第18卷 第2期 2018年1月
1671—1815(2018)002-0247-06
科 学 技 术 与 工 程
Science Technology and Engineering
Vol. 18 No. 2 Jan. 2018
ⓒ 2018 Sci. Tech. Engrg.

引用格式:曹晓丽, 郝江涛. 配电变压器的非线性自动调压系统设计[J]. 科学技术与工程, 2018, 18(2): 247—252
Cao Xiaoli, Hao Jiangtao. Design of nonlinear automatic voltage regulation system for distribution transformer[J]. Science Technology and Engineering, 2018, 18(2): 247—252

配电变压器的非线性自动调压系统设计

曹晓丽 郝江涛
(郑州大学西亚斯国际学院,新郑 451100)

摘 要 为了提高配电变压器输出电压的稳定性,设计了一种新的配电变压器非线性自动调压系统。介绍了配电变压器非线性自动调压系统升压部分设计过程,主要包括升压变压器、交流接触器以及过电保护装置,给出电路图。分析了自动控制部分设计过程,包括电压检测电路、A/D 转换电路以及控制电路。当配电变压器中的电压改变时,通过微处理器对采集的电压进行处理,在指定端口输出低电平,采用小型中间继电器对接触器的断开、闭合状态进行控制,以实现电压控制。按照系统性能要求对触发电路进行设计,给出反并联晶闸管模块触发电路。分析了触发电路半导体器件参数选择过程,经测试发现反并联晶闸管触发导通后,电压波形稳定,负载波形几乎无变形。对设计的非线性自动调压系统进行测试,设计系统能够保证配电变压器输出电压的稳定性。

关键词 配电变压器 非线性 自动 调压系统
中图法分类号 TM761; **文献标志码** A

电压的稳定性为电能质量中最关键的指标之一,在电力系统无功功率充足的状态下,配电变压器采用有效的非线性自动调压系统是最有效的稳压方式[1,2]。

因此,提出配电变压器的非线性自动调压系统,以保证电压的稳定性。

1 配电变压器非线性自动调压系统设计

设计的配电变压器非线性自动调压系统主要由升压部分、控制部分和触发电路构成[3],由此进行详细的分析如下所述。

1.1 升压部分硬件设计

配电变压器的非线性自动调压配电变压器升压部分主要包括升压变压器、交流接触器以及过电保护装置,图 1 是其电路图。

升压变压器是在 S7 基础上构建的,保留变压器上的原低压线圈,只是将其高压线圈卸掉,同时添加升压线圈与励磁线圈,形成新的自动调压配电变压器[4]。

图 1 中,TB 是在 S7 的基础得到的,其中,W_0 为添加的升压线圈;W_1 为原低压线圈;W_2、W_3 为添加的励磁线圈。对电路中接触器 K、K_1、K_2、K_3 进行控制,从而实现调压。对升压系统中各个抽头相电压电压比进行设定,保证当输入电压在 320 ~ 380 V 范围内变动时,输出电压控制在 369 ~ 395 V 之间[5,6]。根据图 1 可以看出,为了使电路正常工作,在接触器 K、K_1、K_2、K_3 中只允许一个连通,避免同时连通时线圈短路烧坏变压器。为了保证只有一个接触器连通,通常在电路中安装 3 个电气连锁,分别为:①利用接触器 K、K_1、K_2、K_3 的常闭状态触头完成电气连锁;②在手动操作区域利用合闸按键的常闭状态触头完成电气连锁;③在自动区域利用小型中间继电器的常闭状态触头完成电气连锁。在升压系统中,接触器 K、K_1、K_2、K_3 在断开、闭合时往往会产生瞬时高电压,对电路造成损害,对于这样的问题,往往通过 2 个三级电涌保护器对电路实现保护,保证电

