

基于 WAMS 量测数据的电网扰动和操作类型识别

周 宏^{1,2}, 李 强¹, 林 涛¹, 张 帆¹, 高玉喜¹, 李继升², 黄 涌², 杨东俊², 董明齐²

(1. 武汉大学 电气工程学院, 湖北 武汉 430072;

2. 华中电网有限公司 技术中心, 湖北 武汉 430077)

摘要: 阐述了基于广域测量系统(WAMS)量测数据和模式识别方法进行电网扰动和操作类型识别的过程, 主要包括基于联络线的扰动和操作区域判定、WAMS 量测数据的预处理、模式特征的提取以及模式匹配。在模式特征的提取过程中, 针对分析得到的不同类型扰动和操作的特征, 采用了更多的电气特征量, 并总结了相关的特征提取方法, 提高了可识别性。采用某区域电网仿真算例对所述方法进行验证, 并对影响扰动类型识别的多种因素如短路过渡电阻, 切机、切负荷比例等进行了仿真研究, 结果表明该方法均具有很高的正确率, 只是对高阻短路的识别效果不够理想。应用实际扰动过程中电网 WAMS 量测数据进行验证, 结果全部识别正确, 且连锁扰动也能正确识别。

关键词: 电网扰动; WAMS; 模式识别; 模式匹配; 特征提取

中图分类号: TM 711

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2011)02-0007-05

0 引言

现代电力系统中, 为了实时准确了解电网运行状态及相关参数, SCADA/EMS、WAMS 等监测系统在电力系统中得到了广泛应用^[1-9]。扰动发生后, 大量扰动信息涌入调度中心, 给调度人员快速、准确判断电力系统运行状况带来困难。因此, 有必要采用智能方法对扰动信息进行分析处理, 实现扰动类型的快速和准确识别。

文献[10]对短路、切机、切负荷扰动进行了机理分析, 以 WAMS 量测到的最大电气变化量为特征, 采用模式识别方法实现扰动类型判别, 并通过华北电网仿真算例进行了验证。文献[11]中对典型的电网正常操作和扰动的电气特征进行了分析, 并将扰动类型判别作为 WAMS 高级应用的一个重要组成部分进行了功能设计。文献[12]在扰动类型识别的基础上, 进一步依据 WAMS 量测的电气特征最大变化量发生位置来确定扰动发生地点。文献[13]在扰动类型和方位初步判别的基础上, 提出根据 WAMS 量测的功率和频率变化量确定系统自然频率特性系数的方法。

在以上工作的基础上, 本文以具有特定变化规律的电气量作为模式特征, 基于 WAMS 量测数据, 采用模式识别方法对电网中发生的大扰动和常规操作类型(如短路、短路切线路、线路正常停运、切机、发电机正常退出运行、切负荷、正常倒负荷、直流闭锁等)进行统一识别, 并进一步研究了影响扰动类

型识别的多种因素(如短路过渡电阻, 切机、切负荷比例等), 从而增加了识别种类、提高了识别正确率, 为电网调度人员制定相应对策提供决策支持。区域电网仿真算例和实际 WAMS 量测数据验证了所提方法的有效性和对连锁扰动类型识别的适用性。

1 扰动类型识别方法

电网中的扰动主要包括以下 3 个方面^[14]:

- a. 投切系统主要元件, 如发电机、变压器以及线路等;
- b. 负荷突变, 如投切大容量用户等;
- c. 发生短路故障, 如三相短路、两相短路、两相接地短路、单相短路等。

