

智能电网远程故障预警技术研究

针对电网在电力控制过程中频繁出现故障的现象和特点,提出对智能电网远程故障预警技术的研究。通过对电网控制工作中的故障进行检测与诊断,并且分析故障特征,进而对电网故障的数据进行采集与预警处理,执行智能预警算法,完成对电网故障的预警设计。通过实验论证的方式确定远程故障预警技术的有效性,在提高电网可靠性及防止发生电网故障等方面具有重要的推广意义。

林其友/国网芜湖供电公司

0 引言

我国对电网故障的报警多采用传统的倒闸操作进行故障报警功能,由于倒闸操作虽能完成对电网故障的报警,但报警处理不及时,且不能准确定位故障点,严重限制了我国电网技术的进一步发展^[1],为此提出对智能电网远程故障预警技术的研究。本文建立故障分析模块,当故障发生时,以最快的速度初步获取电网故障的成因及位置信息,再通过对故障数据的实时采集与反馈,判断预警区域的准确程度,利用预警函数,调整电网故障区域的位置信息^[2],准确发送故障警报和故障信息,完成对电网故障的预警处理。通过实验论证分析的方式,确定本文设计的智能远程故障预警技术的有效性,在进行电网故障的预警工作时,能够最快地获取故障信息,发送故障警报。

1 远程故障预警技术设计

智能电网远程故障预警技术的预警流程如图1所示。

电网发生故障时,预警技术首先判

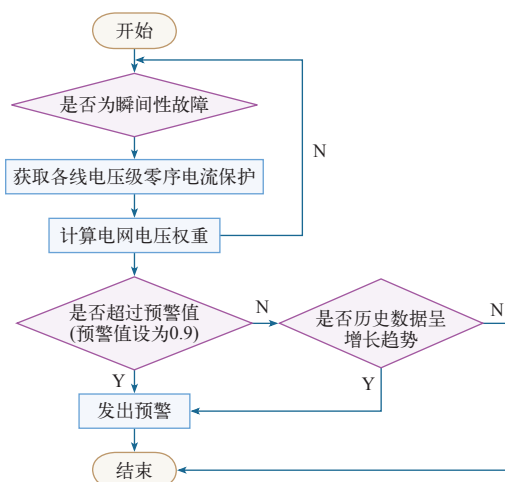


图1 预警流程图

断故障的性质是否为瞬时性故障,若是瞬时性故障,就要及时获取各线电压和零序电流保护^[3],计算瞬时性故障电网的电压权重,若电压权重发现超过预警值0.9时,则要发出预警指令。当历史数据呈增长趋势时,也要发出预警指令,及时提醒技术人员进行电网维护与抢修工作,避免因瞬时性故障导致永久性故障发生,造成更加恶劣的影响。

根据对国家电网近几年的运行数据分析可知,发生永久性电网故障时,使用快速预警系统进行预警与抢修选线工作,能正确对故障的性质及位置信息进行分析与处理,预警的最高权限值为0.9。超过0.9时,及时进行报警处理,就会降低电网故障所带来的损失,避免引发电网零部件受损而带来永久性电网故障。

1.1 故障诊断模块

电网线路的接触不良会引起电网故障,因此,通过监测电网线路发生的明显变化^[4],就可以对电网故障位置电路的



林其友/高级工程师

关键词/Keywords

智能电网·
电网故障·
远程控制·
智能预警·

电压、电流参数进行故障分析。由于电网设备运行过程中的功损耗很小,电压的介质损耗 $\tan\theta$ 约为0.02%。因此,可以通过判断电流的损耗率确定电网故障的电路损耗率。电路的损耗率计算公式为

$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^n \theta_i}{0.02} \% \quad (1)$$

式中, γ 为电路的损耗率; θ 为电流的损耗率;0.02为电压的损耗率。

设置电路故障警报条件来判断电网运行过程中是否发生故障。报警条件为:①当电路损耗率小于95%时,预警装置会触发下限警报,预备报警;②当电路损耗率大于110%时,预警装置会触发上限警报,获取故障点位置与故障信息;③当电路损耗率在95%~110%之间时,预警装置不进行警报处理。

除了对电网故障发生时的电路电压、电路进行监测预警,温度作为电网故障监测的主要参数,是故障诊断的重要信息之一。可以快速、可靠地为电网故障的诊断与分析提供信息依据。

由于电网设备的各元件都安装在电磁辐射较强的位置,因此采取抗干扰性能较强的数据诊断装置进行故障数据的传输。本文设计的智能远程故障预警采用一线式控温传感器进行电网故障的采集。

