



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 209590197 U

(45)授权公告日 2019.11.05

(21)申请号 201920136039.4

(22)申请日 2018.02.09

(62)分案原申请数据

201820236603.5 2018.02.09

(73)专利权人 中国人民解放军海军航空大学

地址 264001 山东省烟台市芝罘区二马路
188号科研学术处

(72)发明人 肖楚琬 韩维 王诚成 周训春

孙阳 应朝龙 刘勇 赵志坚

刘嘉 王希彬

(74)专利代理机构 中国人民解放军海军专利服

务中心 11044

代理人 刘书岩

(51)Int.Cl.

G01R 31/11(2006.01)

权利要求书1页 说明书8页 附图3页

(54)实用新型名称

一种基于时域脉冲反射法的电缆故障定位装置

(57)摘要

本实用新型公开了一种基于时域脉冲反射法的电缆故障定位装置,该装置包括显示模块、处理模块和TDR模块;除此之外,还可以选装参数输入模块;显示模块、参数输入模块和TDR模块均与处理模块电连接。使用该定位装置进行电缆故障定位时,可根据计算结果确定发射脉冲信号的幅值,彻底解决了以往因凭经验来确定信号发射参数而带来的各种问题。



1. 一种基于时域脉冲反射法的电缆故障定位装置,其特征在于,包括TDR模块、处理模块、显示模块;显示模块、处理模块和TDR模块顺序电连接,TDR模块与被测电缆电连接;

所述TDR模块由脉冲信号发生器和信号采集器组成,脉冲信号发生器用于产生发射脉冲信号,信号采集器用于采集在阻抗不匹配位置的反射脉冲信号;所述脉冲信号发生器产生发射脉冲信号的幅值 V_{in} 可调。

2. 如权利要求1所述的一种基于时域脉冲反射法的电缆故障定位装置,其特征在于,TDR模块通过阻抗匹配接头与被测电缆电连接。

3. 如权利要求1所述的一种基于时域脉冲反射法的电缆故障定位装置,其特征在于,定位装置中还设有参数输入模块,参数输入模块用于输入TDR发射脉冲信号的幅值 V_{in} 及频率或计算 V_{in} 所需的被测电缆参数,参数输入模块与处理模块电连接。

4. 如权利要求3所述的一种基于时域脉冲反射法的电缆故障定位装置,其特征在于,被测电缆参数具体是指被测电缆的长度 l_H ,被测电缆的等效电阻 R_L ,被测电缆的特性阻抗 Z_0 ,被测电缆的等效电导 G_L ,被测电缆绝缘材料的相对介电常数 ϵ_r 。

5. 如权利要求4所述的一种基于时域脉冲反射法的电缆故障定位装置,其特征在于,当输入被测电缆参数计算 V_{in} 时,处理模块采用以下方法计算 V_{in} ,

$$V_{in} = V_1(d) \times 10^{0.217 \times 2 \times l_H \times (\frac{R_L}{Z_0} + G_L * Z_0)}$$

其中, $V_1(d)$ 为被测电缆中干扰噪声的极限值。

6. 如权利要求5所述的一种基于时域脉冲反射法的电缆故障定位装置,其特征在于, $V_1(d)$ 的取值为0.5V。

一种基于时域脉冲反射法的电缆故障定位装置

[0001] 本申请是申请日为2018年2月9日,申请号为201820236603.5,发明名称为“一种基于时域脉冲反射法的电缆故障定位装置”的专利申请的分案申请。

技术领域

[0002] 本实用新型涉及电缆故障测试技术领域,主要涉及一种基于时域脉冲反射法的电缆故障定位装置,尤其涉及一种考虑电缆衰减特性的电缆故障TDR定位装置。

背景技术

[0003] 电缆是供电和用电设备间连接,以及各设备间连接的枢纽,担负着电力的输送、信号的传输和分配等任务。随着电力在各种设备上的应用越来越广,电缆故障(诸如短路或断路)带来影响也越来越严重。诸如飞机上的电缆遍布于飞机各处,由于长期受到水汽、紫外线、振动、盐雾腐蚀等因素的影响,电缆容易发生短路和断路等故障。飞机电缆故障,轻则影响飞行性能,重则危及飞行安全,甚至引发飞行事故。由于飞机、舰船内电缆往往布置在狭小空间内,多不能采用传统的目视检查方法完成故障的定位。

