

# 一种三相交流调压电路——三相 Y 接对称性负载脉宽调压电路

孙茂松

(唐山学院信息工程系,河北唐山 063000)

**摘要:** 提出了一种仅针对三相 Y 型接法对称性负载的调压电路——脉宽调压电路,此调压电路使用一只可关断电力电子器件对三相 Y 型接法对称性负载进行调压控制。分析了工作原理,给出了实验结果。结果表明:对 Y 型接法的三相对称性负载采用此方法调压能使系统的电路结构简单、负载上的电压谐波分量小,系统响应快。可适用于 Y 型接法的三相感应电动机调压调速、三相 Y 接电阻炉调温控制等负载的应用中。

**关键词:** 脉宽调压; 三相 Y 接; 对称性负载

**中图分类号:** TM761 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-4897(2004)19-0056-03

## 0 引言

过去,三相交流调压电路应用于三相对称性负载中,主要是利用自藕变压器(小容量时)进行调压。自藕变压器的缺点是设备庞大笨重。自从电力电子技术发展起来后,晶闸管取代了自藕变压器。采用三对反并联连接的晶闸管或 3 只双向晶闸管分别串接在三相交流电源线路中,接到三相对称性负载上,通过控制晶闸管的导通角来调节负载上的电压,实现调压的目的。此种方法存在的缺点是:当电压较低时,电压波形缺口大,使加到三相对称性负载上的电压不再是正弦电压,而使电压谐波分量较大;对电动机负载来说,会使电动机转矩脉动和噪声增加,附加损耗增加,温升过高,对电动机的运行不利。本文提出一种针对 Y 型接法的三相对称性负载,仅采用一只自关断型电力电子器件作为开关元件而实现的脉宽调压电路。

## 1 工作原理

图 1 所示为三相 Y 接对称性负载脉宽调压电路原理图。三相负载的 U、V、W 端分别接在三相供电电源上,X、Y、Z 端则分别接到由 VD<sub>1</sub> ~ VD<sub>6</sub> 只整流二极管构成三相整流电路的三支桥臂上。整流电路中的共阳极与共阴极两端接有一个自关断型电力电子器件作为开关元件 K。

当开关元件 K 被触发导通时,整流电路中的共阳极与共阴极两端被短接,整流二极管 VD<sub>1</sub> ~ VD<sub>6</sub> 导通,三相对称性负载 Z<sub>f</sub> 的 X、Y、Z 端短接在一起。三相电源电压施加到三相负载 Z<sub>f</sub> 上,当开关元件 K 被阻断时,使整流电路中的共阳极与共阴极两端断

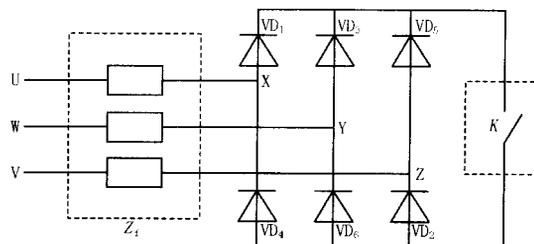


图 1 三相 Y 接对称性负载脉宽调压电路原理图

Fig. 1 Block diagram of three-phase Y connection symmetrical load pulse-width circuit

路,整流二极管 VD<sub>1</sub> ~ VD<sub>6</sub> 阻断,三相负载 Z<sub>f</sub> 的 X、Y、Z 端断路,三相电源电压不能施加到三相负载 Z<sub>f</sub> 上。由于开关元件 K 为自关断型电力电子器件,可以通过脉冲触发电路使开关元件 K 工作在一定开关频率下,并通过控制开关元件 K 的导通和阻断的占空比,从而达到控制和改变施加到三相负载 Z<sub>f</sub> 上的电压,使加到三相负载 Z<sub>f</sub> 上的每相电压为正弦电压被斩波后的包络正弦电压,实现调压的目的。

## 2 脉冲触发方式

当开关元件 K 的触发脉冲位置选择不当时,将造成三相负载中各相负载间电压的不平衡,使正半周电压波形与负半周电压波形不对称,每相负载将产生直流电压分量。为使三相对称性负载所加电压的正、负半周对称而不产生直流分量,采用使触发脉冲要与每相电源相电压的过零点进行一次同步的方法,即每 60° 在一相电源电压过零点时就对触发脉冲进行一次同步。使开关元件 K 在同步点的触发脉冲频率为 6 × 50 Hz。图 2 所示为开关元件 K 上的触发脉冲与三相负载上的电压波形之间的关系。