根据对电路电压、电路的监测情况进行第一次预警处理^[5]。故障发生的瞬间,一线式控温传感器可以得到有效的故障电路波动频率。在整个故障数据序列中,极值点的数量都相等,而相邻电路的零点数量最多相差一个,则

$$(N_{\max} - 1) \leq N \leq (N_{\min} + 1) \quad (2)$$

式中, $N_{\max}$ 为故障序列的最大值; N 为相连两个故障序列差值; $N_{\min}$ 为故障序列的最小值。

在任意故障序列点,电路故障和温度故障的上限值和下限值均为零。即

$$\frac{[f_{\max}(N) + f_{\min}(t)]}{2} = 0 \quad (3)$$

式中, $f_{\max}(N)$ 为电路故障的上限值; $f_{\min}(t)$ 为温度故障的下限值。

根据对电路和温度的双向诊断,确立主要的电网故障位置,完成对电网故障的诊断处理。

1.2 数据处理

电网故障的数据采集是整个预警方法的核心设计点,数据处理的准确度和速度都直接关系到预警处理的结果^[6]。故障数据的采集器要求速度要快,利用50 Hz 频率的电网数据采集器采集故障数据,其时间间隔只有3.125 μ s,采集一个故障数据点后及时发送至数据处理模块,再进行正常的故障数据的采集。各个故障数据直接送到数据处理模块后,作为原始故障序列,其处理的准确度和直接影响整个预警的准确度。故障数据采集模块的设计总体流程如图2所示。

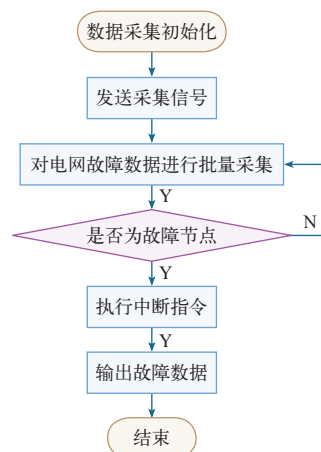


图2 故障数据采集流程图

电网故障数据采集与处理步骤如下。

保持数据采集器的初始化状态后,输出采集信号触发采集器的转换端口,启动同步采集命令对故障数据序列中的故障节点进行一一采集,同时将采集到的故障数据进行转换处理。故障转换结束后,利用信号变平装置触发采集器的中断指令,进入中断指令的程序,将采集到的正确故障数据进行输出,完成故障采集处理。

通过故障数据总线排序状况判断故障节点的损坏程度,依次按由高到低的序列进行转换,并存储好序列数据。再判断故障数据节点数是否达到64位,达到了则可以判断该故障为有效故障,进行故障数据的处理;没达到则说明故障数据节

点判断不准确，将重新发送至故障数据集群内进行故障节点的转换。

完成故障节点转换后，重新给定采集信号。采集器收到采集指令后^[7]，首先判断是否为有效采集，如果是则要读取故障数据的节点序列，将采集到的故障数据传送至控制中心，依次读取故障节点，完成故障数据的采集，利用代码对故障数据进行预警处理。故障数据的预警处理代码如下。

```
ioport unsigned int port0018
#define ADC_ADDR port0018;
...
// AD 故障处理
void interrupt ADINT1 (void)
DINT;
Uab = ADC_ADDR
// between 2reads 40ns
IaADResult [Samplecount] = (longint) ( (Ia
& 0x3FFF) < < 2)
Samplecount = 0;
* XINT2CR = * XINT2CR | 0x8000
* IFR = 0x01
EINT;
```

在执行预警代码过程中，对电网故障数据序列进行转换，而进一步提高故障运算速度，满足故障数据分析的实时性要求。将同时监测得到的故障数据节点的电压和电流列入故障序列，构成一个复合序列，对复合序列内的故障数据执行预警代码，完成对故障数据的预警处理。

1.3 智能预警算法

原始故障数据集群由多个故障节点组成，通过提取固有的预警函数模型^[8]，对每个故障数据分别执行预警算法，具体运算过程如下。

找出故障数据的集群节点 $s(t)$ 在极值点构成的上下两个双线节点，取上、下两节点的均值记作 m ，则有

$$h = s(t) - m \quad (4)$$

式中， h 为新的故障节点。

重复故障节点的计算过程，直到满足极值差

条件最小，记作 C_1 ，则

$$C_1(t) = s(t) - r \quad (5)$$

式中， $s(t)$ 为新建数据集群节点； r 为预警运算的常数参数。

以 $r(t)$ 记作 $s(t)$ 的新的故障节点数目，继续执行上述算法^[9]，直到满足预警条件，最后剩下的 $r(t)$ 称为故障余项。故障数据的余项函数算法为