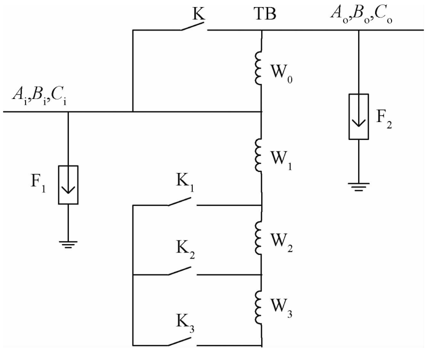

图 1 升压部分电路图

Fig. 1 Circuit diagram of boost part

2017 年 6 月 22 日收到 2016 年河南省科技厅项目(162102210110)资助

第一作者简介:曹晓丽(1987—),女(汉族),河南禹州人,硕士,讲师。研究方向:应用电子技术、电气信息。E-mail: caoxiaoli788@163. com。

路正常工作[7]。

1.2 控制部分硬件设计

控制部分主要包括手动与自动两种方式，对于这两个控制方式可采用 HK 转换开关完成转换控制。手动部分通过相应按键对接触器 K、K_1、K_2、K_3 的断开、闭合状态进行控制，以完成电压的调配[8,9]。

自动控制部分主要包括电压检测电路、A/D 转换电路以及控制电路等。当配电变压器中的电压改变时，通过微处理器对采集到的电压进行处理，并在指定端口输出低电平，采用小型中间继电器对接触器的断开、闭合状态进行控制，从而完成电路中电压控制。对自动控制的主要组成部分进行详细介绍，依次为：

1.2.1 电压检测电路

电压检测电路主要是配电变压器中电压进行变压、整流和滤波处理，能够获取相应的 0 ~5 V 直流电压 U_{IN}，并将其传至 A/D 转换电路。

1.2.2 A/D 转换电路

A/D 转换电路主要负责对模拟电压 U_{IN} 进行处理，通过 8 位逐次逼近型 A/D 转换器，将检测得到的电压转变为相应的数字量，并将其传至微处理器。0 V 与 5 V 电压由转换电路处理后得到的数字量是 00H 与 FOH，因此，当电压为 1 V 时其对应的数字量是 01H，为电压的标度转换带来了便利[10]。

1.2.3 控制电路

控制电路主要通过模糊 PID 控制器完成对电压的控制，它是控制电路的关键。把得到的特征值传至 PID 控制器，对其进行相应地模糊推理，得到相应的控制方案，最后对参数 K_{P}、K_{I}、K_{D} 进行调整，从而完成对电压的控制[11]。图 2 是模糊 PID 控制器原理图。

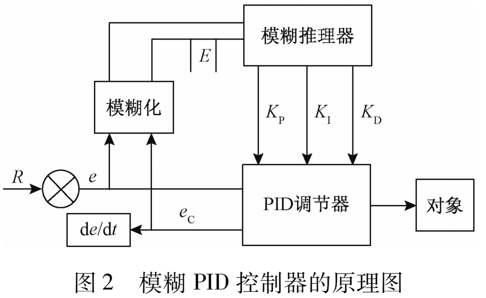

图 2 模糊 PID 控制器的原理图

Fig. 2 Schematic diagram of fuzzy PID controller

将被控制参数的偏差绝对值 $|E|$ 与偏差变化率绝对值 $|\dot{E}|$ 作为输入的特征值，并和被控制对象相结合，构建出相应的隶属函数。$|E|$ 为偏差绝对值的大小；$|\dot{E}|$ 为偏差变化率绝对值的大小。

