和定义、总则、配置、试验、调试和验收，用于指导其设计、制造、检验和选用等，但对有广泛应用场景的10 kV智能配电变压器无相关标准进行规定。

本文件旨在为10 kV智能配电变压器的设计、制造、检验提供指导和依据，提升智能配电变压器的标准化水平，方便与终端和系统对接，同时为智能配电变压器的发展指引方向。

10 kV 智能配电变压器技术规范

1 范围

本文件规定了智能配电变压器的组成、功能、一般要求、试验、运输及验收等方面的要求。本文件适用于系统标称电压为10 kV的智能配电变压器的设计、选型、试验等。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 1094.1 电力变压器 第1部分:总则
- GB/T 1094.2 电力变压器 第2部分:液浸式变压器的温升
- GB/T 1094.3 电力变压器 第3部分:绝缘水平、绝缘试验和外绝缘空气间隙
- GB/T 1094.5 电力变压器 第5部分:承受短路的能力
- GB/T 1094.10 电力变压器 第10部分:声级测定
- GB/T 1094.11 电力变压器 第11部分:干式变压器
- GB/T 2423.1 电工电子产品环境试验 第1部分:试验方法 试验 A:低温
- GB/T 2423.2 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 试验 B:高温
- GB/T 2900.95 电工术语 变压器、调压器和电抗器
- GB 4208-2008 外壳防护等级 (IP 代码)
- GB/T 6451 油浸式电力变压器技术参数和要求
- GB/T 7665 传感器通用术语
- GB/T 10228 干式电力变压器技术参数和要求
- GB/T 10230.1 分接开关 第1部分:性能要求和试验方法
- GB/T 13729-2019 远动终端设备
- GB/T 14285-2006 继电保护和安全自动装置技术规程
- GB/T 15153.1 远动设备及系统 第2部分:工作条件 第1篇:电源和电磁兼容性
- GB/T 19582.1 基于Modbus协议的工业自动化网络规范 第1部分:Modbus应用协议
- GB 20052-2020 电力变压器能效限定值及能效等级
- DL/T 634.5101 远动设备及系统 第5-101部分:传输规约 基本远动任务配套标准
- DL/T 721-2013 配电自动化远方终端
- DL/T 1853 10kV有载调容调压变压器技术导则
- JB/T 501 电力变压器试验导则
- JB/T 8971 干式变压器用横流式冷却风机
- JB/T 10088 6 kV~1 000 kV 级电力变压器声级
- JB/T 13750 调容分接开关
- 国家电力监管委员会 第14号令 《电力监控系统安全防护规定》

3 术语和定义

GB/T 1094.1、GB/T 2900.95和GB/T 7665界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

智能配电变压器 (简称:智能配变) Intelligent distribution transformer

包括液浸式智能配变和干式智能配变。具备信息采集,运行状态自我感知和调控,能与外部系统或终端双向通信,提供运行状态和事件告警信息,接收和执行外部指令的配电变压器。

3.2

智能测控单元 Intelligent measurement and control unit

智能配变智能化核心功能的单元，一般由采集、通信、控制等模块集合而成，能与外部系统或终端及内置或外置于配电变压器本体的传感器、控制执行组件双向通信。

3.3**控制执行组件 Control actuator**

能与智能配变智能测控单元双向通信，能接受指令或自主进行控制执行的组件，一般由控制器、执行机构等模块组成，内置或外置于智能配变本体。包括有载调容、有载调压、冷却风机启停等控制执行组件。

3.4**一体式交流互感器 Integrated AC transformer**

集成在智能配变接线套管内可测量交流电压和电流的一体式互感器。

3.5**有载调容控制器 on-load capacity regulating controller**

在智能配变负载或励磁条件下，能与智能测控单元进行数据交互，依据预设的条件自动判断发出相应指令或接受智能测控单元指令，实现智能配变不同容量档位之间的自动转换的控制装置。

3.6**有载调压控制器 on-load voltage regulating controller**

在智能配变负载或励磁条件下，能与智能测控单元进行数据交互，依据预设的条件自动判断发出相应指令或接受智能测控单元指令，实现智能配变不同电压档位之间的自动转换的控制装置。

3.7**基本型智能配变 Basic type Intelligent distribution transformer**

基本型智能配变具备低压侧（0.4 kV）电气量信息监测与告警；液浸式智能配变液位、液压、液面温度等监测与告警；干式智能配变绕组温度、铁心温度、外壳门状态、风机启停状态监测与告警，控制散热风机启停；与外部系统或终端双向通信等主要功能。

3.8**标准型智能配变 Standard type Intelligent distribution transformer**

标准型智能配变是在基本型功能的基础上扩展了高压侧（10 kV）电气量信息监测与告警；变压器空载损耗和负载损耗监测与告警；变压器内部绝缘故障告警；高低压接线端子及分接连片温度过高告警；过载允许运行时间预警；有载调压控制等主要功能。

3.9**扩展型智能配变 Extended type Intelligent distribution transformer**

扩展型智能配变是在标准型功能的基础上扩展了噪音、振动监测与告警；干式智能配变水位、局放监测与告警；液浸式智能配变微水含量、氢气含量监测与告警；有载调容控制；接收高压侧保护元件的监测与告警；提出辅助运行的决策等主要功能。

4 总体要求

4.1 智能配变设计应满足 GB/T 1094.1、GB/T 1094.11 和 DL/T 1853 相关要求。传感器与变压器本体宜采用一体化设计。

4.2 智能配变一般由智能配变本体、内置或外置于智能配变本体的传感器、智能测控单元及控制执行组件组成，智能配变典型组成示意图 A.1。

4.3 智能配变的传感器、智能测控单元及控制执行组件应能满足安装位置处的电磁、温度、湿度、振动、压力、密封等环境和结构要求，并应方便参数设置和运行维护；传感器、智能测控单元安装或发生故障后不应影响配电变压器本体的正常运行。

4.4 智能配变应具有但不限于实时运行状态在线监测、诊断分析、事件告警、与控制执行组件联动、对时功能、配套软件应具有权限和密码管理及升级功能。按功能分为基本型、标准型和扩展型三类。

4.5 智能配变的电磁兼容性能应符合 GB/T 15153.1 的规定。

4.6 智能配变应预留与外部系统或终端通信的通道和接口，并具备双向通信的能力，上下行信息应满足提升配电网运行可靠性、经济性和智能化的要求，网络安全防护应满足电力监控系统安全防护规定要求。

4.7 智能配变的事件告警包括但不限于电能质量事件，变压器本体、传感器、智能测控单元、控制执行机构运行异常事件，通信异常事件，执行异常事件等。

4.8 智能配变的试验包括但不限于变压器本体、智能测控单元的试验及各自之间的联合整机试验。

5 组成

5.1 本体

智能配变本体组成应符合GB/T 6451和GB/T 10228规定的配电变压器的组成。

5.2 传感器

传感器应包括电量和非电量两类传感器。

- a) 电量传感器应包括 0.4 kV 电流互感器、10 kV 一体式交流互感器等；
- b) 非电量传感器应包括液位传感器、液体压力传感器、液体温度传感器、绕组温度传感器、铁心温度传感器、外壳门状态传感器、电气接点温度传感器、环境温度传感器、噪音传感器、振动传感器、局部放电传感器、微水含量传感器、氢气含量传感器、水浸传感器等。

5.3 控制执行组件

5.3.1 有载调压控制执行组件

应包括有载调压控制器、有载调压开关。有载调压控制器可合并智能测控单元中。

5.3.2 有载调容控制执行组件

应包括有载调容控制器、有载调容开关。有载调容控制器可合并智能测控单元中。

5.3.3 冷却风机启停控制执行组件

应包括温度控制器、冷却风机。温度控制器可合并智能测控单元中。

5.4 智能测控单元

智能测控单元逻辑上可划分为采集模块、通信模块和控制模块。采集模块与传感器相连，通信模块与外部系统或终端及内部传感器相连，控制模块与控制执行组件相连。

6 功能

6.1 功能配置

智能配变的功能配置见附录B。

6.2 基本型智能配变

6.2.1 监测功能

基本型智能配变的监测功能包括：

- a) 应具有低压侧电压、电流、功率因数、电压频率及低压侧有功和无功功率的监测功能；
- b) 应具有低压侧电压频率偏差、三相电压和电流不平衡度、电压波动、电压偏差的监测功能；
- c) 应具有低压侧各相电压、电流谐波的监测功能；
- d) 应具有低压侧零序电压、电流的监测功能；
- e) 液浸式智能配变应具有液位、液压、液面温度的监测功能；
- f) 干式智能配变应具有绕组温度、铁心温度的监测功能；
- g) 干式智能配变应具有外壳门状态、风机启停状态的监测功能。

6.2.2 告警功能

基本型智能配变的告警功能包括：

- a) 应具有低压侧电压越限、三相电压和电流不平衡度超过允许偏差、电压波动范围超过允许偏差的告警功能；
- b) 应具有变压器重载、过载、重过载的告警功能；
- c) 宜具有低压侧电流总谐波含量超差的告警功能；
- d) 应具有变压器零线电流超差的告警功能；
- e) 液浸式智能配变应具有低液位、压力释放、油箱密封性被破坏、液体温度过高、压力异常变化的告警功能；
- f) 干式智能配变应具有绕组温度过高、铁心温度过高、带电异常开门、风机故障的告警功能。

6.2.3 控制功能

基本型智能配变的控制功能包括：干式智能配变应具有控制散热风机启停的功能。

6.3 标准型智能配变

6.3.1 监测功能

标准型智能配变的监测功能除 6.2.1 要求外，还包括：

- a) 应具有高压侧电压、电流、功率因数、电压频率及高压侧有功和无功功率的监测功能；
- b) 应具有高压侧电压频率偏差、三相电压不平衡度、电压波动、各相电压偏差的监测功能；
- c) 宜具有高压侧各相电压、电流谐波的监测功能；
- d) 应具有实时空载和负载损耗、短路阻抗、空载电流的监测功能；
- e) 应具有运行效率的监测、变压器容量的评估功能；
- f) 应具有高低压接线端子、分接连片温度的监测功能；
- g) 液浸式智能配变应具有环境温度、绕组温升的监测功能。