开关元件 K 的触发脉冲频率可以选择为  $6 \times 50 \times N$  Hz,  $N$  取整数。触发脉冲最高频率受自关断型电力电子功率器件和二极管开关频率的限制。触发脉冲的最高脉冲频率可选取为所用自关断型电力电子功率器件和二极管器件两者中开关频率的较小者。触发脉冲的占空比可调, 触发脉冲的最大可调脉冲宽度决定于触发脉冲的频率, 当触发脉冲频率为  $6 \times 50 \times N$  Hz 时, 最大脉冲宽度为  $60^\circ / N$ 。

GTO、GTR、MOSFET、IGBT 等类型的自关断型电力电子功率器件均可选作开关元件 K 使用。三相整流电路中的  $VD_1 \sim VD_6$  只整流二极管要选用快恢复型二极管。

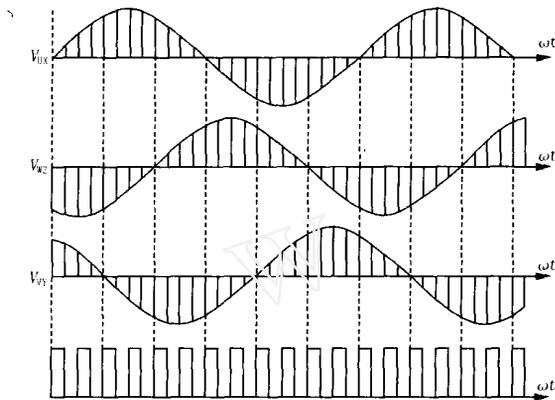


图2 开关元件 K 触发脉冲与三相负载上电压波形之间的关系

Fig. 2 Relationship between the burst pulse of switch K and the voltage waveforms of three-phase Y connection load

### 3 实验结果

#### 3.1 实验电路及元件参数

图3所示为实验电路。电路中的三相 Y 接对称性负载为电阻性负载, 功率 1 kW, 阻值 900  $\Omega$ 。快恢复二极管元件  $VD_1 \sim VD_6$  型号为 MUR8100 (摩托罗拉)。开关元件 K 选用 IGBT, 型号为 1MBH 60D-100 (富士)。IGBT 驱动模块型号为 EXB-841 (富士)。

#### 3.2 实验结果

实验中 IGBT 的触发控制频率为 300 Hz, 观察到负载上的电压波形为正、负半周期正弦波中分别被斩波三次后的波形。电压连续可调, 图4为实验中用示波器测得的负载上电压为 200 V 时所拍摄的负载 U、X 两端的电压波形和开关元件 IGBT 两端的电压波形。

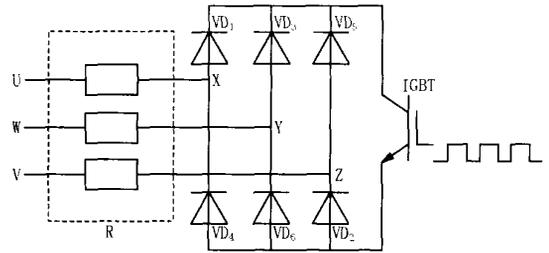


图3 三相 Y 接对称性负载脉宽调压实验电路

Fig. 3 Adjustable-voltage experimental circuit of three-phase Y connection symmetrical load pulse-width

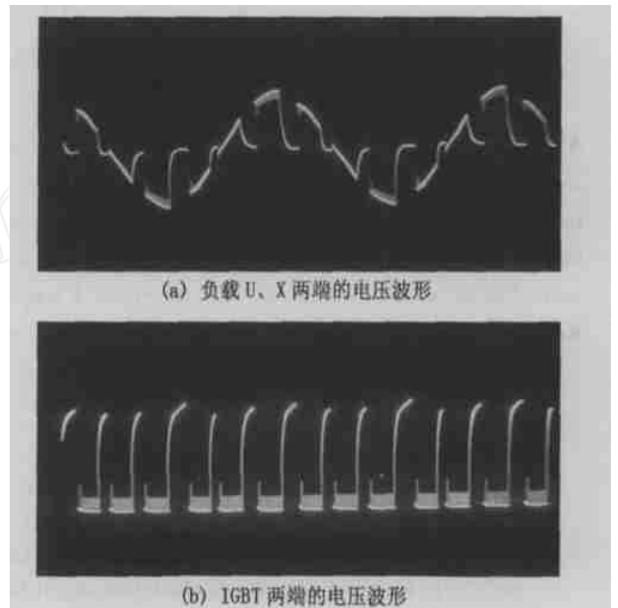


图4 拍摄负载 U、X 两端的电压波形和 IGBT 两端的电压波形

Fig. 4 Photograph of the voltage waveforms of the load on the two ports of U, X and IGBT