假定 $|E|$ 和 $|\dot{E}|$ 存在以下 5 种转态组合，依次为：

$$|E| = B \tag{1}$$

$$|E| = M \text{ 且 } |\dot{E}| = B \tag{2}$$

$$|E| = M \text{ 且 } |\dot{E}| = M \tag{3}$$

$$|E| = M \text{ 且 } |\dot{E}| = S \tag{4}$$

$$|E| = S \tag{5}$$

式中，B、M、S 依次为大、中、小。

对各个状态隶属度进行计算，计算公式依次为：

$$\boldsymbol{\mu}_1(|E|,|\dot{E}|) = \boldsymbol{\mu}_{BE}(|E|) \tag{6}$$

$$\boldsymbol{\mu}_2(|E|,|\dot{E}|) = \alpha_1\boldsymbol{\mu}_{ME}(|E|) + (1-\alpha_1)\boldsymbol{\mu}_{BC}(|\dot{E}|) \tag{7}$$

$$\boldsymbol{\mu}_3(|E|,|\dot{E}|) = \alpha_2\boldsymbol{\mu}_{ME}(|E|) + (1-\alpha_2)\boldsymbol{\mu}_{MC}(|\dot{E}|) \tag{8}$$

$$\boldsymbol{\mu}_4(|E|,|\dot{E}|) = \alpha_3\boldsymbol{\mu}_{ME}(|E|) + (1-\alpha_3)\boldsymbol{\mu}_{SC}(|\dot{E}|) \tag{9}$$

$$\boldsymbol{\mu}_5(|E|,|\dot{E}|) = \boldsymbol{\mu}_{SE}(|E|) \tag{10}$$

式中，$\alpha_i\ (i = 1,2,3)$ 为正因子，其大小反应每个隶属度相对输入特征值的权重，对修正因子 α_i 的大小进行调节，就能完成相应的控制；$\boldsymbol{\mu}_j(j = 1,2,\cdots,5)$ 用于描述隶属度向量；$\boldsymbol{\mu}_{BE}$、$\boldsymbol{\mu}_{ME}$、$\boldsymbol{\mu}_{SE}$ 分别为控制器大、中、小偏差的输出；$\boldsymbol{\mu}_{BC}$、$\boldsymbol{\mu}_{MC}$、$\boldsymbol{\mu}_{SC}$ 分别为控制器大、中、小偏差变化率的输出。

由 $|E|$ 与 $|\dot{E}|$ 的实际测量值能求出 PID 的 3 个参数值。计算公式依次为：

$$K_{\mathrm{P}} = \frac{\left[\sum_{j=1}^{5} u_j(|E|,|\dot{E}|)K_{\mathrm{P}_j}\right]}{\left[\sum_{j=1}^{5} u_j(|E|,|\dot{E}|)\right]} \tag{11}$$

$$K_{\mathrm{I}} = \frac{\left[\sum_{j=1}^{5} u_j(|E|,|\dot{E}|)K_{\mathrm{I}_j}\right]}{\left[\sum_{j=1}^{5} u_j(|E|,|\dot{E}|)\right]} \tag{12}$$

$$K_{\mathrm{D}} = \frac{\left[\sum_{j=1}^{5} u_j(|E|,|\dot{E}|)K_{\mathrm{D}_j}\right]}{\left[\sum_{j=1}^{5} u_j(|E|,|\dot{E}|)\right]} \tag{13}$$

式中，K_{P_j}、K_{I_j}、K_{D_j} 依次表示 K_{P}、K_{I}、K_{D} 在上述 5 种状态下的整定值。

根据 K_{P_j}、K_{I_j}、K_{D_j} 得到的调节器输出描述如下

$$U_{n+1} = U_n + K_{\mathrm{P}}E_{1n} + K_{\mathrm{I}}E_{2n} + K_{\mathrm{D}}E_{3n} \tag{14}$$

式(14)中，

$$E_{1n} = U_{\mathrm{ref}} - U_n \tag{15}$$

$$E_{2n} = E_{1n} - E_{1n-1} \tag{16}$$

$$E_{3n} = E_{1n} - 2E_{1n-1} + E_{1n-2} \tag{17}$$

式中，E_i 为被控制对象的电压输出偏差；U_i 为被控

制对象的调节器输出电压值; U_{ref} 为控制器参考电压。

系统被控参数是指经调压处理后的输出电压,通过 ATT7022 检测出其实际输出值。模糊 PID 控制器通过模糊控制算法计算出相应的控制输出量。将得到的输出量传至系统的伺服装置,使调压器转轴正常转动。当顺时针转动角偏大时,得到的输出电压相对较高;反之,得到的输出电压相对较小。当电压偏差等于零时,调压器转轴基本维持在相同角度,此时输出的电压处于指定值,且保持不变[12]。

