

输入端的另一组晶检测音叉的振动,由正压电效应产生交变电压信号。这两组晶体通常分别称作驱动元件和检测元件。

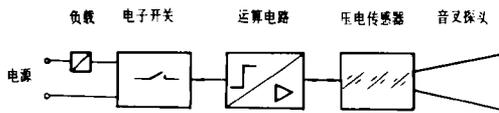


图1 音叉液位控制器的组成

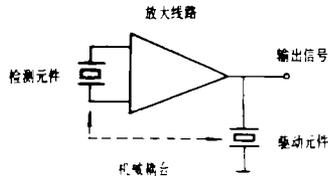


图2 自激振荡线路

由音叉探头、压电传感器、放大线路组成的机电振荡器能够以音叉的固有频率发生谐振。当音叉探头浸入液体或露出液体时,其谐振频率发生变化,电子线路检测这一变化,触发外部负载开关状态的转换,判断容器中安装音叉位置处有无液体,从而实现该位置上液体的限位报警及控制。

二、音叉振动频率及其振动特点

一个机械系统的振动频率主要由振动器的长度、质量分布,以及夹紧处的回复力所决定,其中任何一种因素发生变化都将导致自然振动频率的变化。如温度的变化可以引起振动器长度及回复力的变化,落在振动器上的灰尘或粘性沉积物影响了振动质量,所以,机械系统的自然振动频率受诸多环境因素的影响。

就单振动杆而言,如图3所示,振动时在夹紧处受到周期力 F 的作用,产生反力矩。为保证夹紧装置能够充分吸收反力矩而不参与振动,避免消耗能量,夹紧质量需要高于振动杆质量几个数量级,这使得整个振动系统变得繁重。

音叉式振动系统可以克服上述缺点。如图4所示,两个对称的叉股在一开、一合交替振动的过程中,在夹紧处的一对受力及一对力矩大小相等、方向相反,互相抵消,避免了振动能量传输给夹紧装置,这使得振动系统的机械 Q 值以及灵敏度得

到提高,并且,夹紧装置的设计也变得轻便而简单,譬如设计成平膜片式,如图5所示。

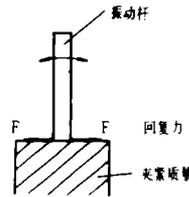


图3 单杆振动

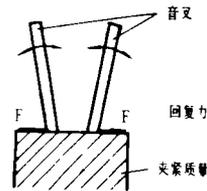


图4 音叉振动

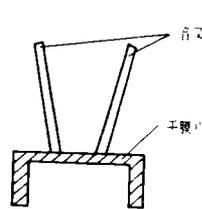


图5 膜片式夹紧装置

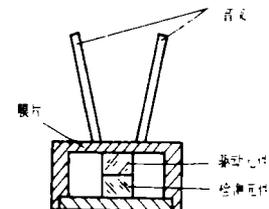


图6 叉体与压电晶体

图6所示,由两组压电晶体组成的机电传感器刚性压紧在振动叉体的夹紧膜片上,一组驱动音叉振动,另一组检测音叉振动。由于这两组压电晶体分别接入放大线路的输出、输入端,组成反馈式自激振荡放大线路,所以,线路的振荡频率将与音叉的振动频率严格保持一致,音叉振动频率变化时,线路的振荡频率也随之改变。只要放大线路的工作频带足够宽,包含音叉振动频率的变化,这样,就不需要精确要求音叉的固有频率,不需要音叉的精密制造。

此外,音叉振动系统具有极高的灵敏度,温度变化以及沉积物的形成只使振动频率产生微弱的变化。当音叉浸入液体介质时,由于携入质量的阻尼作用使得振动频率将产生明显的变化。实验结果表明(音叉长100 mm,宽20 mm,厚2mm),音叉只需轻轻浸入液体介质1 mm(实验介质是水、食物油、面浆等),携入微小的质量,就可以产生足够的频率变化供给电路检测,触发开关功能,音叉浸入液体越深,携入质量越大,其振动频率变化越大。