### 4 结束语

本系统仅用一只可关断功率电力电子器件作为开关元件 K, 对三相对称性 Y 接负载实现了三相调压的目的。触发控制频率的选择应为  $N \times 300$  Hz, 在开关元件 K 和二极管的开关控制频率允许的情况下, 触发控制频率愈高, 三相负载上的电压愈接近于正弦波。从而使电压谐波分量减小, 减少负载的附加损耗, 并且触发控制频率愈高系统响应愈快。因此可根据所选择的自关断型电力电子功率器件及二极管的开关频率, 来选取  $N$  的大小。本调压电路是一种简单实用的调压电路, 可适用于三相 Y 接感应电动机的调压调速、三相 Y 接电阻炉调压调温等负载应用中。

## 参考文献:

- [1] 黄俊 (HUANG Jun). 电力电子变流技术 (Current Conversion Technology of Electric Power and Electron) [M]. 北京: 机械工业出版社 (Beijing: China Machine Press), 2000.
- [2] 冯焱生, 等 (FENG Du-sheng, et al). 变频器的应用与维修 (Application and Maintenance of Frequency Transducer) [M]. 广州: 华南理工大学出版社 (Guangzhou: South China University of Technology Press), 2001.

收稿日期: 2003-09-15; 修回日期: 2003-12-12

作者简介:

孙茂松 (1957 - ), 男, 高级实验师, 从事电力拖动自动控制系统和变流技术方面的教学。 E-mail: ts - sms @163.com

### A three-phase AC adjustable-voltage circuit —— pulse-width adjustable-voltage circuit with three-phase symmetrical Y connection

SUN Mao-song

(Department of Information Engineering, Tangshan College, Tangshan 063000, China)

**Abstract:** The paper presents the pulse-width adjustable-voltage circuit, which aims at three-phase Y connection symmetrical load and uses a switchable power electronic components to realize the adjustable voltage control for the three-phase Y connection of symmetrical load. The working principle is analysed and the experimental result is given which shows that the circuit is simple, voltage harmonic components few, and response quick. It can be applied to voltage and speed adjustment of three-phase induction motor, temperature-adjusting control of electric stove with three-phase Y connection and so on.

**Key words:** pulse-width adjustable-voltage; three-phase Y connection; symmetrical load

(上接第 41 页 continued from page 41)

### Application of fault tree analysis in the electronic over-load protective relay

ZHAO Jing-ying<sup>1</sup>, WANG Jing-qin<sup>1</sup>, WANG Hai-tao<sup>1</sup>, ZHAO Xin-ying<sup>2</sup>

- (1. Electrical Apparatus Research Institute, Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China;  
2. Architecture Design Institute of Hebei Province, Shijiazhuang 050011, China)

**Abstract:** The electronic over-load protective relay is mainly used to realize the over-load protection of the motor. Its reliability directly influences the reliable operation of the motor. After the hardware diagram of the intelligent relay is briefly introduced, qualitative analysis of its reliability is carried out. By using the fault tree, the minimum sets are solved and the key parts are pointed out. And some measures about improving the reliability of the relay are brought forward.

**Key words:** over-load protective relay; reliability; fault tree; fault tree analysis (FTA); qualitative analysis

## 全国继电保护设备标委会召开三届五次次会议

9月9日至12日,全国量度继电器和保护设备标准化技术委员会三届五次年会在乌鲁木齐市召开。来自标委会委员(代表)、工作组成员及有关专家共42人出席了会议。会议由主任委员姚致清和吴聚业主持。

国家电力调度通信中心王玉玲处长在年会上作了《继电保护目前所面临的形势和电力体制改革以及“十五”规划》的报告。报告就加强电网安全运行工作、运行管理工作、提高装置的制造质量等重点工作进行了通报。

姚致清主任委员报告了关于本标委会三届五次年会工作总结。

会议审查了《电力工程直流电源设备通用技术条件及安全要求》国家标准的送审稿。与会代表对送审稿进行了认真细致的审阅和热烈的讨论,并提出了修改意见和建议,起草小组根据这些意见和建议对送审稿进行了修改。会议还讨论了标委会2005年的国家标准制、修订计划及重点工作。

大会期间,根据国标委会计划[2004]65号文规定,还在2004年9月8日召开了本标委会归口的20项国家标准和7项国家标准计划项目的评价清理工作,经过评价专家的认真讨论和辛勤工作,完成了预期的目标。