1.3　触发电路

1.3.1　电路构成

依照系统的性能要求对触发电路进行设计,其设计理念为:在高压区域的反并联晶闸管需在以下两种情况下断开,分别为监控装置中没有电的情况和监控装置中存在电但输出是高电平的情况[13,14];当监控设施中存在电且输出的是低电平时使晶闸管连通。为了满足上述要求,将 TLP3041 光耦当作监控装置和触发电路的耦合组件,针对晶闸管,以自取的形式得到触发电压。图 3 描述的是反并联晶闸管模块触发电路。

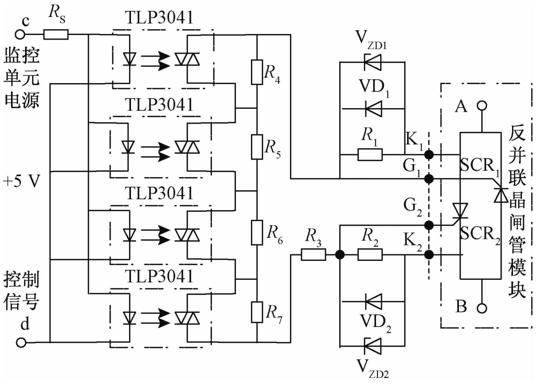

图 3　反并联晶闸管模块触发电路

Fig. 3　Anti parallel thyristor module trigger circuit

反并联晶闸管模块处于调压绕组和中性点中间位置,针对研究的配电变压器,按照电压在[-10, +10]范围内波动计算[15]。所以在运行过程中,Ⅰ、Ⅲ档位反并联晶闸管承载的最高工作电压有效值为

$$\frac{11\ 000}{\sqrt{3}}\ \mathrm{V} \times 10\% = 635.09\ \mathrm{V} \tag{18}$$

为了达到电路安全裕度,本节选用 4 个 TLP3041 串联的形式,以增强电路耐压能力。

1.3.2　组件参数设计和验证

在对电路组件参数进行设计的过程中,需分析配电变压器转换分接头时出现的过电压与短时过电流[16,17]。本节触发电路半导体器件参数选择结果如表 1 所示。

表 1　触发电路半导体器件参数选择结果

Table 1　Selection results of semiconductor device parameters in trigger circuit

器件名称	型号	参数符号	参数值
反并联晶闸管模块	MTC92—20	门极触发电流 I_{GT}/mA	120
		门极触发电压 U_{GT}/V	3
		最大不导通门极电压 U_{GD}/V	0.3
		最大通泰电流 I_{TAV}/A	100
稳压管 V_{ZD1}、V_{ZD2}	1N4739	稳压电压 U_Z/V	9
二极管 VD_1 ~ VD_4	1N4118	正向电压降 U_F/V	1.2
光电耦合器	TLP3152	触发电流 I_{FT}/mA	16
		正向电压 U_{FT}/V	2
		涌峰值电流 I_{TSM}/A	1.3

触发电阻 R_1、R_2 与限流电阻 R_3 的值主要和反并联晶闸管模块参数有关[18,19]。假设反并联晶闸管模块触发导通前两端电压 U_{AB} 为 25 V,则电阻 R_1、R_2 与限流电阻 R_3 的值需符合以下条件

$$\frac{U_{AB} - U_F - 4U_{FT}}{R_2 + R_3} \geqslant U_{GT} \tag{19}$$

$$\frac{U_{AB} - U_F - 4U_{FT} - U_{GT}}{R_3} \geqslant 4I_{GT} \tag{20}$$

在监控部分没有导通,或监控部分导通但输出电平高的情况下,晶闸管停止工作[20],4 个串联电阻 R_4、R_5、R_6 与 R_7 需满足以下关系:

$$\frac{U_{AB} - U_F - U_{R_4 \sim R_7}}{R_2 + R_3} R_2 \leqslant U_{GD} \tag{21}$$

$$\frac{U_{AB} - U_F - U_{R_4 \sim R_7} - U_{GT}}{R_3} R_2 < I_{GD} \tag{22}$$

式中,$U_{R_4 \sim R_7}$ 为电阻 R_4、R_5、R_6、R_7 端电压的和。

TLP3041 输入侧限流电阻 R_8 的取值应满足

$$U_{GD} - 4R_8 I_{FT} \geqslant U_{FT} \tag{23}$$

通过上述分析过程,选择的电阻参数见表 2。

对设计的触发电路有效性进行测试,测试电路见图 4。通过示波器对反并联晶闸管波形和电压值进行测试,通过灯的通断对反并联晶闸管的通断进行判断。

表 2 触发电路电阻组件参数

Table 2 Parameters of resistance component of trigger circuit

电阻	阻值/Ω	功率/W
R_1	25	0. 3
R_2	25	0. 3
R_3	83	3
R_4、R_5、R_6、R_7	2×10^7	0. 6
R_8	52	2

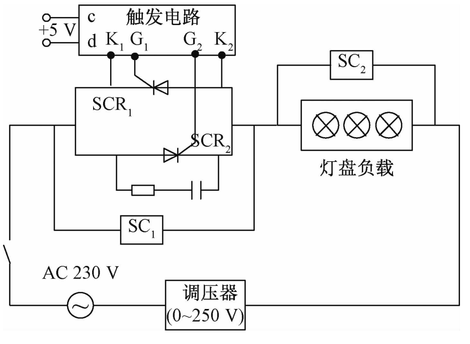

图 4 Ⅰ、Ⅲ档位 OLTC 触发电路测试原理图

Fig. 4 Schematic diagram of the OLTC trigger circuit for the gears of type I and III

测试结果为:在图 4 中 c、d 端和 +5 V 电压连接在一起,同时在图 3 中 A、B 两端电压超过 25 V 的情况下,灯泡点亮,说明晶闸管导通;反之,说明晶闸管不导通。

直流电源接通或者截断能够控制灯泡的通断,说明在监控系统不接通的情况下,反并联晶闸管截断,能够实现对触发电路的功能要求。

Ⅰ、Ⅲ档位的分解开关两端电压波形和负载波形分别见图 5、图 6。

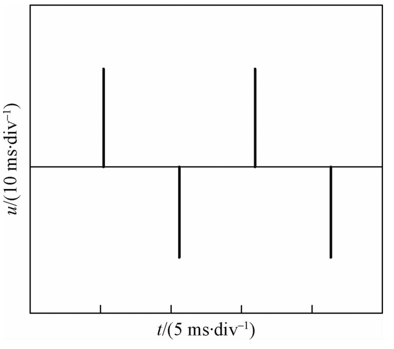

图 5 分解开关两端电压波形

Fig. 5 Voltage waveform at the two ends of the switch

分析图 5 和图 6 可知,反并联晶闸管触发导通后,电压波形稳定,负载波形几乎无变形。

2 实验结果分析

2. 1 自动调压系统调压结果测试

实验将一台带过流保护的三相调压柜、升压变压器构成配电变压器进行实验,为实验机供电。对三相调压柜的电压进行调整,使得电压发生变化,通过设计非线性自动调压系统对其进行调压处理,得到的结果见表 3。