本文研究的扰动和正常操作类型包括短路、短路切线路、线路正常停运、切机、发电机正常退出运行、切负荷、正常倒负荷等。

1.1 各类型扰动和操作机理分析

为确定表征扰动类型的各类特征量, 对扰动机理进行分析^[10-11]。

a. 短路。短路是指系统相与相或相与地之间发生的不正常通路。短路过程中由于电流未经负载而经短路点构成闭合回路, 阻抗减小, 致使故障相电流增大, 母线及线路上各点电压降低。因此可选择母线电压、支路电流这 2 类变化特征明显的电气量来标识此扰动。

b. 短路切线路。切除线路通常是由于线路发生短路故障引起的。此扰动一般包括 2 个阶段: 短路阶段和线路切除阶段。短路阶段的特征同上。由于线路切除, 线路电流突变为零并一直保持, 母线电压基本恢复到稳态值。故可用母线电压、支路电流在

给定时间内的变化过程来表征。

c. 线路正常停运。由于电网建设、检修等需要,线路正常停运在系统中时有发生。当线路正常停运之后,该线路电流突变为零并保持不变,母线电压基本不会发生变化,可选择支路电流作为该扰动的特征。

d. 切机。对于实际电力系统而言,其容量有限,因此切机后若负载不变,就会因发生功率缺额导致系统电压和频率下降。但由于现代电网容量一般都很大,单台发电机切除对电网的影响较小,故电网电压和频率变化会较小。可选择电网电压、频率和功角等电气量的变化来表征切机扰动。

e. 发电机正常退出运行。发电机正常退出运行与切机相似,也表现为机组的电气量变为零,电网其他电气量变化趋势相同。但机组正常退出运行或自然停机时,其有功功率是经减出力过程逐渐减小至发电机允许的最小出力才退出;而切机扰动,扰动前机组出力基本不会发生变化。因此选择发电机组有功出力变化过程来区分这 2 种扰动。

f. 切负荷。切除部分负荷之后,会出现有功富余,造成发电机转速增大,电网频率升高,系统电压也随之升高。故选择电网电压、频率和功角作为切负荷的识别特征。

g. 正常倒负荷。倒负荷是指负荷换由另一电源供给。在切换电源的过程中,给负荷供电的线路会在短小时内处于断开状态。正常倒负荷与切负荷均表现为电流突变,但对于切负荷,负荷切除后,负荷支路电流会一直保持为零;而正常倒负荷只是某时间段内电流保持为零,后又为负荷电流。故选取支路电流作为该扰动特征。

综上所述,可选取母线电压、支路电流、母线及发电机频率、机组有功、发电机功角 6 类电气量来表征各类型扰动。

1.2 特征提取

特征提取是指从电网扰动和操作过程的电气参数中提取出表征各扰动和操作类型的电气量及其变化特征,并转换为可用于模式识别的特征模式向量。大量仿真实验验证了上述机理分析的正确性,只是发电机功角变化规律不明显而不再考虑。以下将特征量及其变化规律进行总结,并用符号变量 0、1、2 进行特征标识。

a. 母线电压: $\Delta u = u(t) - u(t - 1\Delta t)$ 。 $\Delta u > 0$ 表示电压升高,用 1 表示; $\Delta u < 0$ 表示电压降低,用 0 表示; Δu 正常波动,用 2 表示。

b. 母线及发电机频率: $\Delta f = f(t) - f(t - 10\Delta t)$ 。由于频率为惯性量,不会发生突变,故选取时间间隔较长。 $\Delta f > 0$ 表示频率升高,用 1 表示; $\Delta f < 0$ 表示频率降低,用 0 表示。

c. 发电机有功功率: $p(t)$ 。某一发电机有功由非零变为零时,表示监测到发电机退出运行,此项用

1 表示;若所有发电机有功均未检测到此特征,此项用 0 表示。

d. 支路电流: $i(t)$ 。某一支路上电流由非零变为零并保持不变时,表示监测到线路开路,此项用 1 表示;若电流由非零变为零并保持一段时间 t_{th} 后突变为另一非零值,此项用 2 表示;若所有支路电流一直非零,表示未监测到电流特征,此项用 0 表示。