[0004] 目前对于飞机、舰船内电缆故障的定位,使用较为成熟的方法为TDR方法,即时域脉冲反射方法。使用该方法定位故障时,需要用到TDR定位装置,通过TDR定位装置向电缆注入脉冲信号,脉冲信号通过电缆上阻抗不匹配点时发生反射,通过计算发射脉冲信号与反射脉冲信号之间的时间差与脉冲信号在电缆中传播速度的乘积得到故障距离,就可完成电缆故障的定位。对于飞机、舰船内电缆而言,一条电缆在布线过程中可能经过插接件、铰接点、焊接点等多种形式的阻抗变化点(即阻抗不匹配点),在该种情况下使用TDR定位装置和方法进行故障定位时,除了在故障点(诸如短路或断路)形成故障反射脉冲信号外,还会在上述阻抗变化点处形成非故障反射脉冲信号,对电缆故障的定位形成较大的干扰,给出“虚警”信号,影响电缆故障定位的精度,甚至引起误判,增加维护成本。不仅如此,在使用TDR定位装置和方法进行电缆故障定位时,TDR定位装置通常使用低压的脉冲信号注入电缆并进行检测,但是由于未考虑信号在电缆的实际衰减特性,只能根据经验来确定信号的发射参数(主要是指信号的电压),而缺乏理论指导,当发射参数设定较低时根本无法检出故障位置,而当发射参数设定较高时则会出现难于实现或实现成本较高的问题。

实用新型内容

[0005] 为了解决现有电缆故障定位存在仅凭经验确定信号发射参数等问题,本实用新型提出了一种基于时域脉冲反射法的电缆故障定位装置。

[0006] 本实用新型的一种基于时域脉冲反射法的电缆故障定位装置,该装置包括:TDR模块、处理模块、显示模块;TDR模块用于产生发射脉冲信号,并接收反射脉冲信号;处理模块用于分析反射脉冲信号的波形,判断是否存在故障点和可能故障点d,分析可能故障点d的合理性,并确定故障类型和故障点距离L;显示模块用于显示选定参数、可能故障点d和故障点的信息;前述的显示模块、处理模块和TDR模块顺序电连接,TDR模块与被测电缆电连接。

[0007] 优选的,定位装置中的TDR模块通过阻抗匹配接头与被测电缆电连接。通过设置阻抗匹配接头,可减少连接位置对故障定位的影响。

[0008] 优选的,定位装置中的TDR模块由脉冲信号发生器和信号采集器组成,脉冲信号发生器用于产生发射脉冲信号,信号采集器用于采集在阻抗不匹配位置的反射脉冲信号。

[0009] 优选的,脉冲信号发生器产生发射脉冲信号的幅值可调,从而实现根据被测电缆的特性选定TDR发射脉冲信号的幅值 V_{in} ,减少因凭经验来确定信号的发射参数而带来的问题。

[0010] 优选的,在定位装置中还设有参数输入模块,参数输入模块用于输入TDR发射脉冲信号的幅值 V_{in} 或计算 V_{in} 所需的被测电缆参数,参数输入模块与处理模块电连接。当根据被测电缆的特性,提前选定或计算出 V_{in} 时,可直接通过参数输入模块将 V_{in} 输入,处理模块将根据输入的 V_{in} 大小,控制TDR模块产生的发射脉冲信号的幅值;当知道被测电缆参数,而未提前计算 V_{in} 大小时,可以直接将计算 V_{in} 所需的被测电缆参数录入参数输入模块,由处理模块计算 V_{in} ,并根据计算所得的 V_{in} 大小,控制TDR模块产生的发射脉冲信号的幅值。通过设置参数输入模块,以往因凭经验来确定信号发射参数而带来的各种问题。

[0011] 优选的,被测电缆参数具体是指被测电缆的长度 l_H ,被测电缆的等效电阻 R_L ,被测电缆的特性阻抗 Z_0 ,被测电缆的等效电导 G_L 。

[0012] 优选的,当输入被测电缆参数计算 V_{in} 时,处理模块采用以下方法计算 V_{in} ,

$$[0013] \quad V_{in} = V_1(d) \times 10^{0.217 \times 2 \times l_H \times (\frac{R_L}{Z_0} + G_L * Z_0)}$$

[0014] 其中, $V_1(d)$ 为被测电缆中干扰噪声的极限值。

[0015] 优选的, $V_1(d)$ 的取值为0.5V。根据大量的实验测试,对于常见的电缆而言,作用在其上的各种噪声的幅值最大为0.5V左右,此处的噪声包括外部噪声及由于连接器引入的噪声等,当发射脉冲信号经过被测电缆传播时,其幅值会逐渐衰减,当衰减至该范围时TDR定位方法将无法识别,因此选择0.5V作为判断阈值。

[0016] 为了更清楚地说明本实用新型的一种基于时域脉冲反射法的电缆故障定位装置的组成和连接关系,下面介绍一下使用该定位装置进行故障定位的方法,该方法主要包括以下五个步骤:

[0017] 步骤S1,根据被测电缆的特性,选定TDR发射脉冲信号的幅值 V_{in} ;所述的被测电缆的特性主要是指电缆的衰减特性,主要考虑以下影响因素:被测电缆的长度 l_H ,被测电缆的等效电阻 R_L ,被测电缆的特性阻抗 Z_0 ,被测电缆的等效电导 G_L 等。

[0018] 步骤S2,产生发射脉冲信号并注入到被测电缆中,然后采集在阻抗不匹配位置的反射脉冲信号;在TDR定位方法中,具体由脉冲信号发生器产生发射脉冲信号,并由信号采集器采集反射脉冲信号。

[0019] 步骤S3,根据反射脉冲信号进行故障判断;具体来说,需要分析反射脉冲信号的波形,并根据反射脉冲信号和发射脉冲信号的幅值和相位关系,即可确定故障类型。但是由于受到外部环境的影响,以及经过连接器(包括插接件、铰接点、焊接点等)时产生的内部影响,可能会出现“虚警”现象,或者误判。为了提高故障判断的准确性,采用以下方法进行故障的判断:

[0020] (1) 当反射脉冲信号幅值的绝对值 $|V(td)| \geq 1V$ 时,则判定被测电缆存在故障,并

确定故障类型和故障点距离L;根据TDR定位方法即可确定故障点距离L。

[0021] (2) 当 $0.5V \leq |V(td)| < 1V$ 时,则判定被测电缆可能存在故障,然后计算可能故障点d的距离 l_d ,其中可能故障点d的距离 l_d 也是根据TDR定位方法确定。

[0022] (3) 当 $|V(td)| < 0.5V$ 时,则判定被测电缆不存在故障,并转至步骤S5。

[0023] 步骤S4,根据电缆的衰减特性,判断可能故障点d的反射脉冲信号幅值 $V(td)$ 是否合理;如果合理,则 $L=l_d$,也就说可能故障点d的距离 l_d 即为故障点距离L;如果不合理,则可能故障点d为虚警,转至步骤S5。

[0024] 步骤S5,结束电缆故障定位。

[0025] 优选的,步骤S4中根据电缆的衰减特性,判断可能故障点d的反射脉冲信号幅值 $V(td)$ 是否合理时,具体采用如下方法:

[0026] 步骤S41,假设被测电缆为均匀电缆,计算可能故障点d反射脉冲信号理论幅值的绝对值 $|V(d)|$,即计算在被测电缆为均匀电缆时可能故障点d对应位置的反射脉冲信号理论幅值的绝对值 $|V(d)|$;

[0027] 步骤S42,如果 $|V(td)| > |V(d)|$,则可能故障点d的反射脉冲信号幅值 $V(td)$ 不合理;否则,则合理。

[0028] 优选的,步骤S41中 $|V(d)|$ 的计算方法具体为:

$$[0029] \quad |V(d)| = V_{in} / 10^{0.217 \times 2 \times l_d \times (\frac{R_L}{Z_0} + G_L * Z_0)}$$

[0030] 其中, l_d 为可能故障点d的距离, R_L 为被测电缆的等效电阻, Z_0 为被测电缆的特性阻抗, G_L 为被测电缆的等效电导。

[0031] 优选的,步骤S1中发射脉冲信号的幅值 V_{in} 的选定方法具体为:

$$[0032] \quad V_{in} = V_1(d) \times 10^{0.217 \times 2 \times l_H \times (\frac{R_L}{Z_0} + G_L * Z_0)}$$

[0033] 其中, $V_1(d)$ 为被测电缆中干扰噪声的极限值, l_H 为被测电缆的长度;通过确定 V_{in} ,可以解决以往只能根据经验来确定信号的发射参数的问题,也避免了由此带来的各种问题。

[0034] 优选的, $V_1(d)$ 的取值为0.5V。根据大量的实验测试,对于常见的电缆而言,作用在其上的各种噪声的幅值最大为0.5V左右,当发射脉冲信号经过被测电缆传播时,其幅值会逐渐衰减,当衰减至该范围时TDR定位方法将无法识别,因此选择0.5V作为判断阈值。

[0035] 优选的,步骤S4中故障点距离L的计算方法替换为:

$$[0036] \quad L = \frac{v \Delta t}{2}$$

[0037] 其中, $v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$,c为光速, ϵ_r 为被测电缆绝缘材料的相对介电常数, Δt 为发射脉冲信号与反射脉冲信号间的时间差。

[0038] 本实用新型的一种基于时域脉冲反射法的电缆故障定位装置,可根据被测电缆特性确定发射脉冲信号的幅值 V_{in} ,彻底解决了以往因凭经验来确定信号发射参数而带来的各种问题。

