

乒乓式转子一点接地保护的电路改进及其分析

祖 伟 姚 翔 合肥工业大学(230009) 余 波 许昌继电器研究所(461000)

【摘要】本文对乒乓式转子一点接地保护装置的电路提出了一种改进方案。改进后的保护装置较原来大为简化，减小了装置的调试工作量，提高了装置的性能和可靠性，降低了装置的成本。文中对改进后的电路进行了详细的分析。

引言

乒乓式发电机转子一点接地保护装置以它卓越的性能已越来越多地得到应用。文献^[1]对装置的动作原理、电路、动作特性及其优点作了详细的论述。在文献^[1]中，给出了如图 1 所示的电路原理图。

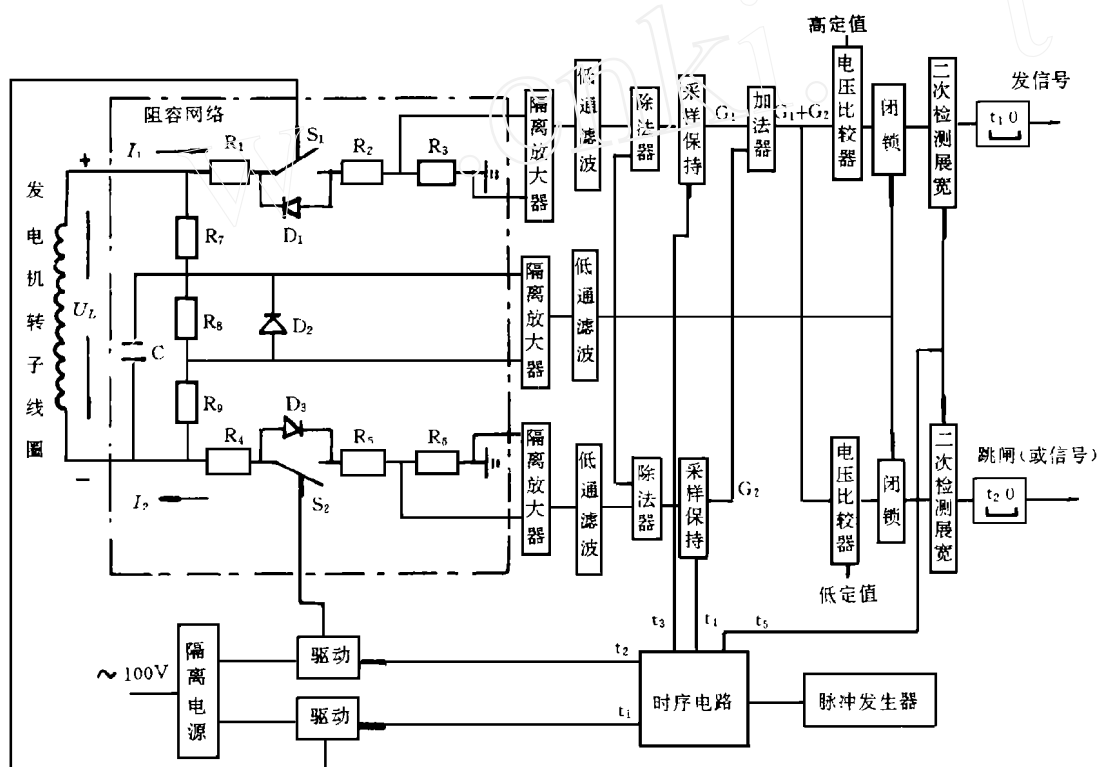


图 1 乒乓式转子一点接地保护原理图

由图 1 知，装置使用了三只隔离放大器分别隔离取自 R_8, R_3, R_6 上的电压信号，这三个电压信号成比例地分别反映了转子电压 U_L 、阻容网络正负两个臂上的电流 I_1, I_2 的大小。它们经