6.3.2 告警功能

标准型智能配变的告警功能除 6.2.2 要求外，还包括：

- a) 应具有高压侧缺相运行的告警功能；
- b) 应具有高压侧电压越限、三相电压不平衡度超差、电压波动范围超差的告警功能；
- c) 宜具有高压侧电压总谐波含量超差、偶次谐波含量超差的告警功能；
- d) 应具有变压器空载和负载损耗异常突变告警功能；
- e) 应具有匝间、层间段间或饼间短路故障的告警功能；
- f) 应具有高低压接线端子、分接连片温度过高告警功能；
- g) 应具有过载允许运行时间的预警功能。

6.3.3 控制功能

标准型智能配变的控制功能除 6.2.3 要求外，还宜具有有载调压的控制功能。

6.4 扩展型智能配变

6.4.1 监测功能

扩展型智能配变的监测功能除 6.3.1 要求外，还包括：

- a) 应具有噪音、振动的监测功能；
- b) 干式智能配变应具有水位的监测功能；
- c) 干式智能配变宜具有局放的监测功能；
- d) 液浸式智能配变宜具有微水含量、氢气含量的监测功能；
- e) 宜具有接收高压侧保护元件信息，包括但不限于：避雷器是否放电、熔断器分合、断路器位置、负荷开关分合、接地刀分合、故障指示等信息。

6.4.2 告警功能

扩展型智能配变的告警功能除 6.3.2 要求外，还包括：

- a) 应具有变压器噪音、振动异常告警功能；

- b) 干式智能配变应具有水浸告警功能；
- c) 干式智能配变应具有局放超差告警功能；
- d) 液浸式智能配变应具有微水含量超差、氢气含量超差、氢气含量增长速率越限的告警功能；
- e) 柱上变台的智能配变应具有熔断器熔断和避雷器放电的告警功能；
- f) 欧式箱变的智能配变应具有熔断器熔断、避雷器放电、断路器断开、负荷开关断开、接地刀断开和故障指示的告警功能。

6.4.3 控制功能

扩展型智能配变的控制功能除6.3.3要求外，还宜具有有载调容的控制功能。

6.4.4 辅助策略

扩展型智能配变应具有辅助运行的决策功能，可在本地完成，也可在外部系统完成，包括但不限于：

- a) 根据低压侧电压监测情况，提出调压策略；
- b) 根据低压侧三相负荷不平衡监测情况，提出三相负荷调整策略；
- c) 根据变压器运行功率历史数据，提出变压器运行容量调整策略和负荷控制策略。

7 一般要求

7.1 本体

变压器本体应满足下列要求：

- a) 性能参数应满足 GB/T 6451、GB/T 10228、GB 20052-2020、JB/T 10088、DL/T 1853 等相关要求；
- b) 在变压器寿命期内，有载调容、有载调压开关应做到免维护。

7.2 传感器

7.2.1 电量传感器

7.2.1.1 10 kV 一体式交流互感器

10 kV 一体式交流互感器应满足下列技术要求：

- a) 外观：户内式交流互感器宜采用环氧树脂材料浇注成形；户外式交流互感器宜采用良好的耐候性以及憎水性的树脂材料浇注成形，并覆盖硅胶外套。若采用其它复合绝缘材料时，应满足绝缘强度要求和使用环境耐候性要求。宜与变压器出线套管一体成型；
- b) 接线端子：一体式交流互感器二次接口为航空插头，通过带有绝缘护套的屏蔽电缆与智能测控单元连接；
- c) 最小绝缘爬距应符合表 1 规定；

表 1 一体式交流互感器最小爬电距离

电压等级 kV	户内型 mm	户外型 mm
10	300	372

- d) 电流互感器额定一次电流：10 A、15 A、20 A、30 A、50 A、75 A 以及它们的十进位倍数；
- e) 电流互感器额定二次电压：1 V；
- f) 电压互感器额定一次电压： $10/\sqrt{3}$ kV；
- g) 电压互感器额定二次电压： $3.25/\sqrt{3}$ V；
- h) 额定电流扩大倍数：1.5；
- i) 额定电压因数：1.2；
- j) 额定负荷：电流互感器 ≥ 100 k Ω ，电压互感器 ≥ 2 M Ω ；
- k) 精度等级：电流：0.2S 级，电压：0.5 级；
- l) 绝缘水平：一体式交流互感器绝缘水平应符合表 2 规定；

表 2 一体式交流互感器一次额定绝缘水平

单位为千伏

额定电压 (方均根值)	设备最高电压 (方均根值)	额定工频耐受电压 (方均根值)	额定雷电冲击耐受电压 (峰值)
10	12	30/42	75
注：斜线左侧数据为设备外绝缘湿状态耐压，右侧数据为设备外绝缘干状态耐压			

- m) 局部放电水平：在 1.2U_m 电压下，液浸式智能配变用互感器局部放电量不大于 20 pC，干式智能配变用互感器局部放电量不大于 5 pC；
- n) 电磁兼容性能应符合 GB/T 15153.1 的规定；
- o) 接地方式：应采用接地线将一体式交流传感器接地端子和变压器本体上的接地座相连，可靠接地。

7.2.1.2 0.4 kV 电流互感器

0.4 kV 电流互感器应满足下列技术要求：

- a) 液浸式智能配变的电流互感器器身应采用耐油绝缘包扎；干式智能配变的电流互感器器身应采用环氧树脂浇注；
- b) 额定一次电流：80 A~5 000 A；
- c) 额定二次电流：1 A 或 5 A；
- d) 额定负荷：不小于 1 VA；
- e) 额定电流扩大倍数：1.2；
- f) 精度等级：0.2S 级；
- g) 绝缘水平：电流互感器二次绕组与地之间的短时工频耐受电压为 3 kV（方均根值）；
- h) 绝缘电阻：电流互感器二次绕组对地的绝缘电阻不低于 500 MΩ。

7.2.2 非电量传感器

7.2.2.1 性能参数

非电量传感器性能参数应满足下列要求：

- a) 液位传感器应能监测油箱顶部不低于 120 mm 深的液位变化，能低液位告警，测量精度不低于 ±10 mm；
- b) 液体温度传感器应能连续测量变压器顶层液体温度变化，测量范围为 -40 °C~200 °C，测量精度 ±2 °C；
- c) 液体压力传感器应具有压力释放阀开启告警功能，告警采用无源开关量输出；测量范围为 -30 kPa~76 kPa 的相对压力，测量精度 ±1.5 kPa；
- d) 氢气含量传感器应能测量油中氢气含量，测量范围为 5 ppm~1 000 ppm，测量精度 ±10% 或 ±25 ppm；
- e) 微水含量传感器应能测量油中微水含量，测量范围为 5 ppm~100 ppm，测量精度 ±15%；
- f) 电气接点温度传感器应能测量接线端子、分接连片温度，宜采用磁场取电方式，启动电流不大于 5 A；测量范围为 -30 °C~150 °C，测量精度 ±2 °C；
- g) 绕组和铁心温度传感器应采用分度号为 PT100 的铂电阻，引线应采用三线制，传输引线电阻不应大于 10 Ω（各引线电阻之间的偏差不得超过 ±1%）；数量不小于 4 路，外形尺寸不大于 φ4.0 mm×40 mm。测量范围 -30 °C~200 °C，PT100 铂电阻精度为 B 级，测量精度 ±2 °C；
- h) 局部放电传感器宜采用脉冲电流传感器，检测频率 500 kHz~30 MHz，局放监测装置测量范围 10 pC~10 nC，灵敏度 10 pC，幅值线性度误差不大于 15%；
- i) 振动传感器宜采用加速度传感器，频响范围 10 Hz~1 000 Hz，加速度量程 ±16 g，速度 0 mm/s~200 mm/s，位移 0 μm~2 000 μm，测量精度 ±10%；
- j) 噪音传感器测量范围为 30 dB~120 dB，测量精度 0.5 dB；
- k) 水浸传感器采用无源开关量输出。

7.2.2.2 安装要求

非电量传感器安装应满足下列要求：

- a) 液浸式智能配变液体温度、压力、液位传感器宜通过法兰或 $\phi 52 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$ 螺纹安装在箱盖顶部的液位计底座上，法兰应与密封胶圈配合，安装后不影响变压器的密封性能；
- b) 液浸式智能配变液体温度传感器采用接触式测温探头时，测温探头应深入油内 $120 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ 位置；
- c) 干式智能配变绕组温度传感器的 PT100 铂电阻直接插入到低压出线铜排旁预留的测温孔内；
- d) 干式智能配变铁心温度传感器的 PT100 铂电阻放置在铁心顶部中间位置，或铁心与夹件之间的缝隙；
- e) 干式智能配变局放传感器宜集成到高压绝缘子内；
- f) 电气接点温度传感器采用取电抱箍或扎带固定在变压器接线端子、分接连片上；
- g) 振动传感器安装在变压器本体铁心或夹件上；
- h) 噪音传感器安装在智能测控单元箱底部，测量探头从底部开孔伸出；
- i) 水浸传感器安装在变压器下夹件处或底座上。

7.2.2.3 工作电源

非电量传感器工作电源应满足下列要求：

- a) 电气接点温度传感器应采用磁场取电方式，启动电流不大于 5 A；
- b) 其它传感器宜采用 DC 12 V 工作电源，应由智能测控单元提供。

7.2.2.4 电磁兼容性能

传感器电磁兼容性能应符合 GB/T 15153.1 的规定。

7.2.2.5 其它要求

非电量传感器其他要求如下：

- a) 传感器开关量输出触点容量为 AC220 V/5 A；
- b) 噪音传感器防护性能应不低于 IP30，其它传感器的防护性能应不低于 IP66。

7.3 智能测控单元

7.3.1 技术要求

7.3.1.1 环境条件

智能测控单元正常运行环境条件应满足：

- a) 温度：智能测控单元工作、储存和运输时温度条件应符合表 3 规定；
- b) 湿度：0~90%相对湿度，不凝露。

表 3 温度条件

工作温度 ℃		储存、运输温度 ℃		类型
低温	高温	低温	高温	
-10	+60	-20	+70	室内型
-20	+70	-40	+70	室外型
-40	+70	-55	+85	室外宽温型