具有高灵敏度的振动音叉探头,既能够检测密度很低的液体介质,也可以检测粘性介质,即使

在叉体上形成沉积物或者介质的粘度发生变化,也不影响其正常工作,因此是一种通用型液位控制器。例如,由空气到泡沫(面粉加水发酵制成),或由泡沫到液体(面粉加水制成糊状),均可以产生足够的频率变化供检测。此外,音叉检测的开关点还可以通过电路进行精密调节。

三、音叉控制器频率运算的优点

应用压电晶体驱动音叉发生谐振,当音叉接触被测介质时,振动受到阻尼,结果是振动的振幅和频率发生变化,检测振幅或频率的变化,均可以产生触发开关转换的信号。

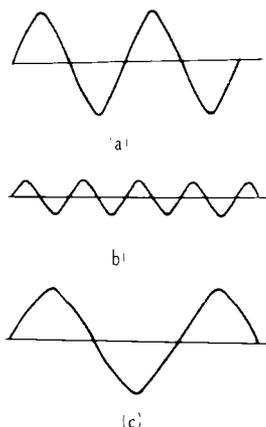


图7 音叉振动输出信号

图7所示,图7a是音叉在空气中振动的输出信号,空气对音叉振动的阻尼很小,可以忽略不计,当音叉接触介质后,阻尼显著增加,音叉将转入高频小振幅振动,输出信号的幅值衰减(图7b),电子线路检测图7a、b幅值的变化,经过电压比较器就可以产生高、低电平作为开关触发信号;另一方面,如果在电子线路上采取特殊的设计,在音叉接触介质时仍然维持输出信号的幅值不变,可以看出其频率降低(图7c),经过频率比较器检测图7a、c频率的变化,也可以产生高、低电平的开关触发信号。

应用音叉振幅的变化检测介质,为保证其具有高的灵敏度及可靠的工作性能,音叉应该具有较强的振动,一般讲,在空气中的振幅应维持在毫米数量级上。为使音叉产生足够强的振动,在驱动元件压电晶体上需要施加较高的驱动电压,如

交流220V的数量级,这一方面限制了音叉开关在防爆场合的应用,另一方面,电子线路必须使用耐高压元器件。

而应用音叉频率的变化检测介质则不需要维持音叉的强振动。实验中,音叉的振幅在几个 μm 的数量级上,维持这一振动,在驱动元件压电晶体上只需施加10V的驱动电压。低的驱动电压、小的音叉振幅,使得音叉控制器具有低的功耗,另外,低压供电又使得电子线路的设计、制作变得十分简单而经济,且可以应用于防爆区域。

四、音叉液位控制器的运算电路

音叉液位控制器的运算电路主要包括放大线路和频率比较电路两部分。

放大线路的输出端、输入端分别连接压电晶体驱动元件和检测元件,构成闭环回路(见图2)。检测元件上产生的交变信号经线路放大后加在驱动元件上使之产生振动驱动音叉,而音叉的振动又使检测元件上产生交变信号,当这一闭环回路满足振荡的幅值条件(放大倍数为1)和相位条件(相移 360°)时,就会产生自激振荡,从而得到音叉振动的输出信号。

放大线路的具体形式很多,图8~图10是利用压电晶体驱动音叉振动的三个放大线路实例,图8、图9给出振幅输出信号,图10给出频率输出信号。

图11是频率比较电路的逻辑功能图,由放大线路输出的频率信号 f ,同基准频率 f_r 进行比较(f_r 由线路设计产生)。当音叉在空气中振动时, $f_0 > f_r$,比较电路输出状态信号 $Q=1$;当音叉浸入液体时,频率降低, $f_0 < f_r$, $Q=0$ 。