滤波后分别送至两只除法器。在该保护装置中,隔离放大器和除法器是最昂贵的芯片,几乎占去整个装置价格的二分之一;而装置的调试工作量主要集中在两只除法器上。因此,如果能节省一片隔离放大器和一片除法器对降低装置的成本,减少装置的调试工作量,提高装置的可靠性及性能价格比具有积极的意义。

1 乒乓式转子一点接地保护的改进电路

对图1的电路进行改进,形成如图2所示电路。与图1比较,图2中省去了一片隔离放大器和一片除法器及其外围电路。改进后的电路之所以能正确工作,是因为装置有其巧妙的分时操作时序,如图3是时序示意图。

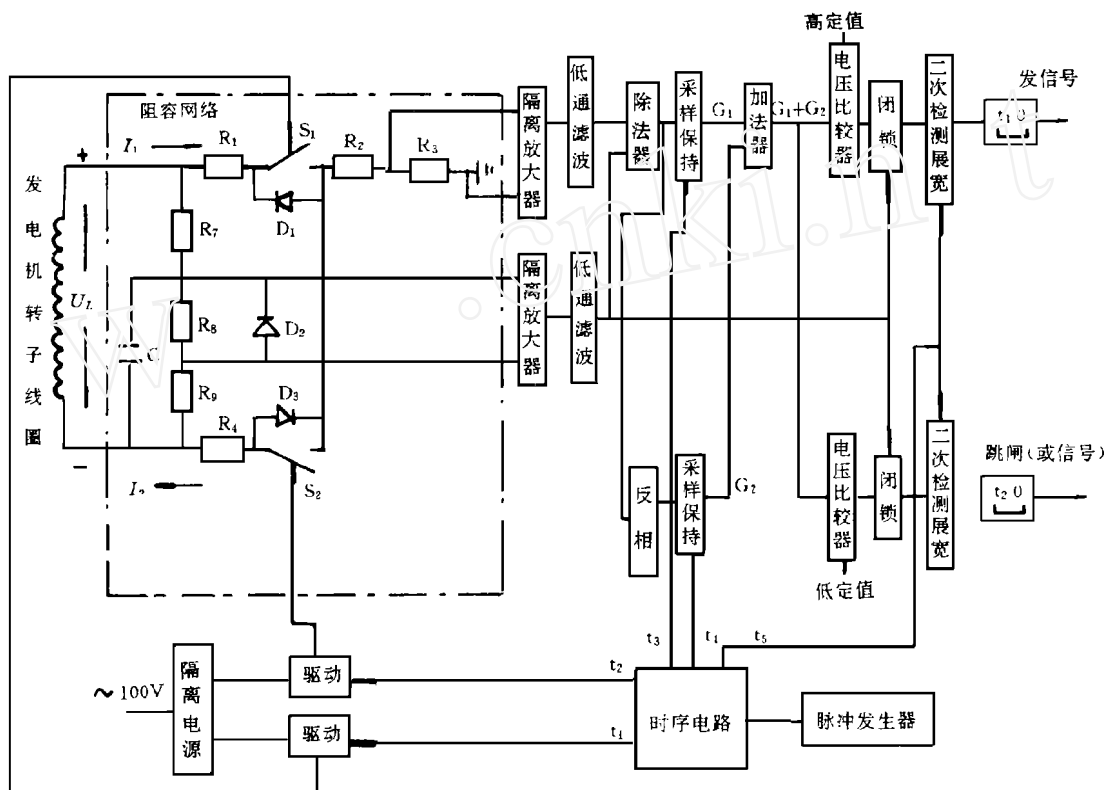


图2 乒乓式转子一点接地保护的改进电路

图3中的阴影部分是一个循环周期的五个脉冲。其中 t_1 、 t_2 分别控制阻容回路的两个切换开关 S_1 、 S_2 , t_1 、 t_2 逻辑正好相反。当 t_1 为高、 t_2 为低时, S_1 开关开通、 S_2 开关关闭;当 t_1 为低、 t_2 为高时, S_1 开关关闭、 S_2 开关开通。因此,任何时刻都只可能有一个开关开通,而另一个开关关闭,这点是保证图2所示电路能正常工作的关键。 t_3 、 t_4 分别控制采样保持器1和2,且分别在 t_1 、 t_2 的下降沿之前有效,以保证采样脉冲分别在 t_1 或 t_2 有效的过程中出现。图3中 ΔT 是 t_1 和 t_3 、 t_2 和 t_4 的下降沿之间的时间间隔,是为了保证装置采样数据的正确性而设置的。 t_5 是二次检测控制脉冲,从图3中可看出, t_5 已经重叠到下一循环周期,且在下一循环周期的采样脉冲有效之前,即执行操作是安排在两组数据获取的间隙之间进行的,没有另设执行周期,这就是所谓

的“并行”操作技术,检测与执行同时执行,从而缩短了装置的循环检测周期,提高了装置对故障的反应速度。

下面根据图 3 所示的时序图分析图 2 的工作原理。为分析方便,忽略转子上的电阻不计,因转子上的电阻很小,这一忽略是合理的。另外,假设转子上某一点发生转子一点接地,接地电阻为 R_{jd} 。因此,图 2 中的转子回路及阻容网络可简化成如图 4 所示电路。

1) 当 t_1 为高, t_2 为低时, S_1 接通, S_2 打开,此时 R_3 上的电压为:

$$I_1 R_3 = \frac{U_1}{R_{jd} + R_1 + R_2 + R_3} \cdot R_3 \quad (1)$$

此电压值经隔离放大器,低通滤波器后作为被除数送至除法器。此时, R_8 上的电压为:

$$U_3 = \frac{U_{L1}}{R_7 + R_8 + R_9} \cdot R_8 \quad (2)$$

式中 U_{L1} 为此时的转子电压值, R_8 上的电压值

经隔离放大器、低通滤波器后被作为除法送至除法器。除法器的输出为式 1 除以式 2 的结果,即:

$$\frac{I_1 R_3}{U_3} = \frac{R_3(R_7 + R_8 + R_9)U_1}{R_8(R_{jd} + R_1 + R_2 + R_3)U_{L1}} \quad (3)$$

由图 3 可知,在 t_1 变低之前, t_3 有一高电平脉冲,使采样保持器 1 采样除法器的输出并保持。此时,采样保持器 1 的输出等于除法器的输出并送至加法器,采样保持器 2 不采样。

2) 当 t_1 为低, t_2 为高, S_1 打开, S_2 开通,此时流经 R_3 上的电流 I_2 与 I_1 方向相反, R_3 上的电压为:

$$-I_2 R_3 = \frac{-U_2}{R_{jd} + R_4 + R_2 + R_3} \cdot R_3 \quad (4)$$

装置在设计时, R_1 和 R_4 的阻值相等,因此式 4 可写成:

$$-I_2 R_3 = \frac{-U_2}{R_{jd} + R_1 + R_2 + R_3} \cdot R_3 \quad (5)$$

此电压值经隔离、滤波后作为被除数送至除法器。此时,除数即 R_8 上的电压为:

$$U_4 = \frac{U_{L2}}{R_7 + R_8 + R_9} \cdot R_8 \quad (6)$$

式中 U_{L2} 为此时的转子电压。所以除法器的输出为:

$$\frac{-I_2 R_3}{U_4} = \frac{-R_3(R_7 + R_8 + R_9)U_2}{R_8(R_{jd} + R_1 + R_2 + R_3)U_{L2}} \quad (7)$$