7.3.1.2 工作电源

智能测控单元供电电源应满足：

- a) 使用交流三相四线供电，在一相或二相电压异常时能正常工作；
- b) 额定电压：AC220 V/380 V，允许偏差-20%~+20%；
- c) 工作频率：50 Hz，允许偏差-10%~+10%。

7.3.1.3 接口和安装

智能测控单元的接口和安装应符合下列要求：

- a) 智能测控单元应具备数据采集接口，通信接口，执行控制接口；

- b) 应具备至少 4 路开关量输入接口；
- c) 应具备至少 4 路开关量输出接口；
- d) 宜提供传感器用的 DC 12 V 电源，输出功率不低于 5 W；
- e) 干式智能配变的智能测控单元宜嵌入到干变外壳；
- f) 液浸式智能配变的智能测控单元宜安装在油箱侧壁。

7.3.1.4 防护等级

外壳防护等级应不低于 GB 4208-2008 规定的 IP54 级别。

7.3.1.5 软件要求

智能测控单元宜采用嵌入式操作系统，系统应满足如下要求：

- a) 具备进程管理、内存管理等功能；
- b) 支持本地和远程查询终端设备硬件信息，至少包括设备名称、硬件版本信息、设备通信接口信息；
- c) 支持本地和远程查询终端设备软件信息，至少包括设备状态、设备启动时间及设备当前时间；
- d) 支持系统异常信息上报，异常信息见附录 C；
- e) 应支持监测通信状态，状态异常时能主动尝试恢复；
- f) 支持日志管理功能。

7.3.1.6 性能要求

7.3.1.6.1 开关量输入接口要求

开关量输入接口采用无源节点方式。遥信输入应具有防抖功能，防抖时间默认为 20 ms，参数可设置 10 ms~6 000 ms，分辨率为 5 ms。

7.3.1.6.2 智能配变基本数据信息要求

智能配变基本数据信息见附录 D，模拟量及精度要求如下：

- a) 低压侧电压：额定输入 220 V，精度等级为 0.5 级；
- b) 低压侧电流：额定输入 5 A，精度等级为 0.5 级；
- c) 高压侧电压：额定输入 $3.25/\sqrt{3}$ V，精度等级为 0.5 级；
- d) 高压侧电流：额定输入 5 mA、7.5 mA、10 mA、15 mA、25 mA，精度等级为 0.5 级；
- e) 功率因数：精度等级为 1 级；
- f) 有功功率：精度等级为 1 级；
- g) 无功功率：精度等级为 1 级；
- h) 频率：采样范围 45 Hz~55 Hz，测量精度为 ± 0.02 Hz。

7.3.1.6.3 功率消耗

智能测控单元的功率消耗应满足以下要求：

- a) 整机功耗： ≤ 10 VA；
- b) 低压侧电流回路功耗： ≤ 0.5 VA（单相）；
- c) 低压侧电压回路功耗： ≤ 0.5 VA（单相）。

7.3.1.7 二次回路要求

智能测控单元二次回路应符合 GB/T 14285-2006 中 6.1 的相关规定。

7.3.1.8 电磁兼容性能

智能测控单元电磁兼容性能应符合 GB/T 15153.1 的规定。

7.3.2 型式要求

7.3.2.1 接线端子

智能测控单元的接线端子应满足以下要求：

- a) 互感器二次侧电流接线截面积不应小于 4 mm^2 ，电压接线截面积不应小于 2.5 mm^2 ；
- b) 一体式交流互感器的二次输出电缆心线截面应不小于 0.5 mm^2 ；
- c) 开关量输入、输出接口宜采用 3.81 mm 间距压线端子。

7.3.2.2 标志及标识

智能测控单元的标志及标识应满足以下要求：

- a) 智能测控单元标志所用文字应为规范中文，可以同时使用外文；
- b) 智能测控单元标志应清晰、牢固、易于识别；
- c) 智能测控单元应有下列标识：
 - 1) 生产日期；
 - 2) 产品编号；
 - 3) 名称及产品型号；
 - 4) 制造厂名称及注册商标；
 - 5) 额定电压、额定电流、标称频率；
 - 6) 工作状态指示。

7.3.3 信息通信

7.3.3.1 智能测控单元与外部系统或终端通信

7.3.3.1.1 通信接口

智能配变与外部系统或终端进行信息交互和参数配置、系统维护、软件升级的硬件接口一般由智能测控单元的边缘网关提供，包括串行、网络、无线、载波等接口。

- a) 串行通信接口：应具备 1 个符合 RS232 标准的接口，三线制，端子连接或 DB9 母头插座接口。应具备 1 个符合 RS485 标准的接口，二线制，端子连接；
- b) 网络通信接口：应具备 1 个符合 100/1 000Base-T 标准的以太网接口，RJ45 插座带指示灯接口；
- c) 4G/5G 通信接口：应具备 1 个符合全网通标准的 4G/5G 模块，配有天线接口、指示灯、SIM 卡插口。宜使用内置 GPS/BD 模块，可以实现对时和定位功能，GPS/BD 配有天线接口；
- d) 蓝牙/WiFi/USB 通信接口：宜具备蓝牙/WiFi/USB 通信接口各 1 个；蓝牙符合 WLAN 标准 Bluetooth V4.0；USB 符合 USB Host 驱动程序，支持 USB 键盘、USB 鼠标和 U 盘；USB OTG 驱动程序，支持 HOST 和 Device 功能驱动切换；
- e) Lora 无线通信接口：宜具备一个 Lora 无线通信接口，采用端到端透明传输，有天线接口和收发指示灯；
- f) 载波通信接口：宜具备一个载波通信接口，采用端到端载波透明传输，单相 220 V 接线端子，有收发指示灯。

7.3.3.1.2 通信协议

智能测控单元与外部系统或终端通信协议应满足以下要求：

- a) 应符合 GB/T 19582.1 定义的 Modbus 协议；
- b) 应符合 DL/T 634.5101 规定的通信协议；
- c) 宜符合 MQTT 物联网协议。

7.3.3.1.3 通信信息

智能测控单元与外部系统或终端通信信息应满足以下要求：

- a) Modbus 协议数据定义应包括但不限于附录 E 中给出的信息；
- b) 101 通信协议，数据定义应包括但不限于附录 F 中给出的信息；
- c) MQTT 物联网协议，数据模型定义应包括但不限于附录 G 中给出的信息。

7.3.3.2 智能测控单元与传感器和控制执行组件通信

7.3.3.2.1 通信接口

智能测控单元与传感器和控制执行组件通信接口应满足以下要求：

- a) 应具备 RS-485 通信接口、开关量输入接口、开关量输出接口，数量应满足智能配变功能需求；
- b) 应支持微功率无线通信方式，宜支持蓝牙、WiFi 等无线通信方式；
- c) 变压器接线端子、分接连接片温度传感器应采用 2.4 GHz 微功率无线通信方式；
- d) 其它传感器可采用 RS-485 有线通信或 2.4 GHz (发射功率应不大于 10 mW)/470 MHz (发射功率应不大于 50 mW) 无线通信方式。

7.3.3.2.2 通信协议

应支持 GB/T 19582.1 规定的协议，采用传感测控单元要求的数据格式或自有数据格式时，应公开所有数据格式，并注明含义。

7.3.3.2.3 通信信息

通信信息数据应包括但不限于附录 H 中给出的信息。

7.3.3.3 维护、配置和软件升级

应具备通过有线或无线的通信接口实现就地或远程维护、配置、软件升级的功能。

7.3.3.3.1 基本功能要求

维护升级软件应包括下列基本功能：

- a) 登录验证及管理功能；
- b) 实时数据查询；
- c) 历史数据查询；
- d) 参数查询及设置；
- e) 运行控制操作；
- f) 程序升级；
- g) 对时。

7.3.3.3.2 报文传输方式

应具备安全的维护、配置、升级数据传输模式：

- a) 内部明文传输；
- b) 内部密文传输。

7.3.3.4 信息安全

信息安全应满足以下要求：

- a) 应采用国家密码管理局认定的 SM1、SM2、SM3、SM4 等国密算法，实现安全防护功能；
- b) 应采用密码安全认证方式，实现智能配变与外部终端或外部系统之间的身份认证。

7.4 控制执行组件

7.4.1 有载调压开关应符合 GB/T 10230.1 的要求。

7.4.2 有载调容开关应符合 DL/T 1853 和 JB/T 13750 的要求。

7.4.3 风机应符合 JB/T 8971 的要求。

8 试验

8.1 试验分类

智能配变的试验包括智能测控单元试验、智能配变整机试验两部分。其中整机试验分为例行试验、型式试验和特殊试验。

8.2 智能测控单元试验

8.2.1 试验项目

智能测控单元试验项目分为型式试验和出厂试验两种，应符合表4规定。

表 4 智能测控单元试验项目

序号	检测项目		型式试验	出厂试验
1	一般检查	外观检查	√	√
2	电源及电源影响	电源断相	√	√
		电源电压变化影响		
		功率消耗		
3	绝缘性能	绝缘电阻	√	-
		绝缘强度		
		冲击电压		
4	电磁兼容	工频磁场和阻尼振荡磁场干扰试验	√	-
		电快速瞬变脉冲群干扰试验		
		振荡波干扰试验		
		浪涌干扰试验		
		静电放电干扰		
		脉冲磁场干扰		
		辐射电磁场干扰		
		电源电压突降		
		电压中断干扰		
抗高频干扰				
5	功能试验	*	√	√
6	环境试验	高温试验	√	-
		低温试验		
		湿热试验		
7	性能试验	交流输入模拟量基本误差试验	√	√
		交流模拟量输入的影响量试验		
		工频交流输入量的其它试验		
8	机械性能	机械振动强度	√	-
9	连续通电试验		√	-