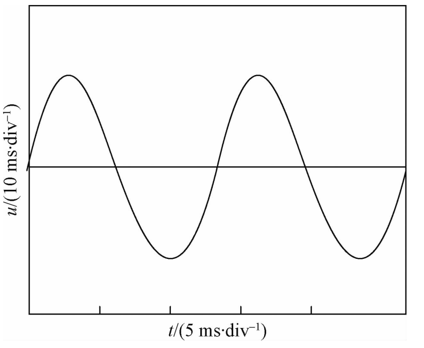

图 6 分解开关两端负载波形

Fig. 6 Load waveforms at the ends of the switch

表 3 本文系统调压结果

Table 3 Results of system voltage regulation in this paper

操作	配电变压器二次侧输出电压/V	分接开关工作位置
空载上电	426	Ⅱ
第一次自动调压	411	Ⅰ
调整电源电压	379	Ⅰ
第二次自动调压	393	Ⅱ
第三次自动调压	409	Ⅲ
调整电源电压	442	Ⅲ
第四次自动调压	426	Ⅱ
第五次自动调压	410	Ⅰ

分析表 3 可知,在上述不同情况下,对电源电压进行改变,在电压出现改变的情况下,本文设计系统能够有效实现自动调压。

2. 2 带负荷实验和实验结果分析

现场负荷实验是在某电力设备企业的生产车间完成的,将额定电流是 25 A 的烘干炉看作负荷,通过改变负荷对输出电压的改变进行控制,详细实验过程与结果见表 4。

表 4 不同负荷条件下调压结果

Table 4 Results of downward pressure reduction under different loading conditions

操作	配电变压器二次侧输出电压/V	分接开关工作位置
空载	424	Ⅱ
第一次调压	410	Ⅰ
开启烘干炉	408	Ⅰ
开启负载 1	405	Ⅰ
开启负载 2	402	Ⅰ
开启负载 3	399	Ⅰ
开启负载 4	397	Ⅰ
第二次调压	411	Ⅱ

分析表 4 可以看出,在负荷种类不同的情况下,本文设计的非线性自动调压系统能够有效实现自动调压功能,稳定输出电压。

2.3　耐压考核实验

对调压器输出电压进行调整,令配电变压器高压侧电压在 ±20% 区间中波动,令开关 SSR_1 和 SSR_4 导通,求出截止状态开关承受的最高电压,验证耐压能力。实验结果见表 5。

表 5　空载状态下耐压数据

Table 5　Withstand voltage data under no-load condition

高压侧电压/V	导通开关	承受电压最高开关	承受电压/V	加压时间/min
8 167	SSR_1	SSR_4	497	200
12 693	SSR_4	SSR_1	649	200

分析表 5 可以看出,在空载情况下,不管那组分接开关导通,配电变压器均可正常运行,SSR 未出现损坏,说明截止状态开关耐压能力强,能够承受最高电压,符合设计要求。

3.4　自动调压功能实验

为了验证配电变压器是否能够在电压波动较大的情况下稳定运行,进行自动调压功能试验,在有负载的情况下,通过本文设计系统实现非线性自动调压,调压前后输出电压变化情况见图 7。

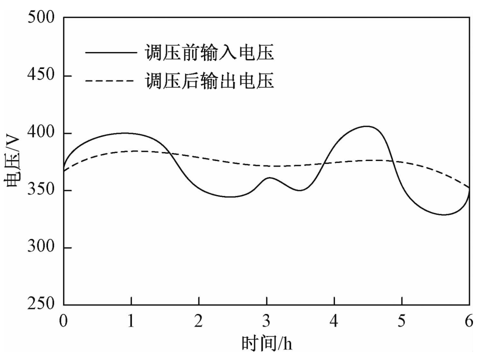

图 7　自动调压系统功能效果对比图

Fig. 7　Function contrast diagram of automatic voltage regulation system

分析图 7 可知,在调压器输入从 350 V 改变至 420 V 的情况下,输出电压的变化范围为 360 ~ 380 V,说明本文系统自动调压效果较好。

4　结论

设计了一种新的配电变压器非线性自动调压系统。介绍了配电变压器非线性自动调压系统升压部分、自动控制部分和触发电路的设计过程。实验结果表明,设计系统能够保证配电变压器输出电压的稳定性。