e. 全网电压同步标识: U_{same} 。 U_{same} 为 1 表示电压同步上升或下降,为 0 表示电压变化不同步。

f. 全网频率同步标识: f_{same} 。 f_{same} 为 1 表示频率同步上升或下降,为 0 表示频率变化不同步。

g. 有功比: $K_p = P_{normal} / P_{cut}$ 。 P_{cut} 表示监测到的发电机组出力为零的前一刻发电机的有功出力, P_{normal} 表示发电机组的正常出力。设 K_{p0} 为所设定的有功比阈值,若 $K_p \geq K_{p0}$,表示所监测到的有功出力为零的发电机组有减出力过程,用 1 表示;若 $K_p < K_{p0}$,即所监测到的有功出力为零的发电机组无减出力过程,用 0 表示。

对于时间间隔 Δt ,一般根据 WAMS 量测数据的更新率来决定,如 0.01 s (100 Hz 更新率) 或 0.02 s (50 Hz 更新率)。

上述特征变量中,e、f、g 为所增加的辅助特征变量,用以提高识别率。需要说明是,实际电网中特征量(如母线电压、系统频率)会有正常波动,因此上述判据中需要分别设置相应阈值,以免影响对扰动和操作类型的表征。关于阈值的选取,需要参照实际电网运行情况和 WAMS 历史量测数据。

1.3 标准模式向量

综上所述,对于本文所列出的 7 种扰动和正常操作类型,可以选取上述 7 个特征量组合成模式向量 $P = [\Delta u \ \Delta f \ p(t) \ i(t) \ U_{same} \ f_{same} \ K_p]$ 予以判别。用符号变量组合后可得到各种扰动和正常操作类型所对应的标准模式向量。

a. 短路: $P = [0 \times 0 \ 1 \times \times]$ 。

b. 短路切线路: $P = [0 \times \times 1 \ 1 \times \times]$ 。

c. 线路正常停运: $P = [2 \times \times 1 \times \times \times]$ 。

d. 切机: $P = [\times 0 \ 1 \times \times 1 \ 0]$ 。

e. 发电机正常退出运行: $P = [\times 0 \ 1 \times \times 1 \ 1]$ 。

f. 切负荷: $P = [1 \ 1 \times \times 1 \ 1 \times]$ 。

g. 正常倒负荷: $P = [\times \times \times 2 \times \times \times]$ 。

其中, $\times$ 表示变化不定。

可见,各种扰动和正常操作类型都有唯一对应的模式特征,可据此进行扰动和操作类型的统一识别。

1.4 扰动类型识别的步骤

a. WAMS 监测到系统中大扰动或操作发生后,记录的各 PMU 安装点的原始数据反映了电网的动态过程;

b. 从原始数据中提取出联络线的有功和频率,并根据它们的变化极性是否一致判别扰动或操作地点是否在本系统内^[13],若在本系统外则结束,否则继

续往下执行;

c. 从大量原始数据中提取出扰动判别所需要的电气量数据,并经剔除伪数据和修正错误数据等环节后^[15-17],得到特征可准确识别的数据;

d. 对以上得到的电气量数据按照 1.2 节的方法进行特征提取,得到各特征电气量的变化规律,从而形成当前扰动或操作的特征模式向量;

e. 将该特征模式向量与标准模式向量匹配,识别该扰动或操作的类型。

2 仿真与实例验证

采用标准仿真算例、区域电网仿真算例和该区域电网中扰动和操作时 WAMS 量测数据来验证所述方法的有效性与正确性。其中,在 EPRI 36 节点系统^[18]中设置各类扰动(含高阻接地短路故障)进行时域仿真,并导出仿真结果数据对本文所述方法进行验证,正确率接近 100 %。限于篇幅,以下仅给出基于区域电网仿真算例和 WAMS 实测数据的验证结果。

2.1 某区域电网仿真算例验证结果

以某区域电网 2008 年 10 月某机切机试验时的运行方式为基础,设置各类扰动和操作(在同一地点或区域设置大量不同类型的扰动或操作;在不同的地点或区域设置大量同类型扰动或操作)进行时域仿真,并根据该区域电网中实际 PMU 布点情况选择相应节点或支路数据作为输出变量对本方法进行验证,其结果为:设置的各类扰动和操作总共 201 个,正确识别 181 个,识别正确率为 90.0 %。