注：*根据智能测控单元类型（基本型、标准型、扩展型）选择试验项目。

8.2.2 试验方法

智能测控单元试验方法应满足以下规定：

- a) 一般检查：应按 DL/T 721-2013 的 5.10 规定执行；
- b) 电源及电源影响：应按 DL/T 721-2013 的 5.6 规定执行；
- c) 绝缘性能：应按 DL/T 721-2013 的 5.3 规定执行；
- d) 电磁兼容性能试验：应按 GB/T 15153.1 规定执行；
- e) 功能试验：应符合 7.3 要求，试验方法应按 DL/T 721-2013 的 5.2 规定执行；
- f) 环境试验：
 - 1) 高、低温试验应按 DL/T 721-2013 的 5.4 规定执行；
 - 2) 湿热试验应按 GB/T 13729-2019 的 6.5 规定执行。

- g) 性能试验：性能指标应符合 7.3.1.6 要求，试验方法应按 DL/T 721-2013 的 5.2 规定执行；
- h) 机械性能试验：应按 DL/T 721-2013 的 5.7 规定执行；
- i) 连续通电试验：应按 DL/T 721-2013 的 5.8 规定执行。

8.3 智能配变整机试验

8.3.1 本体试验

变压器本体试验应按照 GB/T 1094.1 中有关例行试验、型式试验和特殊试验的规定执行。

8.3.2 整机试验项目

8.3.2.1 例行试验

智能配变整机例行试验，应包括以下试验项目：

- a) 智能测控单元工频耐压试验：接线端子之间及接线端子对地施加工频电压 2 kV，历时 1 min 应不出现闪络及击穿；
- b) 开关量传感的准确度检测，包括：低液位传感、压力释放传感、外壳门状态传感、水浸传感；
- c) 非电量模拟量传感精度检测，包括：液位传感、液体压力传感、温度传感、噪音传感、振动传感、局部放电传感、微水含量传感、氢气含量传感；
- d) 电量传感精度检测，包括：10 kV 一体式交流互感、0.4 kV 电流互感。

8.3.2.2 型式试验

智能配变整机型式试验，应包括以下试验项目：

- a) 智能配变输出的其他电量精度检测，包括：高压和低压侧功率因数、空载损耗、空载电流、负载损耗、阻抗电压；
- b) 智能配变整机型式试验，包括：变压器带负载运行试验。

8.3.2.3 特殊试验

智能配变整机特殊试验：模拟变压器内部短路故障试验（可选）。

8.3.3 整机试验方法

智能配变整机试验方法应满足以下要求：

- a) 例行试验、型式试验、特殊试验，其基本试验内容、试验程序和试验方法应按照 GB/T 1094.1、GB/T 1094.2、GB/T 1094.3、GB/T 1094.5、GB 20052、GB/T 6451、GB/T 1094.10、JB/T 10088、DL/T 1853、GB/T 1094.11、GB/T 10228 和 JB/T 501 等标准的规定进行；
- b) 开关量传感的准确度检测：应采用同型压力释放阀、液位传感器（低液位）、外壳门的行程开关与智能测控单元连接，改变传感器微开关状态，对比传感器微开关实际状态与智能测控单元输出状态，验证各开关量传感的准确度。
- c) 非电量模拟量传感精度检测：应采用同型液位传感器、液体压力传感器、温度传感器、噪音传感器、振动传感器、局部放电传感器、微水含量传感器、氢气含量传感器、水浸传感器与智能测控单元连接，宜采用专用标准检测仪器（见附录 I）检测传感器理论精度，通过将理论精度与智能测控单元测量输出进行对比以验证各非电量传感精度；
- d) 电量传感器精度检测：
 - 1) 低压侧电压：在变压器做空载损耗和空载电流测量试验时，读取低压侧电压真值，同时对应读取智能测控单元中的测量值，两者对比计算百分误差，应符合 7.3.1.6.2 规定的精度要求；
 - 2) 高压侧电压：应按附录 J，从智能配变高压侧做空载试验，读取高压侧电压真值，同时对应读取智能测控单元中的测量值，两者对比计算百分误差，应符合 7.3.1.6.2 规定的精度要求；
 - 3) 高压侧电流、低压侧电流：在变压器做短路阻抗和负载损耗测量试验时，应在变压器低压侧配置高精度 CT 和功率分析仪（CT 和功率分析仪精度不低于 0.2 级），同步采集高、

低压侧电流值。试验时，读取高压侧电流、低压侧电流真值，同时对应读取智能测控单元中的数值，两者对比计算百分误差，应符合 7.3.1.6.2 规定的精度要求；

- e) 智能配变输出的其它电量精度检测：
- 1) 高、低压侧功率因数：包括在变压器带负载运行试验中。
 - 2) 空载损耗、空载电流：在变压器做空载损耗和空载电流测量试验时，读取空载损耗、空载电流真值，同时对应读取智能测控单元中的测量值，两者对比计算百分误差，应符合 7.3.1.6.2 规定的精度要求；
 - 3) 负载损耗、阻抗电压：在变压器做负载损耗和短路阻抗测量试验时，读取负载损耗、阻抗电压真值，同时对应读取智能测控单元中的测量值，两者对比计算百分误差，应符合 7.3.1.6.2 规定的精度要求；
- f) 变压器带负载运行试验：变压器低压侧加载功率因数不小于 0.8 的负载，按三相平衡和不平衡两种情况分别试验。三相不平衡时，负载不平衡度不小于 15%且不大于 25%。智能测控单元与变压器低压侧相连，对变压器高压侧供电，读取智能测控单元中 7.3.1.6.2 中规定的智能配变输出基本信息，与变压器实际状态真值对比，开关量和数字量应与真值相同，模拟量应符合 7.3.1.6.2 规定的精度要求；
- g) 模拟变压器内部短路故障试验：若选择此项试验，变压器设计制造时，应将短路线圈抽头引出，便于操作人员短接。同时，应告知从高压侧还是低压侧试验，以及试验电压和电流值。根据提供的试验电压和电流值进行试验，读取智能测控单元，是否显示“变压器匝间、层间、段间或饼间短路故障”。

9 运输

智能配变结构应在经过正常的铁路、公路及水路运输后相互位置不变，紧固件不松动。智能配变的组件、部件的结构及布置位置应不妨碍吊装、运输及运输中的紧固定位。

10 验收

设备制造方应提交型式试验报告、例行试验报告、整机试验报告等，且均应符合合同或技术协议规定的要求。

附录 A
(资料性)
智能配变典型组成示意图

智能配变典型组成见图A.1

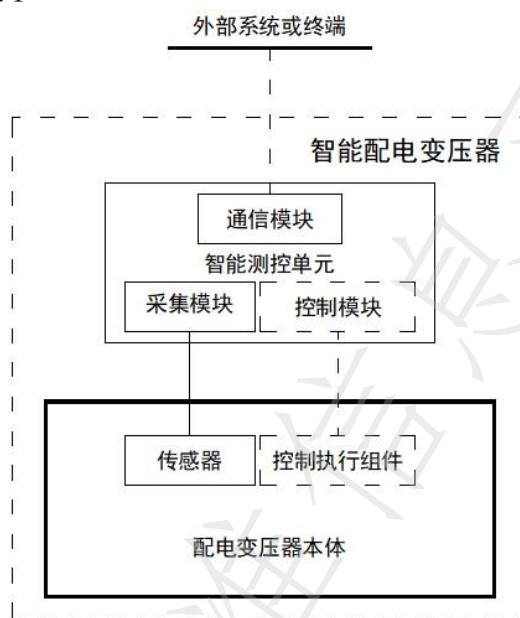


图 A.1 智能配变典型组成示意图

附 录 B
(资料性)
智能配变功能配置

B.1 表 B.1 给出了智能配变传感器配置。

表 B.1 智能配变传感器配置表

配置	基本型	标准型	扩展型
0.4 kV 电流互感器	√	√	√
液位传感器 (液浸式)	√	√	√
液体压力传感器 (液浸式)	√	√	√
液体温度传感器 (液浸式)	√	√	√
绕组温度传感器 (干式)	√	√	√
铁心温度传感器 (干式)	√	√	√
外壳门状态传感器 (干式)	√	√	√
冷却风机 (干式)	√	√	√
10 kV 一体式交流互感器		√	√
电气接点温度传感器		√	√
环境温度传感器		√	√
噪音传感器			√
振动传感器			√
局部放电传感器 (干式)			√
微水含量传感器 (液浸式)			√
氢气含量传感器 (液浸式)			√
水浸传感器 (干式)			√

B.2 表 B.2 给出了智能配变功能配置。

表 B.2 智能配变功能配置表

类型	配置	基本型	标准型	扩展型
监测	低压侧电压、电流	√	√	√
	低压侧功率因数	√	√	√
	低压侧电压频率	√	√	√
	低压侧有功和无功功率	√	√	√
	低压侧电压频率偏差	√	√	√
	低压侧三相电压和电流不平衡度	√	√	√
	低压侧电压波动、电压偏差	√	√	√
	低压侧各相电压、电流谐波	√	√	√
	低压侧零序电压、电流	√	√	√
	液位、液压、液面温度 (液浸式)	√	√	√
	绕组温度、铁心温度 (干式)	√	√	√
	外壳门状态、风机启停状态 (干式)	√	√	√
	高压侧电压、电流		√	√
	高压侧功率因数		√	√
	高压侧电压频率		√	√
	高压侧有功和无功功率		√	√
	高压侧电压频率偏差		√	√
	高压侧三相电压不平衡度		√	√
	高压侧电压波动、电压偏差		√	√
	高压侧各相电压、电流谐波		√	√
	实时空载和负载损耗、短路阻抗、空载电流		√	√
	运行效率		√	√
	变压器容量评估		√	√
	高低压接线端子、分接连片温度		√	√
	环境温度、绕组温升 (液浸式)		√	√