参　考　文　献

1　赵玉林,李海凤,牛泽晗,等.配电变压器无触点有载自动调压的一种新方案.电网技术,2016;40(12):3888—3893

Zhao Yulin, Li Haifeng, Niu Zehan, *et al.* A new scheme of contactless on-load automatic voltage regulation for distribution transformers. Power System Technology, 2016;40(12):3888—3893

2　赵玉林, 牛泽晗, 李海凤,等. 具有保护功能的配电变压器无触点有载自动调压分接开关. 电力自动化设备, 2016;36(9):169—175

Zhao Yulin, Niu Zehan, Li Haifeng, *et al.* Contactless OLTC with protective function for power distribution transformer. Electric Power Automation Equipment, 2016;36(9):169—175

3　孙天雨,谷万江,康　勇,等.配电变压器低压侧无线式电流变送器的设计.电测与仪表,2014;51(24):70—75

Sun Tianyu, Gu Wanjiang, Kang Yong, *et al.* Design of wireless current transmitter on the low-voltage side of distribution transformers. Electrical Measurement & Instrumentation, 2014;51(24):70—75

4　黄欣科,王　环,王一波,等.光伏发电系统并网点电压升高调整原理及策略.电力系统自动化,2014;38(3):112—117

Huang Xinke, Wang Huan, Wang Yibo, *et al.* Principle and strategies of voltage rise regulation for grid-connected photovoltaic generation system at point of common coupling. Automation of Electric Power Systems, 2014;38(3):112—117

5　李瑞生,翟登辉.光伏 DG 接入配电网及微电网的过电压自动调节方法研究.电力系统保护与控制,2015;43(22):62—68

Li Ruisheng, Zhai Denghui. Research on over-voltage automatic adjustment method of distributed photovoltaic source accessing to distribution network or microgrid. Power System Protection and Control, 2015;43(22):62—68

6　陶维青,鲁胜清,杨　刚,等.低压配网中光伏发电系统调压策略.可再生能源,2015;33(9):1323—1328

Tao Weiqing, Lu Shengqing, Yang Gang, *et al.* A voltage regulation strategy of PV system in low-voltage networks. Renewable Energy Resources, 2015, 33(9):1323—1328

7　Tamilselvi S, Baskar S. Modified parameter optimization of distribution transformer design using covariance matrix adaptation evolution strategy. International Journal of Electrical Power & Energy Systems, 2014;61(61):208—218

8　苏敬芳.高层建筑中低压配电系统的线路无功优化技术研究.科技通报,2017;33(2):214—218

Su Jingfang. Research on the low-voltage distribution line reactive power optimization technology in high-rise buildings. Bulletin of Science and Technology, 2017;33(2):214—218

9　江　伟,周俊生,谢再晋,等.数控低频调压仪的设计.电子设计工程,2016;24(7):138—140

Jiang Wei, Zhou Junsheng, Xie Zaijin, *et al.* Design of numerical control of low-frequency booster. Electronic Design Engineering, 2016;24(7):138—140

10　兰利亚,王　炜.输电系统三相逆变电源跟踪优化控制研究.计算机仿真,2017;34(2):162—165

Lan Liya, Wang Wei. Transmission system three-phase inverter power supply tracking optimization control research. Computer Simulation, 2017;34(2):162—165