附图说明

- [0039] 图1为定位装置结构示意图。
- [0040] 图2为TDR模块组成及TDR模块与被测电缆连接示意图。
- [0041] 图3为使用本实用新型中的定位装置进行电缆故障定位的流程图。
- [0042] 图4为带有参数输入模块的定位装置结构示意图。
- [0043] 图5为发射脉冲信号幅值为5.5V时测试87m处存在断路故障电缆的发射信号与反射信号波形图。
- [0044] 图6为发射脉冲信号幅值为3.3V时测试87m处存在断路故障电缆的发射信号与反射信号波形图。
- [0045] 图7为发射脉冲信号幅值为5.5V时测试100m电缆的发射信号与反射信号波形图。

具体实施方式

- [0046] 下面结合附图1至附图7,介绍本实用新型的具体实施方式。
- [0047] 如图1所示,本实用新型的一种基于时域脉冲反射法的电缆故障定位装置,主要包括TDR模块、处理模块、显示模块;另外,可以根据需要选装参数输入模块。
- [0048] 为了更好说明本实用新型的一种基于时域脉冲反射法的电缆故障定位装置组成和工作原理,下面具体说明了本实用新型中是如何考虑电缆衰减特性的。
- [0049] 高频脉冲信号在沿着被测电缆传播的过程中,其频率基本不发生变化;波形由于外部信号干扰和传输线路自身特性会发生畸变;信号的幅值由于介质损耗、导线损耗和辐射损耗等原因,会存在一定的衰减,而且随着信号的频率越高和传播距离越远,信号会衰减的更严重。
- [0050] 衰减是有损传输线的特性,它是求解二阶有损RLCG分布参数电路模型的直接结果。通常用 α_n 表示单位长度的衰减,其单位为奈培/米,定义如下:

$$[0051] \quad \alpha_n = \sqrt{\frac{1}{2} \left[\sqrt{(R_L^2 + \omega^2 L_L^2)(G_L^2 + \omega^2 C_L^2)} - \omega^2 C_L L_L + R_L G_L \right]} \quad (1)$$

[0052] 其中: R_L 为传输线的等效电阻,单位 Ω ; G_L 为传输线的等效电导,单位S; L_L 为传输线的等效电感,单位H; C_L 为传输线的等效电容,单位F; ω 为传输线上信号的频率。

[0053] 在均匀的有损传输线中,它可以表示为:

$$[0054] \quad \alpha_n = \frac{1}{2} \left(\frac{R_L}{Z_0} + G_L * Z_0 \right) \quad (2)$$

[0055] 式中: Z_0 为传输线的特性阻抗,单位 Ω 。

[0056] 信号沿均匀电缆传播时,导线损耗对信号的影响主要是使信号幅值发生衰减。如果对于发射脉冲信号幅值为 V_{in} 的信号在传输线上传播,信号幅值随着距离的增加不是线性下降的,而是随着距离的变化呈指数下降,传输线上输入信号和输出信号幅值关系为:

$$[0057] \quad V(d) = V_{in} \times e^{-A_n} = V_{in} \times e^{-l_d \times \alpha_n} \quad (3)$$

[0058] 式中, V_{in} 表示发射脉冲信号的幅值,单位V; $V(d)$ 表示传输线上d点的电压幅值,单位V; A_n 表示总衰减,单位奈培; l_d 为d点的距离,具体为信号输入端到d点的距离,单位米; α_n 为传输线单位长度的衰减,单位奈培/米。

[0059] 由于分贝使用更为常见,计算更加方便,可以利用下式(4)中的转换关系,将 α_n 转变为分贝形式:

$$[0060] \quad 10^{\alpha_{dB}} = e^{20\alpha_n} \quad (4)$$

[0061] 由上式,得到输入电压与输出电压用分贝表示的关系:

$$[0062] \quad V(d) = V_{in} / 10^{i_d \cdot \frac{\alpha_{dB}}{20}} \quad (5)$$

[0063] 由式(4)的转换关系将式(2)化为分贝的形式,则得到传输线单位长度的衰减dB/长度为:

$$[0064] \quad \alpha_{dB} = \alpha_n * 20 \lg(e) = 8.68 * \alpha_n = 4.34 \left(\frac{R_L}{Z_0} + G_L * Z_0 \right) \quad (6)$$

[0065] 由式(5)、式(6)可以知道发射信号随在传输线上衰减特性公式为:

$$[0066] \quad V(d) = V_{in} / 10^{0.217 \times d \times \left(\frac{R_L}{Z_0} + G_L * Z_0 \right)} \quad (7)$$