	噪音、振动			√
--	-------	--	--	---

表B.2 智能配变功能配置表（续）

类型	配置	基本型	标准型	扩展型
监测	水位（干式）			√
	局放（干式）			√
	微水含量、氢气含量（液浸式）			√
	高压侧保护元件信息			√
告警	低压侧电压越限	√	√	√
	三相电压和电流不平衡度超差	√	√	√
	电压波动范围超差	√	√	√
	变压器重载、过载、重过载	√	√	√
	低压侧电流总谐波含量超差	√	√	√
	零线电流超差	√	√	√
	低液位、压力释放、油箱密封性被破坏、液体温度过高、压力异常变化（液浸式）	√	√	√
	绕组温度过高、铁心温度过高、带电异常开门、风机故障（干式）	√	√	√
	高压侧缺相运行		√	√
	高压侧电压越限、电压不平衡度超差、电压波动范围超差		√	√
	高压侧电压总谐波含量超差、偶次谐波含量超差		√	√
	空载和负载损耗异常突变		√	√
	匝间、层间段间或饼间短路故障		√	√
	高低压接线端子、分接连片温度过高		√	√
	过载允许运行时间		√	√
	噪音、振动异常			√
	浸水（干式）			√
	局放超差（干式）			√
	微水含量超差、氢气含量超差、氢气含量增长速率越限			√
	熔断器熔断、避雷器放电			√
	负荷开关断开、接地刀断开和故障指示			√
	控制	控制散热风机启停	√	√
有载调压			√	√
有载调容				√
辅助策略	根据低压侧电压监测情况，提出调压策略			√
	根据低压侧三相负荷不平衡监测情况，提出三相负荷调整策略			√
	根据变压器运行功率历史数据，提出变压器运行容量调整策略和负荷控制策略			√

附录 C

(资料性)

智能测控单元异常信息数据点表

表C.1给出了智能测控单元异常信息。

表 C.1 智能测控单元异常信息数据点表

异常信息	数据项名称	数据长度 (字节)	数据位标识					
低压侧电压越限告警	状态字 1	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
低压侧电压不平衡度越限告警	状态字 2	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
低压侧电流不平衡度越限告警	状态字 3	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
低压侧电压波动越限告警	状态字 4	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
变压器重载告警	状态字 5	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
变压器过载告警	状态字 6	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
变压器重过载告警	状态字 7	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
低压侧电流总谐波含量超差告警	状态字 8	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
变压器零线电流超差的告警	状态字 9	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
高压侧缺相运行告警	状态字 10	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
高压侧电压越限告警	状态字 11	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
高压侧电压不平衡度越限告警	状态字 12	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
高压侧电压波动越限告警	状态字 13	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
高压侧电压偶次谐波含量超差告警	状态字 14	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
变压器空载损耗异常突变告警	状态字 15	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
变压器负载损耗异常突变告警	状态字 16	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
匝间、层间、段间或饼间短路故障告警	状态字 17	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
低油位告警(液浸式)	状态字 18	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
压力释放开启告警(液浸式)	状态字 19	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
油箱密封性破坏告警(液浸式)	状态字 20	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
液面温度过高告警(液浸式)	状态字 21	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
油箱内异常压力告警(液浸式)	状态字 22	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
绕组温度过高告警(干式)	状态字 23	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
铁心温度过高告警(干式)	状态字 24	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
干变带电异常开门告警(干式)	状态字 25	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
风机故障告警(干式)	状态字 26	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
高压 A 相接线端子温度过高告警	状态字 27	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
高压 B 相接线端子温度过高告警	状态字 28	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
高压 C 相接线端子温度过高告警	状态字 29	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
低压 a 相接线端子温度过高告警	状态字 30	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
低压 b 相接线端子温度过高告警	状态字 31	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
低压 c 相接线端子温度过高告警	状态字 32	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
低压 o 相接线端子温度过高告警	状态字 33	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
高压 A 相分接片温度过高告警(干式)	状态字 34	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
高压 B 相分接片温度过高告警(干式)	状态字 35	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
高压 C 相分接片温度过高告警(干式)	状态字 36	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
噪音异常告警	状态字 37	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
振动异常告警	状态字 38	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
水浸告警(干式)	状态字 39	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
局放超差告警(干式)	状态字 40	1	0x00	正常	0x01	告警产生	0x02	告警消失
微水含量超差(液浸式)	状态字 41	1	0x00 正常 0x01 异常					
氢气含量超差(液浸式)	状态字 42	1	0x00 正常 0x01 异常					
氢气含量增长速率过快(液浸式)	状态字 43	1	0x00	正常	0x01	告警	0x02	速率过快 0x03 告警消失

变压器异常总告警	状态字 44	1	0x00 正常 0x01 告警产生 0x02 告警消失
----------	--------	---	-----------------------------

表 C.1 智能测控单元异常信息数据点表（续）

异常信息	数据项名称	数据长度 (字节)	数据位标识
过载允许运行时间预警	状态字 45		0x00 正常 0x01 告警产生 0x02 告警消失
外壳门状态（干式）	状态字 46	1	0x00 断开 0x01 闭合
散热风机启停状态开关量（干式）	状态字 47	1	0x00 断开 0x01 闭合
油箱密封性（液浸式）	状态字 48	1	0x00 正常 0x01 泄露

附录 D

(资料性)

智能配变基本数据信息

表D.1给出了智能配变基本数据信息。

表 D.1 智能配变基本数据信息

模拟量	数字量	开关量
低压侧A相电流有效值	液位(液浸式)	低液位(液浸式)
低压侧B相电流有效值	液体压力(液浸式)	压力释放(液浸式)
低压侧C相电流有效值	液体温度(液浸式)	外壳门状态(干式)
低压侧电流有效值	(有载调压)分接档位	散热风机启停状态(干式)
低压侧A相电压有效值	(有载调压)动作类型	
低压侧B相电压有效值	(有载调压)动作时间	
低压侧C相电压有效值	(有载调压)历史动作次数	
低压侧电压有效值	环境温度(液浸式)	
高压侧A相电压有效值	高压A相接端子温度	
高压侧B相电压有效值	高压B相接端子温度	
高压侧C相电压有效值	高压C相接端子温度	
高压侧电压有效值	低压a相接端子温度	
高压侧A相电流有效值	低压b相接端子温度	
高压侧B相电流有效值	低压c相接端子温度	
高压侧C相电流有效值	低压o相接端子温度	
高压侧电流有效值	高压A相分接连片温度(干式)	
绕组温度(干式)	高压B相分接连片温度(干式)	
铁心温度(干式)	高压C相分接连片温度(干式)	
低压侧A相功率因数	(有载调容)分接档位	
低压侧B相功率因数	(有载调容)动作类型	
低压侧C相功率因数	(有载调容)动作时间	
低压侧功率因数	(有载调容)历史动作次数	
高压侧A相功率因数	噪音	
高压侧B相功率因数	振动	
高压侧C相功率因数	局放模拟量	
高压侧功率因数	微水含量(液浸式)	
空载损耗	氢气含量(液浸式)	
负载损耗	水位(干式)	

附录 E

(资料性)

Modbus 协议数据点表

表E. 1~E. 4给出了智能配变Modbus 协议数据点的定义。

表 E. 1 状态量点表(功能码 1/2)

起始地址	描述	大小 (寄存器数量)
0	外壳门状态 (干式)	1
	散热风机启停状态开关量 (干式)	
	低压侧电压越限告警	
	低压侧电压不平衡度越限告警	
	低压侧电流不平衡度越限告警	
	低压侧电压波动越限告警	
	变压器重载告警	
	变压器过载告警	
1	变压器重过载告警	1
	低压侧电流总谐波含量超差告警	
	变压器零线电流超差的告警	
	低油位告警 (液浸式)	
	压力释放开启告警 (液浸式)	
	油箱密封性监测 (液浸式)	
	油箱密封性损坏告警 (液浸式)	
	液面温度过高告警 (液浸式)	
2	油箱内异常压力告警 (液浸式)	1
	绕组温度过高告警 (干式)	
	铁心温度过高告警 (干式)	
	干变带电异常开门告警 (干式)	
	风机故障告警 (干式)	
	高压侧缺相运行告警	
	高压侧电压越限告警	
	高压侧电压不平衡度越限告警	
3	高压侧电压波动越限告警	1
	高压侧电压偶次谐波含量超差告警	
	变压器空载损耗异常告警	
	变压器负载损耗异常告警	
	匝间、层间、段间或饼间短路故障告警	
	高压A相接端子温度过高告警	
	高压B相接端子温度过高告警	
	高压C相接端子温度过高告警	
4	低压a相接端子温度过高告警	1
	低压b相接端子温度过高告警	
	低压c相接端子温度过高告警	
	低压o相接端子温度过高告警	
	高压A相分接连片温度过高告警 (干式)	
	高压B相分接连片温度过高告警 (干式)	
	高压C相分接连片温度过高告警 (干式)	
	过载允许运行时间预警	
5	噪音异常告警	1
	振动异常告警	
	水浸告警 (干式)	
	局放超差告警 (干式)	
	微水含量超差 (液浸式)	
	氢气含量超差 (液浸式)	
	氢气含量增长速率超限 (液浸式)	

表E.1 状态量点表(功能码1/2) (续)

起始地址	描述	大小(寄存器数量)
5	变压器异常总告警	1
6	保留	1
	保留	
	保留	
	保留	
	保留	
	保留	

表E.2 控制点表(功能码5)

起始地址	描述	大小(寄存器数量)
0	接收后台发出有载调压控制指令	1
1	接收后台发出有载调容控制指令	1
2	接收后台散热风机启停控制指令(干式)	1
3	保留	1

表E.3 测量数据点表(功能码3/4)