除法器的输出送至采样保持器 1 同时经反相后送采样保持器 2。由图 3 知,在 t_2 为高电平时, t_3 一直为低,即采样保持器 1 不对信号采样,只有采样保持器 2 采样,采样保持器 2 的输出送至加法器。加法器的输出为式 3 加式 7(式 7 经反相后的结果),即:

$$\frac{I_1 R_3}{U_3} + \frac{I_2 R_3}{U_4} = \left(\frac{U_1}{U_{L1}} + \frac{U_2}{U_{L2}} \right) \cdot \frac{R_3(R_7 + R_8 + R_9)}{R_8(R_{jd} + R_1 + R_2 + R_3)} \quad (8)$$

上式中令:

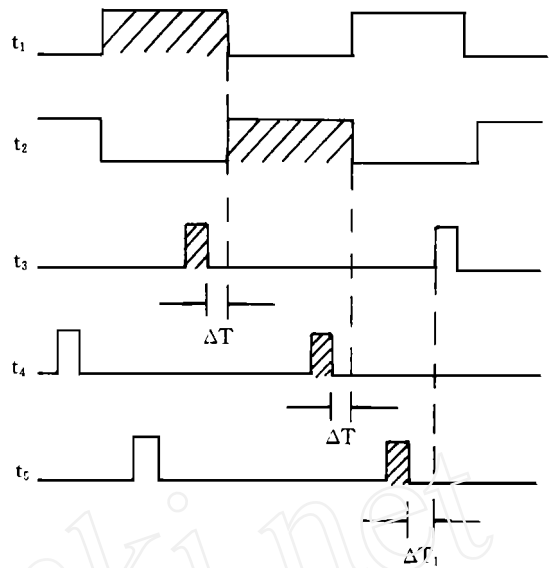


图 3 时序示意图

$$K_1 = \frac{U_1}{U_{L1}}, \quad K_2 = \frac{U_2}{U_{L2}}$$

$$K = \frac{R_3(R_7 + R_8 + R_9)}{R_8}$$

$$R_0 = R_1 + R_2 + R_3$$

由于转子电压在转子上是均匀分布的, K_1 、 K_2 的值正比于接地点与转子正、负极之间的绕组匝数, 转子一旦接地后, 接地点的位置即确定, K_1 、 K_2 的大小即确定, 且有:

$$K_1 + K_2 = 1 \quad (9)$$

将式 9 K 、 R_0 代入式 8 得:

$$\frac{I_1 R_3}{U_3} + \frac{I_2 R_3}{U_4} = \frac{K}{R_{jd} + R_0} \quad (10)$$

对于装置, 式 10 中的 K 、 R_0 为常数, 所以接地电阻 R_{jd} 越小, 式 10 右边的值越大。设装置的第一段整定电阻值为 R_{zd}' ; 第二段整定电阻值为 R_{zd}'' , 则保护的動作判据是:

当 $\frac{K}{R_{jd} + R_0} \geq \frac{K}{R_{zd}' + R_0}$ 时, 保护的高定值段动作。

当 $\frac{K}{R_{jd} + R_0} \geq \frac{K}{R_{zd}'' + R_0}$ 时, 保护的底定值段动作。

2 结论

通过本文的分析可知, 改进后的装置虽然阻容回路的两个臂共用一路隔离放大器和除法器, 但由于分时操作时序, 装置照样能正常工作。改进后的装置较原来降低了成本, 减小了装置的调试工作量, 提高了可靠性。实验证明, 装置性能较未改进前有显著提高。改进后的转子一点接地装置已投入生产。

参考文献

- 1 姚晴林、刘圣奇、祖伟. 乒乓式发电机转子一点接地保护的研究. 继电器, 1993. 2

鉴 定 会 消 息

由北京哈德威四方保护与控制设备有限公司开发研制的新一代高压线路保护装置—CSL 101 (2) A (含 CS 1101A) 成套线路保护装置于 1996 年 11 月 5 日至 7 日在北京清华大学培训中心通过了电力部电力机械局新产品鉴定。会议由电力部电力机械局主持, 来自电力部及机械部有关部局及全国电力系统部分科研院所、大专院校、运行单位近 150 位领导、专家、教授出席了会议。