[0067] 上述为电缆衰减特性的分析过程,根据电缆衰减特性模型在给定高频脉冲信号频率和幅值的基础上得到高频脉冲信号在某一电缆上幅值与传播距离的关系。

[0068] 下面再简述一下基于TDR(即时域脉冲反射方法)的电缆故障定位理论。TDR基本理论是传输线理论;传输线原理中将电缆作为分布参数元件,且在均匀传输线中,传输线上特性阻抗为一定值,其中电缆的特性阻抗可以由式(8)表示:

$$[0069] \quad Z_0 = \sqrt{\frac{L_{L1}}{C_{L1}}} \quad (8)$$

[0070] 式中, L_{L1} 为单位长度电缆的电感, C_{L1} 为单位长度电缆的电容。

[0071] 在传输线理论中电脉冲信号在电缆中传输的过程中,如果传输介质均匀,信号会沿着电缆一直传输,如果电缆发生故障(断路或短路),传输介质不均匀,脉冲信号会在阻抗变化的地方发生反射。传输线上阻抗不匹配处的反射系数为反射电压与发射电压之比:

$$[0072] \quad \rho = \frac{V_{re}}{V_{in}} = \frac{Z_l - Z_0}{Z_l + Z_0} \quad (9)$$

[0073] 式中, V_{re} 为反射脉冲信号电压幅值, Z_l 为电缆线路障碍点的输入阻抗, Z_0 为电缆的特性阻抗。由(9)式可以得出以下三个特点:

[0074] (1) 当电缆正常时, $Z_0 = Z_l, \rho = 0$,发射信号最终将被负载吸收而不发生反射;

[0075] (2) 当电缆断路时, $Z_l \rightarrow \infty, \rho = 1$,此时反射的电脉冲与初始发射脉冲幅度相同,相位一致;

[0076] (3) 当电缆短路时, $Z_l \rightarrow 0, \rho = -1$,反射的电脉冲与初始脉冲幅度相同,但相位相反。

[0077] 在传输线理论中,信号在传输线上是以电磁波的形式传播的;在电缆一端加上电压之后,由于其分布参数中电容的惰性,信号传递需要一定的时间。则信号在电缆中的传播速度 v 为:

$$[0078] \quad v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon\mu}} = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \epsilon_r \mu_0 \mu_r}} \quad (10)$$

[0079] 式中, ε_0 为真空介电常数, $\varepsilon_0 = \frac{1}{36\pi \times 10^9}$, μ_0 为真空磁导率, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7}$, ε_r 为绝缘材料的相对介电常数, μ_r 为绝缘材料的相对磁导率, 一般为1。把 ε_0 、 μ_0 、 μ_r 的值代入公式(10)得:

$$[0080] \quad v = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{36\pi \times 10^9} \times 4\pi \times 10^{-7} \times 1 \times \varepsilon_r}} = \frac{3 \times 10^8}{\sqrt{\varepsilon_r}} = \frac{c}{\sqrt{\varepsilon_r}} \quad (11)$$

[0081] 式中, c 为光速 $c = 3 \times 10^8 \text{m/s}$;

[0082] 由(11)式可知电缆中信号的传播速度仅仅与其绝缘材料的相对介电常数有关, 与其他因素无关。信号在相同绝缘材料的电缆中具有一样的速度;

[0083] 时域反射法通过测得发射脉冲与阻抗不匹配处的反射脉冲的时间差 Δt , 根据(11)式计算出信号在电缆中的传播速度来确定故障距离, 故障距离为:

$$[0084] \quad L = \frac{v\Delta t}{2} \quad (12)$$

[0085] 式中, L 为测试端与故障点的距离, v 为信号在电缆中的传播速度, Δt 为发射脉冲与反射脉冲的时间差。

[0086] 通过分析反射脉冲信号的波形, 当反射脉冲信号明显时(如前所述由于电缆中的噪声水平约为0.5V, 当反射脉冲信号幅值的绝对值大于等于1V时, 超过噪声水平较多, 认为反射脉冲信号明显), 则直接判断被测电缆存在故障; 当反射脉冲信号不明显时(当反射脉冲信号幅值的绝对值介于0.5V和1V之间时, 认为反射脉冲信号不明显), 则判断被测电缆可能存在故障, 测出反射脉冲信号不明显时反射脉冲信号的幅值, 然后根据发射脉冲信号与反射脉冲信号之间的时间差与脉冲信号在电缆中传播速度的乘积得到“故障距离”, 最后结合电缆衰减特性计算出该位置的反射脉冲信号的理论幅值, 综合判断得出故障诊断结果。