起始地址	描述	单位	小数位	大小(寄存器数量)
0	低压侧A相电流有效值	A	2	2
2	低压侧B相电流有效值	A	2	2
4	低压侧C相电流有效值	A	2	2
6	低压侧电流有效值	A	2	2
8	低压侧A相电压有效值	V	1	2
10	低压侧B相电压有效值	V	1	2
12	低压侧C相电压有效值	V	1	2
14	低压侧电压有效值	V	1	2
16	高压侧A相电压有效值	V	1	2
18	高压侧B相电压有效值	V	1	2
20	高压侧C相电压有效值	V	1	2
22	高压侧电压有效值	V	1	2
24	高压侧A相电流有效值	A	2	2
26	高压侧B相电流有效值	A	2	2
28	高压侧C相电流有效值	A	2	2
30	高压侧电流有效值	A	2	2
32	低压侧A相功率因数	-	4	2
34	低压侧B相功率因数	-	4	2
36	低压侧C相功率因数	-	4	2
38	低压侧功率因数	-	4	2
40	高压侧电压频率	Hz	1	2
42	低压侧电压频率	Hz	1	2
44	高压侧电压频率偏差	%	1	2
46	低压侧电压频率偏差	%	1	2
48	高压侧A相功率因数	-	4	2
50	高压侧B相功率因数	-	4	2
52	高压侧C相功率因数	-	4	2
54	高压侧功率因数	-	4	2
56	高压侧电压不平衡度	%	1	2
58	高压侧电流不平衡度	%	1	2
60	低压侧电压不平衡度	%	1	2
62	低压侧电流不平衡度	%	1	2
64	高压侧A相电压波动	%	1	2

表E.3 测量数据点表（功能码3/4）（续）

起始地址	描述	单位	小数位	大小（寄存器数量）
66	高压侧B相电压波动	%	1	2
68	高压侧C相电压波动	%	1	2
70	高压侧电压波动	%	1	2
72	低压侧A相电压波动	%	1	2
74	低压侧B相电压波动	%	1	2
76	低压侧C相电压波动	%	1	2
78	低压侧电压波动	%	1	2
80	高压侧A相电压偏差	%	1	2
82	高压侧B相电压偏差	%	1	2
84	高压侧C相电压偏差	%	1	2
86	高压侧电压偏差	%	1	2
88	低压侧A相电压偏差	%	1	2
90	低压侧B相电压偏差	%	1	2
92	低压侧C相电压偏差	%	1	2
94	低压侧电压偏差	%	1	2
96	高压侧电压总谐波含量	%	1	2
98	高压侧电压偶次谐波含量	%	1	2
100	高压侧电流总谐波含量	%	1	2
102	低压侧电压总谐波含量	%	1	2
104	低压侧电流总谐波含量	%	1	2
106	高压侧电压正序分量有效值	V	1	2
108	高压侧电压负序分量有效值	V	1	2
110	高压侧电压零序分量有效值	V	1	2
112	高压侧电流正序分量有效值	A	1	2
114	高压侧电流负序分量有效值	A	1	2
116	高压侧电流零序分量有效值	A	1	2
118	低压侧电压正序分量有效值	V	1	2
120	低压侧电压负序分量有效值	V	1	2
122	低压侧电压零序分量有效值	V	1	2
124	低压侧电流正序分量有效值	A	1	2
126	低压侧电流负序分量有效值	A	1	2
128	低压侧电流零序分量有效值	A	1	2
130	高压A相有功功率有效值	W	1	2
132	高压B相有功功率有效值	W	1	2
134	高压C相有功功率有效值	W	1	2
136	高压有功功率有效值	W	1	2
138	高压A相无功功率有效值	W	1	2
140	高压B相无功功率有效值	W	1	2
142	高压C相无功功率有效值	W	1	2
144	高压无功功率有效值	W	1	2
146	低压A相有功功率有效值	W	1	2
148	低压B相有功功率有效值	W	1	2
150	低压C相有功功率有效值	W	1	2
152	低压有功功率有效值	W	1	2
154	低压A相无功功率有效值	W	1	2
156	低压B相无功功率有效值	W	1	2
158	低压C相无功功率有效值	W	1	2
160	低压无功功率有效值	W	1	2
162	油位（液浸式）	mm	0	2
164	压力（液浸式）	kPa	1	2
166	液面温度（液浸式）	℃	1	2
168	绕组温度（干式）	℃	1	2

表E.3 测量数据点表（功能码3/4）（续）

起始地址	描述	单位	小数位	大小（寄存器数量）
170	铁心温度（干式）	℃	1	2
172	空载损耗	W	1	2
174	负载损耗	W	1	2
176	空载电流	%	3	2
178	阻抗电压	%	3	2
180	变压器运行效率	%	2	2
182	变压器容量（评估）	kVA	0	2
184	环境温度（液浸式）	℃	1	2
186	绕组温升（液浸式）	K	1	2
188	高压A相接线端子温度	℃	1	2
190	高压B相接线端子温度	℃	1	2
192	高压C相接线端子温度	℃	1	2
194	低压a相接线端子温度	℃	1	2
196	低压b相接线端子温度	℃	1	2
198	低压c相接线端子温度	℃	1	2
200	低压o相接线端子温度	℃	1	2
202	高压A相分接连片温度（干式）	℃	1	2
204	高压B相分接连片温度（干式）	℃	1	2
206	高压C相分接连片温度（干式）	℃	1	2
208	噪音	dB	1	2
210	振动	mm/s ²	1	2
212	水位（干式）	cm	1	2
214	变压器寿命（估算）	Year	1	2
216	局放（干式）	Pc	1	2
218	微水含量（液浸式）	mg/L	1	2
220	氢气含量（液浸式）	μL/L	1	2
222	（有载调压）分接档位	-	0	2
224	（有载调容）分接档位	-	0	2
226	（有载调压）历史动作次数	-	0	2
228	（有载调容）历史动作次数	-	0	2

表 E.4 设定值数据点表（功能码 6）

起始地址	描述	单位	大小（寄存器数量）
0	重载定值	%	2
2	过载定值	%	2
4	重过载定值	%	2
6	液面温度过高定值	℃	2
8	绕组温度过高定值	℃	2
10	铁心温度过高定值	℃	2
12	变压器空载损耗异常突变定值	%	2
14	变压器负载损耗异常突变定值	%	2
16	接线端子温度过高定值	℃	2
18	分接连片温度过高定值	℃	2
20	水浸告警定值	cm	2
22	局放超差告警定值	Pc	2
24	调压升压策略	-	2
26	调压降压策略	-	2
28	A相负荷增加策略	%	2
30	A相负荷降低策略	%	2
32	B相负荷增加策略	%	2
34	B相负荷降低策略	%	2
36	C相负荷增加策略	%	2
38	C相负荷降低策略	%	2
40	容量增加策略	%	2
42	容量减少策略	%	2
44	负荷减少策略	%	2
46	保留	-	2

附录 F

(资料性)

101 协议数据点表

表F.1~F.4给出了智能配变101协议数据点的定义。

串行通信协议采用非平衡模式，网络通信或者无线通信采用平衡模式，规约中使用的链路地址、传送原因、公共地址、信息体地址均为2个字节。

表 F.1 状态量点表

序号	信息体地址(十六进制)	描述
1	001H	外壳门状态(干式)
2	002H	散热风机启停状态开关量(干式)
3	003H	低压侧电压越限告警
4	004H	低压侧电压不平衡度越限告警
5	005H	低压侧电流不平衡度越限告警
6	006H	低压侧电压波动越限告警
7	007H	变压器重载告警
8	008H	变压器过载告警
9	009H	变压器重过载告警
10	00AH	低压侧电流总谐波含量超差告警
11	00BH	变压器零线电流超差的告警
12	00CH	低油位告警(液浸式)
13	00DH	压力释放开启告警(液浸式)
14	00EH	油箱密封性监测(液浸式)
15	00FH	油箱密封性损坏告警(液浸式)
16	010H	液面温度过高告警(液浸式)
17	011H	油箱内异常压力告警(液浸式)
18	012H	绕组温度过高告警(干式)
19	013H	铁心温度过高告警(干式)
20	014H	干变带电异常开门告警(干式)
21	015H	风机故障告警(干式)
22	016H	高压侧缺相运行告警
23	017H	高压侧电压越限告警
24	018H	高压侧电压不平衡度越限告警
25	019H	高压侧电压波动越限告警
26	01AH	高压侧电压偶次谐波含量超差告警
27	01BH	变压器空载损耗异常告警
28	01CH	变压器负载损耗异常告警
29	01DH	匝间、层间、段间或饼间短路故障告警
30	01EH	高压A相接线端子温度过高告警
31	01FH	高压B相接线端子温度过高告警
32	020H	高压C相接线端子温度过高告警
33	021H	低压a相接线端子温度过高告警
34	022H	低压b相接线端子温度过高告警
35	023H	低压c相接线端子温度过高告警
36	024H	低压o相接线端子温度过高告警
37	025H	高压A相分接连片温度过高告警(干式)
38	026H	高压B相分接连片温度过高告警(干式)
39	027H	高压C相分接连片温度过高告警(干式)
40	028H	过载允许运行时间预警
41	029H	噪音异常告警
42	02AH	振动异常告警
43	02BH	水浸告警(干式)
44	02CH	局放超差告警(干式)
45	02DH	微水含量超差(液浸式)

表F.1 状态量点表（续）

序号	信息体地址(十六进制)	描述
46	02EH	氢气含量超差（液浸式）
47	02FH	氢气含量增长速率越限（液浸式）
48	030H	变压器异常总告警
49	031H	保留
50	032H	保留
51	033H	保留
52	034H	保留
53	035H	保留
54	036H	保留
55	037H	保留
56	038H	保留

表F.2 控制点表

序号	信息体地址(十六进制)	描述
1	6001H	接收后台发出有载调压控制指令
2	6002H	接收后台发出有载调容控制指令
3	6003H	接收后台散热风机启停控制指令（干式）
4	6004H	保留