$$r(t) = \sum_{i=1}^n C_i(t) + R_n(t) \quad (6)$$

式中， $C_i(t)$ 为原始故障数据的固有函数分量； $R_n(t)$ 为每个固有函数分量的模态函数分量。

对故障数据的函数分量执行预警算法，完成故障警报。预警算法的函数公式为

$$E_r = \sum_{k=1}^n R_n^2(k) \quad (7)$$

式中， E_r 为故障发生的节点参数值； R_n 为故障集群； k 为常数参数。

对电网故障的数据集群执行预警算法后^[10]，直接对电网故障发生的位置和故障性质进行实时数据反馈，结合对故障数据的分析及及时调整对故障信息的定位，实现电网故障的远程预警处理。

2 实验论证分析

为保证本文设计的电网故障远程预警方法的有效性，进行实验论证。为保证实验的严谨性，采用传统预警方法，即倒闸报警方法作为对比实验。除两种预警方法的不同，其余外部环境均保持一致。实验参数如下表所示。

表 实验数据参数

设备	位置1	位置2	位置3	位置4
电压/V	200	400	200	400
电路/dB	80	60	80	60
预警距离/m	100	100	100	100

在按照上表的数据进行对比实验，对智能预警方法与倒闸预警方法的预警时间进行统计。其实验论证结果如图3所示。

根据对图3的实验论证结果分析可知，智能预警方法对电网样本的故障报警时间在四个位置点均低于传统预警方法的报警时间，传统预警方法

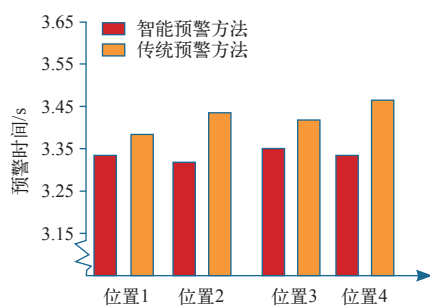


图3 实验论证结果

的预警时间差值将近0.1 s, 而智能预警系统的预警时间差值很小, 可忽略不计, 均为3.25~3.35 s。则可以确定, 本文设计的智能预警方法的有效性, 当电网设备发生故障时, 可以及时对电网故障进行报警处理, 并且有效降低报警时间。同时能够对电网故障的位置信息和故障性质进行准确获取, 便于技术人员及时进行电网故障的维护与抢修。

3 结束语

本文对智能电网远程故障预警及时进行分析与研究, 依托电网故障的诊断模块对故障数据进行采集与处理, 对故障数据执行预警算法, 完成对电网故障的智能预警方法的设计。实验论证结果表明, 本文设计的智能预警技术具备极高的有效性, 可以及时对电网故障进行报警处理, 并且准确获取电网故障的位置信息和故障性质。希望本文的研究能够为我国电网故障的预警方法提供理论依据和参考。

参考文献

[1] 郑茂然, 余江, 陈宏山, 等. 基于大数据的输

电线路故障预警模型设计 [J]. 南方电网技术, 2017, 11 (4): 30-37.

[2] 王勇峰, 娄春娇, 刘润宾. 智能光纤监测技术在电力光通信中的应用 [J]. 电信科学, 2017, 33 (3): 148-155.

[3] 任晓辉. 电网调控自动化系统运行状态在线监视与智能诊断研究及应用 [J]. 电力系统保护与控制, 2018, 26 (11): 56-59.

[4] 李永丽, 李瑞鹏, 卢扬, 等. 断路器操作回路的智能化监测系统的设计 [J]. 电力自动化设备, 2017, 37 (10): 211-217.

[5] 王治国, 陆静, 笃峻, 等. 一种智能电网保护装置远程诊断系统研究 [J]. 电力系统保护与控制, 2017, 53 (20): 86-91.

[6] 王坤. 智能电网中电力通信传输参数远程监测系统优化设计 [J]. 电网与清洁能源, 2017, 33 (7): 47-52.

[7] 李博, 高志远. 人工智能技术在智能电网中的应用分析和展望 [J]. 中国电力, 2017, 50 (12): 136-140.

[8] 陆晓静, 宋玉蓉. 基于边移除的智能电网级联故障鲁棒性分析 [J]. 计算机工程, 2018, 44 (1): 292-298.

[9] 姚瑛, 郗晓光, 高世伟, 等. 采用多数据源的配电网故障研判技术 [J]. 电力系统及其自动化学报, 2017, 29 (2): 50-55.

[10] 王文, 王永刚. 智能电网中电力移动故障诊断平台的设计与实现 [J]. 电网与清洁能源, 2017, 28 (12): 58-60.

(收稿日期: 2018-05-11) **EA**

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告