[0087] 如图2所示, 将本实用新型的定位装置与被测电缆连接时, 通过阻抗匹配接头进行连接; TDR模块中的脉冲信号发生器通过阻抗匹配接头向被测电缆发送发射脉冲信号, 当被测电缆中存在阻抗不匹配位置时, 反射脉冲信号通过阻抗不匹配接头由TDR的信号采集器采集。

[0088] 使用本实用新型进行电缆故障定位时, 具体的方法如图3所示。其中判断可能故障点的合理性为可选步骤, 当不存在可能故障点时, 此步骤可以省略, 因此在图3中用虚线表示。

[0089] 实施例1:

[0090] 下面介绍一下如何使用本实用新型的一种基于时域脉冲反射法的电缆故障定位装置, 选定发射脉冲信号幅值。

[0091] 如图4所示, 在定位装置中设置参数输入模块, 参数输入模块与处理模块电连接。在本实施例中, 参数输入模块用于输入计算 V_{in} 和故障点距离 L 所需的被测电缆参数。

[0092] 设被测电缆为一段飞机内电缆, 被测电缆的特性阻抗 $Z_0 = 50 \Omega$, 等效电阻 $R_L = 0.0062 \Omega$, 等效电导 $G_L = 0.00046 \text{S}$, 被测电缆绝缘材料的相对介电常数 $\varepsilon_r = 2.25$, 长度 $l_h = 100$ 米, 在该电缆的87米位置人为制造断路故障, 分别选择两种不同幅值但频率均为100MHz的发射脉冲信号对其进行TDR定位。图5中发射脉冲信号的幅值为5.5V, 图6中发射脉冲信号

的幅值为3.3V。

[0093] 如图5和图6所示,两图中均有发射脉冲信号1。但图5中存在反射脉冲信号2,根据传统的TDR定位方法,确定对应位置为故障点;而图6中不存在反射脉冲信号2。

[0094] 通过两图对比可知,当发射脉冲信号幅值为3.3V时,无法对故障进行定位。传统的TDR定位方法中,发射脉冲信号的幅值均是根据以往经验确定的。如前所述当选定的发射脉冲信号幅值较低时,则无法实现对故障的定义;而当选定的发射脉冲信号幅值较高时,则势必提高TDR元件的成本,当幅值过高时甚至在工程上无法实现。

[0095] 常用来产生TDR发射脉冲信号的FPGA等芯片的工作电压是3.3V,可以通过运算放大电路将核心芯片产生的脉冲信号进行幅值放大并进行输出。对于高频脉冲信号的放大要考虑运算放大器的压摆率(压摆率是指输入为阶跃信号时闭环放大器的输出电压时间变化率的平均值,简单来说就是决定信号上升速度的一个关键指标),如果压摆率过小,生成的脉冲信号上升沿不够陡不满足TDR测试要求,压摆率大的器件价格相对昂贵。通过上述举例可知,通过选定发射脉冲信号的幅值可以帮助我们更好的设计电路,并选择相对便宜的器件,具备较大的经济价值。

[0096] 为了实现合理选定发射脉冲信号幅值,在本实施例中,通过参数输入模块将被测电缆的长度 l_H ,被测电缆的等效电阻 R_L ,被测电缆的特性阻抗 Z_0 ,被测电缆的等效电导 G_L 输入。

由处理模块计算 V_{in} ,具体通过 $V_{in} = V_1(d) \times 10^{0.217 \times 2 \times l_H \times (\frac{R_L}{Z_0} + G_L * Z_0)}$ 计算 V_{in} 的大小,其中 $V_1(d)$ 为

被测电缆中噪声幅值,本实施例中选择0.5V作为判断阈值 $V_1(d)$ 的取值,即认为信号在电缆传播过程中衰减到0.5V则认为无法识别。

[0097] 根据上述计算方法和 $V_1(d)$ 的取值,计算得到 V_{in} 的幅值约为5.06V时,使用TDR技术可以对前述100米长的被测电缆进行电缆故障定位。通过该分析也可知,如图6所示当 $V_{in} = 3.3V$ 时,根本无法实现电缆故障定位,因为反射脉冲信号完全淹没在噪声中。

[0098] 实施例2:

[0099] 下面介绍一下如何使用本实用新型的一种基于时域脉冲反射法的电缆故障定位装置,如何进行故障合理性判断,并完成故障的定位。

[0100] 在本实施例中,被测电缆参数与实施例1完全相同,发射脉冲信号的频率为频率100MHz。下面结合前述的方法进行详细介绍。

[0101] 步骤S1,选定发射脉冲信号幅值

[0102] 如实施例1中的计算, V_{in} 的幅值约为5.06V时,使用TDR技术可以对前述100米长的被测电缆进行电缆故障定位。为了使得反射脉冲信号相对于噪声能够更为明显,在本实施例中适当提高 V_{in} 的幅值,具体取 $V_{in} = 5.5V$ 。本实施例中 V_{in} 的计算提前进行,通过参数输入模块直接录入计算所得的 V_{in} ,控制TDR模块产生的发射脉冲信号的幅值,录入的 V_{in} 将显示在显示模块上。