表F.3 测量数据点表

序号	信息体地址(十六进制)	描述	单位	小数位
1	4001H	低压侧A相电流有效值	A	2
2	4002H	低压侧B相电流有效值	A	2
3	4003H	低压侧C相电流有效值	A	2
4	4004H	低压侧电流有效值	A	2
5	4005H	低压侧A相电压有效值	V	1
6	4006H	低压侧B相电压有效值	V	1
7	4007H	低压侧C相电压有效值	V	1
8	4008H	低压侧电压有效值	V	1
9	4009H	高压侧A相电压有效值	V	1
10	400AH	高压侧B相电压有效值	V	1
11	400BH	高压侧C相电压有效值	V	1
12	400CH	高压侧电压有效值	V	1
13	400DH	高压侧A相电流有效值	A	2
14	400EH	高压侧B相电流有效值	A	2
15	400FH	高压侧C相电流有效值	A	2
16	4010H	高压侧电流有效值	A	2
17	4011H	低压侧A相功率因数	-	4
18	4012H	低压侧B相功率因数	-	4
19	4013H	低压侧C相功率因数	-	4
20	4014H	低压侧功率因数	-	4
21	4015H	高压侧电压频率	Hz	1
22	4016H	低压侧电压频率	Hz	1
23	4017H	高压侧电压频率偏差	%	1
24	4018H	低压侧电压频率偏差	%	1
25	4019H	高压侧A相功率因数	-	4
26	401AH	高压侧B相功率因数	-	4
27	401BH	高压侧C相功率因数	-	4
28	401CH	高压侧功率因数	-	4
29	401DH	高压侧电压不平衡度	%	1
30	401EH	高压侧电流不平衡度	%	1
31	401FH	低压侧电压不平衡度	%	1

表F.3 测量数据点表（续）

序号	信息体地址(十六进制)	描述	单位	小数位
32	4020H	低压侧电流不平衡度	%	1
33	4021H	高压侧A相电压波动	%	1
34	4022H	高压侧B相电压波动	%	1
35	4023H	高压侧C相电压波动	%	1
36	4024H	高压侧电压波动	%	1
37	4025H	低压侧A相电压波动	%	1
38	4026H	低压侧B相电压波动	%	1
39	4027H	低压侧C相电压波动	%	1
40	4028H	低压侧电压波动	%	1
41	4029H	高压侧A相电压偏差	%	1
42	402AH	高压侧B相电压偏差	%	1
43	402BH	高压侧C相电压偏差	%	1
44	402CH	高压侧电压偏差	%	1
45	402DH	低压侧A相电压偏差	%	1
46	402EH	低压侧B相电压偏差	%	1
47	402FH	低压侧C相电压偏差	%	1
48	4030H	低压侧电压偏差	%	1
49	4031H	高压侧电压总谐波含量	%	1
50	4032H	高压侧电压偶次谐波含量	%	1
51	4033H	高压侧电流总谐波含量	%	1
52	4034H	低压侧电压总谐波含量	%	1
53	4035H	低压侧电流总谐波含量	%	1
54	4036H	高压侧电压正序分量有效值	V	1
55	4037H	高压侧电压负序分量有效值	V	1
56	4038H	高压侧电压零序分量有效值	V	1
57	4039H	高压侧电流正序分量有效值	A	1
58	403AH	高压侧电流负序分量有效值	A	1
59	403BH	高压侧电流零序分量有效值	A	1
60	403CH	低压侧电压正序分量有效值	V	1
61	403DH	低压侧电压负序分量有效值	V	1
62	403EH	低压侧电压零序分量有效值	V	1
63	403FH	低压侧电流正序分量有效值	A	1
64	4040H	低压侧电流负序分量有效值	A	1
65	4041H	低压侧电流零序分量有效值	A	1
66	4042H	高压A相有功功率有效值	W	1
67	4043H	高压B相有功功率有效值	W	1
68	4044H	高压C相有功功率有效值	W	1
69	4045H	高压有功功率有效值	W	1
70	4046H	高压A相无功功率有效值	W	1
71	4047H	高压B相无功功率有效值	W	1
72	4048H	高压C相无功功率有效值	W	1
73	4049H	高压无功功率有效值	W	1
74	404AH	低压A相有功功率有效值	W	1
75	404BH	低压B相有功功率有效值	W	1
76	404CH	低压C相有功功率有效值	W	1
77	404DH	低压有功功率有效值	W	1
78	404EH	低压A相无功功率有效值	W	1
79	404FH	低压B相无功功率有效值	W	1
80	4050H	低压C相无功功率有效值	W	1
81	4051H	低压无功功率有效值	W	1
82	4052H	油位（液浸式）	mm	0
83	4053H	压力（液浸式）	kPa	1

表F.3 测量数据点表（续）

序号	信息体地址(十六进制)	描述	单位	小数位
84	4054H	液面温度（液浸式）	℃	1
85	4055H	绕组温度（干式）	℃	1
86	4056H	铁心温度（干式）	℃	1
87	4057H	空载损耗	W	1
88	4058H	负载损耗	W	1
89	4059H	空载电流	%	3
90	405AH	阻抗电压	%	3
91	405BH	变压器运行效率	%	2
92	405CH	变压器容量（评估）	kVA	0
93	405DH	环境温度（液浸式）	℃	1
94	405EH	绕组温升（液浸式）	K	1
95	405FH	高压A相接线端子温度	℃	1
96	4060H	高压B相接线端子温度	℃	1
97	4061H	高压C相接线端子温度	℃	1
98	4062H	低压a相接线端子温度	℃	1
99	4063H	低压b相接线端子温度	℃	1
100	4064H	低压c相接线端子温度	℃	1
101	4065H	低压o相接线端子温度	℃	1
102	4066H	高压A相分接片温度（干式）	℃	1
103	4067H	高压B相分接片温度（干式）	℃	1
104	4068H	高压C相分接片温度（干式）	℃	1
105	4069H	噪音	dB	1
106	406AH	振动	mm/s ²	1
107	406BH	水位（干式）	cm	1
108	406CH	变压器寿命（估算）	Year	1
109	406DH	局放（干式）	Pc	1
110	406EH	微水含量（液浸式）	mg/L	1
111	406FH	氢气含量（液浸式）	μL/L	1
112	4070H	（有载调压）分接档位	-	0
113	4071H	（有载调容）分接档位	-	0
114	4072H	（有载调压）历史动作次数	-	0
115	4073H	（有载调容）历史动作次数	-	0

表 F.4 设定值数据点表

序号	信息体地址(十六进制)	描述	单位
1	8020H	重载定值	%
2	8021H	过载定值	%
3	8022H	重过载定值	%
4	8023H	液面温度过高定值	°C
5	8024H	绕组温度过高定值	°C
6	8025H	铁心温度过高定值	°C
7	8026H	变压器空载损耗异常突变定值	%
8	8027H	变压器负载损耗异常突变定值	%
9	8028H	接线端子温度过高定值	°C
10	8029H	分接连片温度过高定值	°C
11	802AH	水浸告警定值	cm
12	802BH	局放超差告警定值	Pc
13	802CH	调压升压策略	-
14	802DH	调压降压策略	-
15	802EH	A相负荷增加策略	%
16	802FH	A相负荷降低策略	%
17	8030H	B相负荷增加策略	%
18	8031H	B相负荷降低策略	%
19	8032H	C相负荷增加策略	%
20	8033H	C相负荷降低策略	%
21	8034H	容量增加策略	%
22	8035H	容量减少策略	%
23	8036H	负荷减少策略	%
24	8037H	保留	-

附 录 G
(资料性)
MQTT 协议数据模型定义

表G.1~G.4给出了智能配变MQTT协议数据点表。

智能配变MQTT协议数据模型应按如下所列进行定义：

举例1：

状态量数据定义格式：

```
{
  "description": "遥信",
  "serviceld": "discrete",
  "commands": [],
  "properties": [
    {
      "method": "RW",
      "max": "65536",
      "maxlength": 100,
      "description": "外壳门状态",
      "required": 1,
      "unit": "",
      "min": "0",
      "datatype": "string",
      "name": "TID_state",
      "step": "1"
    }
  ],
  "status": 0
}
```

表 G.1 状态量点表

序号	描述
1	外壳门状态（干式）
2	散热风机启停状态开关量（干式）
3	低压侧电压越限告警
4	低压侧电压不平衡度越限告警
5	低压侧电流不平衡度越限告警
6	低压侧电压波动越限告警
7	变压器重载告警
8	变压器过载告警
9	变压器重过载告警
10	低压侧电流总谐波含量超差告警
11	变压器零线电流超差的告警
12	低油位告警（液浸式）
13	压力释放开启告警（液浸式）
14	油箱密封性监测（液浸式）
15	油箱密封性损坏告警（液浸式）
16	液面温度过高告警（液浸式）
17	油箱内异常压力告警（液浸式）
18	绕组温度过高告警（干式）
19	铁心温度过高告警（干式）
20	干变带电异常开门告警（干式）

表G.1 状态量点表（续）

序号	描述
21	风机故障告警（干式）
22	高压侧缺相运行告警
23	高压侧电压越限告警
24	高压侧电压不平衡度越限告警
25	高压侧电压波动越限告警
26	高压侧电压偶次谐波含量超差告警
27	变压器空载损耗异常告警
28	变压器负载损耗异常告警
29	匝间、层间、段间或饼间短路故障告警
30	高压A相接线端子温度过高告警
31	高压B相接线端子温度过高告警
32	高压C相接线端子温度过高告警
33	低压a相接线端子温度过高告警
34	低压b相接线端子温度过高告警
35	低压c相接线端子温度过高告警
36	低压o相接线端子温度过高告警
37	高压A相分接连片温度过高告警（干式）
38	高压B相分接连片温度过高告警（干式）
39	高压C相分接连片温度过高告警（干式）
40	过载允许运行时间预警
41	噪音异常告警
42	振动异常告警
43	水浸告警（干式）
44	局放超差告警（干式）
45	微水含量超差（液浸式）
46	氢气含量超差（液浸式）
47	氢气含量增长速率越限（液浸式）
48	变压器异常总告警
49	保留
50	保留
51	保留
52	保留
53	保留
54	保留
55	保留
56	保留

举例2:

控制数据定义格式:

```

    "description": "遥控",
    "serviceld": "command",
    "commands": [
      {
        "name": "有载调压控制",
        "description": "",
        "responses": [
          {
            "max": "65536",
            "maxlength": 100,
            "parameterName": "status",
            "required": 1,
            "min": "0",
            "datatype": "string",
            "dataEnum": "{}",
            "step": 1,
            "parameterDescription": ""
          }
        ]
      },
      "status": 0
    ]
  }