11　江　渝,黄　敏,姜　琦,等.电感双电容自调节逆变系统输出电

压质量的控制. 中国电机工程学报,2015;35(2):426—433
Jiang Yu,Huang Min,Jiang Qi,*et al.* The control of the output voltage quality for the self-adjustable inductor-capacitor-capacitor inverter. Proceedings of the CSEE,2015;35(2):426—433
12 黄 超,彭道刚,郑 凯,等. 电力变压器绕组热点温度软测量技术研究. 计算机测量与控制, 2016;24(2):46—48
Huang Chao,Peng Daogang,Zheng Kai,*et al.* Research of soft-measurement technology of the transformer winding hot spot temperature. Computer Measurement & Control, 2016;24(2):46—48
13 刘 睿,张宗喜,蒋 伟,等. 油浸式配电变压器过载能力研究. 科学技术与工程,2016;16(36):166—172
Liu Rui, Zhang Zongxi, Jiang Wei, *et al.* Optimization for overload capacity of oil-immersed distribution transformer. Science Technology and Engineering,2016;16(36):166—172
14 陈民铀,王明林,郑 杰,等. 计及不对称负荷的配电变压器短路电抗在线检测方法. 高电压技术,2015;41(3):881—886
Chen Minyou,Wang Minglin,Zheng Jie,*et al.* On-line detection of short-circuit reactance of distribution transformers considering the condition of asymmetric load. High Voltage Engineering, 2015; 41(3):881—886
15 Matsuda K, Horikoshi K, Seto T, *et al.* Development of automatic voltage regulator for low-voltage distribution systems. Electrical Engineering in Japan,2014;188(4):9—19
16 杨庆福,祁颖矢,沈山林,等. 一种农网高过载配电变压器. 变压器,2015;52(2):22—25
Yang Qingfu,Qi Yingshi,Shen Shanlin,*et al.* A High overload distribution transformer in rural net. Transformer,2015;52(2):22—25
17 黄小耘. STATCOM 与地区电压无功控制系统的协调控制. 电力系统及其自动化学报,2015;27(9):64—68
Huang Xiaoyun. Coordination control of STATCOM and AVC. Proceedings of the CSU-EPSA,2015;27(9):64—68
18 章心因,胡敏强,吴在军,等. 基于 VSC-HVDC 的风力发电系统低电压穿越协调控制. 电力自动化设备,2014;34(3):138—143
Zhang Xinyin, Hu Minqiang, Wu Zaijun, *et al.* Coordinated LVRT control of wind power generation system based on VSC-HVDC. Electric Power Automation Equipment,2014,34(3):138—143
19 高 强,刘明波,林舜江. 针对暂态电压稳定问题的自动电压控制系统与切负荷协调控制策略. 南方电网技术,2014;8(4):67—71
Gao Qiang,Liu Mingbo,Lin Shunjiang. AVC system and load shedding coordinate control scheme for transient voltage stability problem. Southern Power System Technology,2014;8(4):67—71
20 江良伟,潘普丰,弭寒光,等. 开关电源数字调压系统设计. 电源技术,2016;40(10):2061—2063
Jiang Liangwei, Pan Pufeng, Mi Hanguang, *et al.* Design of digital voltage regulator for switch power supply. Chinese Journal of Power Sources,2016,40(10):2061—2063

Design of Nonlinear Automatic Voltage Regulation System for Distribution Transformer

CAO Xiao-li, HAO Jiang-tao
(Sias International University, Xinzheng 451100, China)

[**Abstract**] In order to improve the stability of distribution transformer output voltage, a new nonlinear automatic voltage regulation system of distribution transformer is designed. The design process of the step-up part of the nonlinear automatic voltage regulation system of the distribution transformer is introduced, which mainly includes step-up transformer, AC contactor and overcurrent protection device, and the circuit diagram is given. The design process of automatic control part is analyzed, including voltage detection circuit, A/D conversion circuit and control circuit. When the voltage distribution transformer is changed, through the acquisition of voltage microprocessor in the designated port output low level, using a small intermediate relay to control the opening and closing state of the contactor, to realize voltage control. According to the system performance requirements, the trigger circuit is designed, and the trigger circuit of the anti parallel thyristor module is given. The selection process of semiconductor device parameters of trigger circuit is analyzed. It is found that the voltage waveform is stable and the load waveform is almost no distortion after the thyristor is triggered. The design of the nonlinear automatic voltage regulation system is tested, and that the design system can guarantee the stability of the distribution transformer output voltage.
[**Key words**] distribution transformer nonlinear automatic voltage regulation system