[0103] 步骤S2,发射并采集反射脉冲信号

[0104] 如图7所示,通过TDR模块中脉冲信号发生器发生的发射脉冲信号1的幅值为5.5V,频率100MHz;并通过发射脉冲信号和反射脉冲信号的时间差为 $\Delta t = 500ns$;信号采集器采集到的反射脉冲信号2,其幅值为 $V(td) = 0.99V$ 。

[0105] 步骤S3,根据反射脉冲信号进行故障判断

[0106] 根据本实用新型中介绍的前述的方法,由处理模块进行相关处理和判断,由于 $0.5V \leq |V(td)| < 1V$,则该点为可能故障点。

[0107] 步骤S4,判断可能故障点的合理性

[0108] 根据 $|V(d)| = V_{in} / 10^{0.217 \times 2 \times l_d \times (\frac{R_L}{Z_0} + G_L * Z_0)}$,由处理模块计算可能故障点反射脉冲信号的理论幅值V(d),通过计算得到 $V(d) = 1.73V$ 。

[0109] 因 $|V(td)| < |V(d)|$,因此可能故障点的反射脉冲信号幅值V(td)合理,则判断该可能故障点为故障点。进一步分析反射脉冲信号,可知该故障点的故障类型为“断路”。

[0110] 为进一步提高故障点距离的计算精度,根据 $v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon_r}}$ 和 Δt ,由 $L = \frac{v\Delta t}{2}$ 计算出故障点距离为 $L = 50$ 米,即故障点距测试端的距离为50米。

[0111] 可能故障点d和故障点的信息也都将显示在显示模块上,具体信息包括可能故障点d的V(td)和V(d)大小、可能故障点的合理性判断结果;另外,当判定可能故障点为故障点时,还要显示故障点距离、故障类型等。

[0112] 步骤S5,结束电缆故障定位。

[0113] 最后应说明的是,以上所述仅为本实用新型的优选实施方式,并不用于限制本实用新型,尽管参照前述实施例对实用新型进行了详细的说明,对于本领域的技术人员来说,其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换。凡在本实用新型的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本实用新型的保护范围之内。