```

表 G.2 控制点表

序号	描述
1	接收后台发出有载调压控制指令
2	接收后台发出有载调容控制指令
3	接收后台散热风机启停控制指令（干式）
4	保留

举例3:

测量数据定义格式举例:

```

"description": "遥测",
"serviceld": "analog",
"commands": [],
"properties": [
  {
    "method": "RW",
    "max": "65536",
    "maxlength": 100,
    "description": "低压侧A相电流",
    "required": 1,
    "unit": "V",
    "min": "0",
    "datatype": "string",
    "name": "Ia2",
    "step": "1"
  },
  { ...
  },
],
"status": 0
}

```

表 G.3 测量数据点表

序号	描述	单位	小数位
1	低压侧A相电流有效值	A	2
2	低压侧B相电流有效值	A	2
3	低压侧C相电流有效值	A	2
4	低压侧电流有效值	A	2
5	低压侧A相电压有效值	V	1
6	低压侧B相电压有效值	V	1
7	低压侧C相电压有效值	V	1
8	低压侧电压有效值	V	1
9	高压侧A相电压有效值	V	1
10	高压侧B相电压有效值	V	1
11	高压侧C相电压有效值	V	1
12	高压侧电压有效值	V	1
13	高压侧A相电流有效值	A	2
14	高压侧B相电流有效值	A	2
15	高压侧C相电流有效值	A	2
16	高压侧电流有效值	A	2
17	低压侧A相功率因数	-	4
18	低压侧B相功率因数	-	4
19	低压侧C相功率因数	-	4
20	低压侧功率因数	-	4
21	高压侧电压频率	Hz	1
22	低压侧电压频率	Hz	1
23	高压侧电压频率偏差	%	1
24	低压侧电压频率偏差	%	1
25	高压侧A相功率因数	-	4
26	高压侧B相功率因数	-	4
27	高压侧C相功率因数	-	4

表G.3 测量数据点表（续）

序号	描述	单位	小数位
28	高压侧功率因数	-	4
29	高压侧电压不平衡度	%	1
30	高压侧电流不平衡度	%	1
31	低压侧电压不平衡度	%	1
32	低压侧电流不平衡度	%	1
33	高压侧A相电压波动	%	1
34	高压侧B相电压波动	%	1
35	高压侧C相电压波动	%	1
36	高压侧电压波动	%	1
37	低压侧A相电压波动	%	1
38	低压侧B相电压波动	%	1
39	低压侧C相电压波动	%	1
40	低压侧电压波动	%	1
41	高压侧A相电压偏差	%	1
42	高压侧B相电压偏差	%	1
43	高压侧C相电压偏差	%	1
44	高压侧电压偏差	%	1
45	低压侧A相电压偏差	%	1
46	低压侧B相电压偏差	%	1
47	低压侧C相电压偏差	%	1
48	低压侧电压偏差	%	1
49	高压侧电压总谐波含量	%	1
50	高压侧电压偶次谐波含量	%	1
51	高压侧电流总谐波含量	%	1
52	低压侧电压总谐波含量	%	1
53	低压侧电流总谐波含量	%	1
54	高压侧电压正序分量有效值	V	1
55	高压侧电压负序分量有效值	V	1
56	高压侧电压零序分量有效值	V	1
57	高压侧电流正序分量有效值	A	1
58	高压侧电流负序分量有效值	A	1
59	高压侧电流零序分量有效值	A	1
60	低压侧电压正序分量有效值	V	1
61	低压侧电压负序分量有效值	V	1
62	低压侧电压零序分量有效值	V	1
63	低压侧电流正序分量有效值	A	1
64	低压侧电流负序分量有效值	A	1
65	低压侧电流零序分量有效值	A	1
66	高压A相有功功率有效值	W	1
67	高压B相有功功率有效值	W	1
68	高压C相有功功率有效值	W	1
69	高压有功功率有效值	W	1
70	高压A相无功功率有效值	W	1
71	高压B相无功功率有效值	W	1
72	高压C相无功功率有效值	W	1
73	高压无功功率有效值	W	1
74	低压A相有功功率有效值	W	1
75	低压B相有功功率有效值	W	1
76	低压C相有功功率有效值	W	1
77	低压有功功率有效值	W	1
78	低压A相无功功率有效值	W	1
79	低压B相无功功率有效值	W	1
80	低压C相无功功率有效值	W	1

表G.3 测量数据点表（续）

序号	描述	单位	小数位
81	低压无功功率有效值	W	1
82	油位（液浸式）	mm	0
83	压力（液浸式）	kPa	1
84	液面温度（液浸式）	°C	1
85	绕组温度（干式）	°C	1
86	铁心温度（干式）	°C	1
87	空载损耗	W	1
88	负载损耗	W	1
89	空载电流	%	3
90	阻抗电压	%	3
91	变压器运行效率	%	2
92	变压器容量（评估）	kVA	0
93	环境温度（液浸式）	°C	1
94	绕组温升（液浸式）	K	1
95	高压A相接线端子温度	°C	1
96	高压B相接线端子温度	°C	1
97	高压C相接线端子温度	°C	1
98	低压a相接线端子温度	°C	1
99	低压b相接线端子温度	°C	1
100	低压c相接线端子温度	°C	1
101	低压o相接线端子温度	°C	1
102	高压A相分接片温度（干式）	°C	1
103	高压B相分接片温度（干式）	°C	1
104	高压C相分接片温度（干式）	°C	1
105	噪音	dB	1
106	振动	mm/s ²	1
107	水位（干式）	cm	1
108	变压器寿命（估算）	Year	1
109	局放（干式）	Pc	1
110	微水含量（液浸式）	mg/L	1
111	氢气含量（液浸式）	μL/L	1
112	（有载调压）分接档位	-	0
113	（有载调容）分接档位	-	0
114	（有载调压）历史动作次数	-	0
115	（有载调容）历史动作次数	-	0

举例4:

定值数据定义格式举例:

```

"description": "遥调",
"serviceld": "parameter",
"commands": [
  {
    "name": "重载定值",
    "description": "",
    "responses": [
      {
        "max": "65536",
        "maxlength": 100,
        "parameterName": "value",
        "required": 1,
        "min": "0",
        "datatype": "string",
        "dataEnum": "{}",
        "step": 1,
        "parameterDescription": ""
      }
    ]
  },
  "status": 0
}

```

表 G.4 设定值数据点表

序号	描述	单位
1	重载定值	%
2	过载定值	%
3	重过载定值	%
4	液面温度过高定值	°C
5	绕组温度过高定值	°C
6	铁心温度过高定值	°C
7	变压器空载损耗异常突变定值	%
8	变压器负载损耗异常突变定值	%
9	接线端子温度过高定值	°C
10	分接连片温度过高定值	°C
11	水浸告警定值	cm
12	局放超差告警定值	Pc
13	调压升压策略	-
14	调压降压策略	-
15	A相负荷增加策略	%
16	A相负荷降低策略	%
17	B相负荷增加策略	%
18	B相负荷降低策略	%
19	C相负荷增加策略	%
20	C相负荷降低策略	%
21	容量增加策略	%
22	容量减少策略	%
23	负荷减少策略	%
24	保留	-

附 录 H
(资料性)
智能测控单元输入数据

表H.1给出了智能测控单元输入数据信息。

表 H.1 智能测控单元输入数据信息

数据
低压侧A相电流模拟量
低压侧B相电流模拟量
低压侧C相电流模拟量
低压侧A相电压模拟量
低压侧B相电压模拟量
低压侧C相电压模拟量
低液位开关量（液浸式）
液位（液浸式）
液体压力（液浸式）
压力释放开关量（液浸式）
液体温度（液浸式）
绕组温度模拟量（干式）
铁心温度模拟量（干式）
外壳门状态开关量（干式）
（有载调压）分接档位
（有载调压）动作类型
（有载调压）动作时间
（有载调压）历史动作次数
接收后台发出有载调压控制指令
散热风机启停状态开关量（干式）
接收后台散热风机启停控制指令（干式）
环境温度（液浸式）
高压侧A相电压模拟量
高压侧B相电压模拟量
高压侧C相电压模拟量
高压侧A相电流模拟量
高压侧B相电流模拟量
高压侧C相电流模拟量
（有载调容）分接档位
（有载调容）动作类型
（有载调容）动作时间
（有载调容）历史动作次数
接收后台发出有载调容控制指令
高压A相接端子温度
高压B相接端子温度
高压C相接端子温度
低压a相接端子温度
低压b相接端子温度
低压c相接端子温度
低压o相接端子温度
高压A相分接连片温度（干式）
高压B相分接连片温度（干式）
高压C相分接连片温度（干式）
噪音
振动
局放模拟量
微水含量（液浸式）

表H.1 智能测控单元输入数据信息（续）

数据
氢气含量（液浸式）
水浸告警（干式）

全国团体标准信息平台

附录 I

(资料性)

传感器精度标准检测仪器

传感器精度标准检测仪器见表I.1。

表 I.1 传感器精度标准检测仪器

传感器类别	标准检测仪名称
油位传感器	游标卡尺
油压传感器	压力校准仪
温度监测传感器 (PT100)	恒温油浴锅
噪音传感器	噪声发生器
振动传感器	振动分析仪
局放传感器	高频电流局放检测仪
微水传感器	高精度油微水分析仪
氢气传感器	动态配气仪
水浸传感器	水杯

附录 J

(资料性)

高压侧空载试验示意图

高压侧空载试验示意参见图J.1。

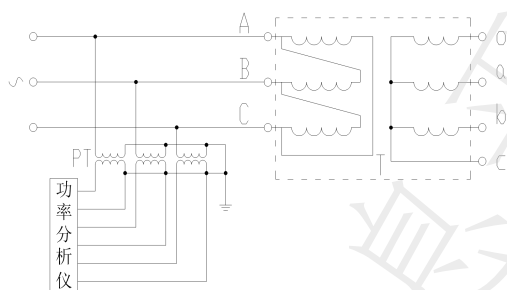


图 J.1 高压侧空载试验