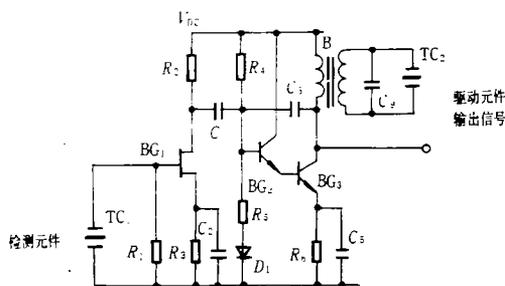


图8 利用升压变压器B提高驱动电压

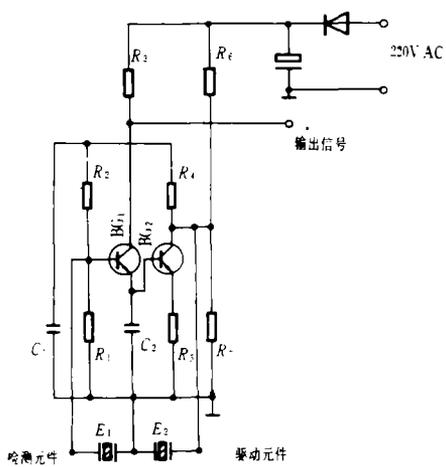


图9 采用高压供电

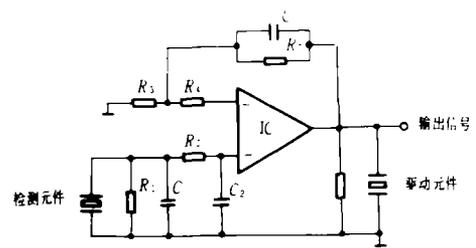
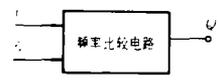


图10 采用集成电路

$Q=1$ 及 $Q=0$ 可以作为音叉探头检测液位的输出信号, 触发负载设备的开关转换。



$f_1 > f_2, Q=1$
 $f_1 < f_2, Q=0$

图11 频率比较

六、结束语

音叉液位控制器原理简明、制造方便、工作可靠、灵敏度和精度高、适用范围广, 是性能价格比较高的液体限位开关。同目前工业生产中大量应用的机械浮子式液位开关相比, 音叉开关具有体积小、重量轻、安装简便(螺纹或法兰)、无活动部件、不需要维修等优点, 并且, 限制浮子开关应用的诸多因素, 如涡流、气泡、结垢、粘性介质等并不影响音叉开关的工作, 因此, 它是浮子开关理想的替代产品, 可以广泛用于石油化工、食品加工等行业生产过程的自动控制。

参考文献

- 1 袁希光主编. 传感器技术手册. 北京: 国防工业出版社, 1986.
- 2 王家桢. 音叉料位发讯器. 自动化仪表, 1982, 3(1).
- 3 韩永奎, 黄裕良. 音叉料位计的原理和计算. 自动化仪表, 1983, 4(6).
- 4 雷国华, 兰常蓉. 压电音叉式电荷斩波器及其应用. 电子技术, 1991(1).

(收稿日期: 1993年12月3日)

龙运工控 ——自动化行家的选择

中外合资重庆龙运智能自动化技术有限公司是国内第一家以海内外留学人员为主创办的民营企业集团公司——重庆龙腾集团的成员之一, 她以重庆大学智能自动化研究所为技术依托, 是集产、学、研为一体的高科技实体, 主要从事计算机集散控制系统、智能仪器仪表、计算机软硬件的研究、开发、生产、销售及相关工程系统的设计、安装, 并已成为台湾研华工控机、标准总线 PC/104 嵌入式工业计算机的重庆及川东地区总代理。

由本公司推出的仿人智能控制器(FZK, 包括温度、压力、流量、液位、显示仪表等)、台湾研华工控机(推荐选用, 也可选用其它工控机或兼容机)、全汉化组态式工业监控软件 Good-Helper 等组成的仿人智能集散控制系统(FZJK)作为成熟的控制系统与仿人智能控制器(FZK)一样, 拥有功能齐全、可靠性高、价格便宜等优势而备受厂家及专业技术人员青睐。

重庆龙运智能自动化技术有限公司

地址: 四川省重庆沙坪坝沙中路 244 号, 邮编: 630030
 电话: (0811)961273, 传真: (0811)967590