图1

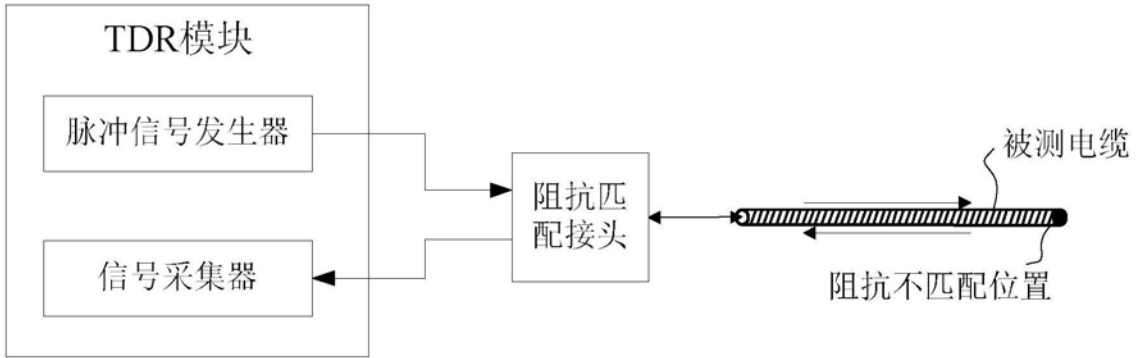


图2

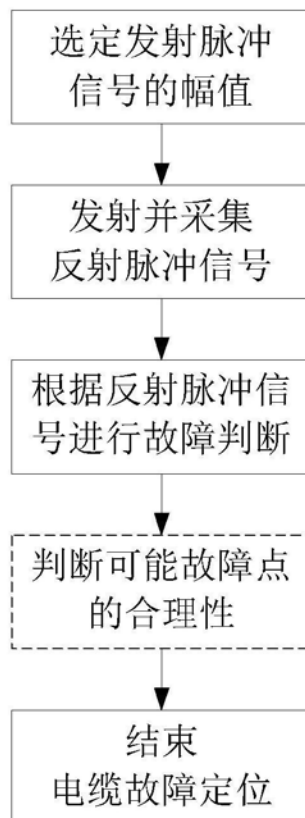


图3

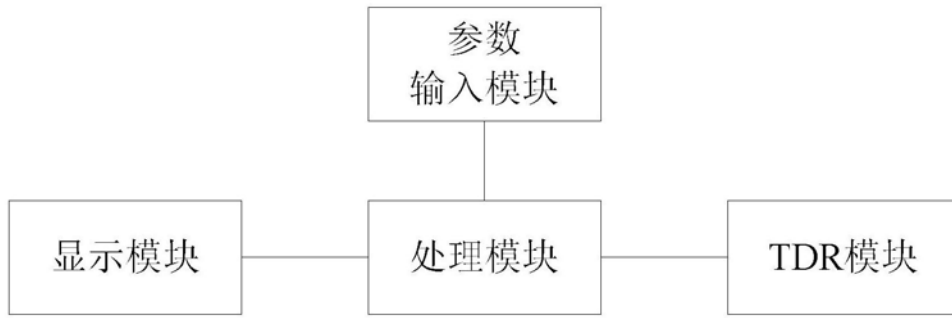


图4

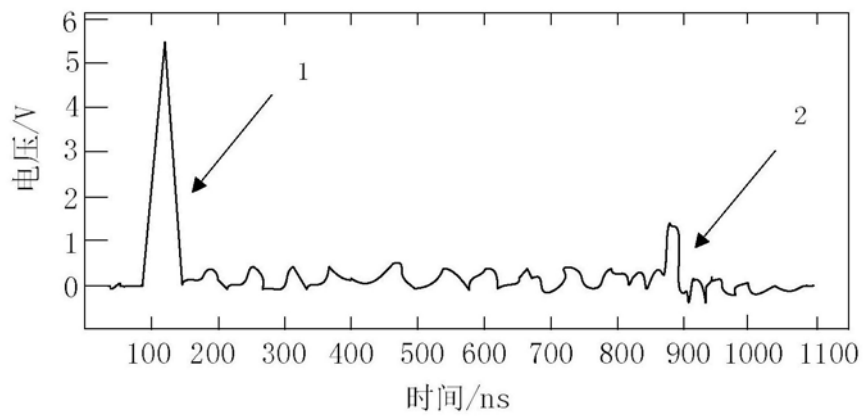


图5

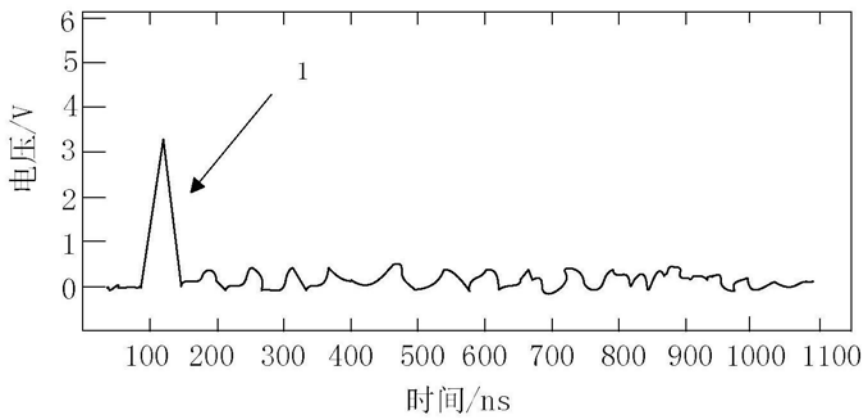


图6

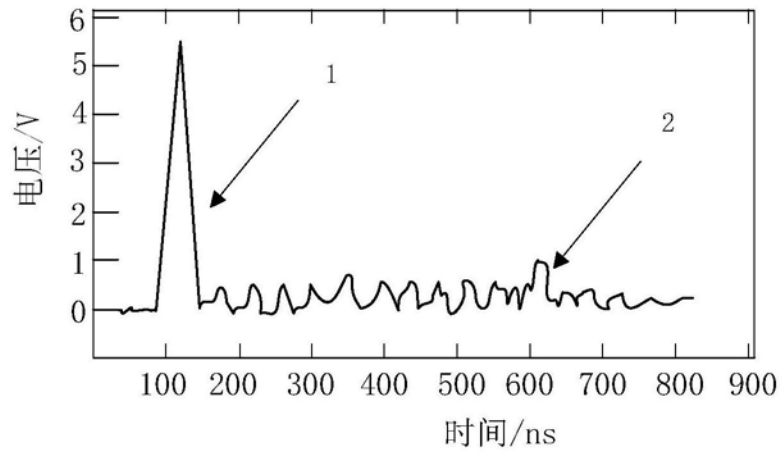


图7