会议认为, CSL 101 (2) A 成套保护装置是在总结 11、15 型微机高压线路保护装置多年批量生产和运行经验并作为其换代产品而推出的新一代微机线路保护装置, 该装置原理上消除了 11、15 型保护的不足之处, 软件设计采用模糊识别原理和优化保护的设计思想, 根据不同的故障情况选用不同的保护方案, 以期获得最优的保护性能。硬件采用四方公司的第三代单片硬件和网络技术, 装设专用的分散故障录波插件, 重合闸单独设一机箱, 成套保护可用于 220—500kV 输电线路主保护和后备保护。鉴定结论认为, 该装置的性能和主要技术指标处于国际同类产品先进水平。

《继电器》编辑部

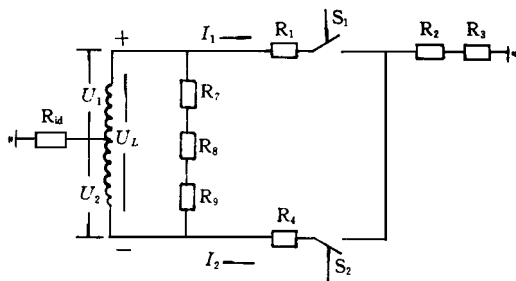


图 4 转子发生一点接地时的阻容网络图

via using this method on microprocessor-based line protection

Key words: Reducing load as underfrequency Frequency Rate of frequency variation Microprocessor-based line protection

A Wide Range Quasi-linear Continuously Setting Circuit of Operating Value for IC-based Protection
..... Yang Wanhui et al(29)

OPTIMIZATION DESIGN

Circuit Improvement and Analysis on Ping-pong Type Rotor One Point Ground Protection
..... Zu Wei et al(32)

An improvement scheme of ping-pong type rotor one point ground protection circuit is presented in this paper. The improved protection is so much simplified that its debugging work is reduced, its performance and reliability are improved, and its cost is lowered. The improved circuit is also analyzed.

Optimization Design About The Start Circuit of Failure Protection for Main Transformer
..... Yang Zeyu(36)

Improvement of ZKH-3 Electric Railway Feeder Protection Zhang Dongjiang, Guo Qijian(40)

The maloperation cause of feeder protection for electric railway serviced with locomotive of using regenerative braking and power compensation device is analyzed in this paper. According to the feature of traction load, a new adaptive impedance relay is presented basing on ZKH-3 electric railway feeder protection.

Key words: Traction load Feeder protection Harmonic restraint

SITE EXPERIENCE

Analysis on Maloperation of 220kV Bus Protection in Hongtashan Substation of YunNan Province on April 23
..... Cheng Lijun et al(43)

A Little Improvement on Secondary Circuit of Substation AC Power Supply System in BSL-10-20(G) Alternative Current Panel Yan Wenzhu, Zhao Dongxing(51)

STRUCTURE AND TECHNOLOGY

Application of Photosensitive Anti-Solder Ink in PCB Production Wang Xian(55)

STANDARDIZATION

The International Standardization on EMC Tian Heng(57)

Disturbance produces during electromagnetic energy conducting and radiating. Maintaining electromagnetic compatibility (EMC) is an important project in international standardization.

All products put on the market have to comply with the EMC Directive in EU from 1st January 1996. Understanding and products complying with EMC standards are important and urgent in China. Some propositions are introduced in this paper such as types of EMC disturbances, organization of the EMC, types of EMC products, types of EMC standards and timetable, organization of IEC TC77 and structure of IEC 1000 publications, legal or contractual status of EMC standards, the EMC directive of EU, so as to promote EMC design and reliable operation of products.

English editor: Zhang Zhiqiang

热烈祝贺许继集团公司成立!

《继电器》编辑部