部分扰动和操作类型识别结果如表 1 所示。切机、切负荷比例对扰动类型识别的影响结果如表 2 所示。

对短路过渡电阻(R_G)、短路类型、短路点位置等因素对识别结果的影响进行研究,结果统计如表 3~5 所示。

上述扰动均设置于 500 kV 电网中,且 PMU 也位于 500 kV 层面。通过在 220 kV 电网不同地点设

表 2 切机、切负荷比例对扰动类型识别的影响

Tab.2 Influence of generator tripping ratio and load shedding ratio on disturbance identification

扰动设置	EHG	EWH	EXG	EHS	EXF	YJX	YSLJ	识别正 确率/%	
								分类	总结果
切机	有功出力 30 % 切除	√	√	√	—	√	√	√	
	有功出力 70 % 切除	√	√	√	—	×	√	√	88.9
	有功出力 100 % 切除	√	√	√	—	√	√	×	93.75
切负荷	负荷 50 % 切除	√	√	√	√	√	√		
	负荷 100 % 切除	√	√	√	√	√	√		100

表 3 短路点位置对短路扰动识别结果的影响

Tab.3 Influence of short circuit location on disturbance identification

扰动设置		EHG	EWH	EXG	EHS	EXF	YJX	YSLJ	识别正 确率/%
短路类型	短路点								
金属性	线路 0%	√	√	√	√	√	√	√	
单相	线路 30%	√	√	√	√	√	√	√	100
接地	线路 50%	√	√	√	√	√	√	√	

表 4 过渡电阻对短路扰动识别结果的影响

Tab.4 Influence of transition resistance on disturbance identification

扰动设置		EHG	EWH	EXG	EHS	EXF	YJX	YSLJ	识别正 确率/%
短路类型	R_G/Ω								
线路	0	√	√	√	√	√	√	√	
30 %	100	√	√	√	√	√	√	√	
单相	200	√	√	√	×	√	×	√	
短路	300	√	√	√	√	×	×	√	85.7

表 5 短路类型对短路扰动识别结果的影响

Tab.5 Influence of short circuit type on disturbance identification

扰动设置		EHG	EWH	EXG	EHS	EXF	YJX	YSLJ	识别正 确率/%
短路类型	R_G/Ω								
线路 30 % 单相接地		√	√	√	√	√	√	√	
线路 30 % 两相直接短路		√	√	√	√	√	√	√	
线路 30 % 两相短路接地	0	√	√	√	√	√	√	√	100
线路 30 % 三相短路		√	√	√	√	√	√	√	

置单相短路故障来研究本方法的适应性,其结果如表 6 所示。

在 220 kV 层面中进行表 1~5 中各项仿真验证,结果与 500 kV 层面的结论基本相同,在此不再赘述。

由表 1~6 对本方法有效性进行总结。

a. 总体上,对各扰动类型识别正确率较高;少量的切机(含发电机正常退出运行)和线路正常停运案

表 1 扰动类型识别结果

Tab.1 Results of disturbance identification

扰动设置	EHG	EWH	EXG	EHS	EXF	YJX	YSLJ	识别正 确率/%
线路 30 % 处金属性单相接地短路	√	√	√	√	√	√	√	
因短路切线路	√			√	√	√	√	
线路正常停运	√	×	×	√	√	√	√	
切机(100 %)	√	√	√	—	√	√	×	91.5
发电机正常退出运行	√	√	√	—	√	×	√	
切除负荷(100 %)	√	√	√	√	√	√	√	
正常倒负荷	√	√	√	√	√	√	√	

注:“√”表示扰动类型识别正确,“×”表示识别错误,“—”表示未设置此扰动项;字母项为扰动所在区域代号;下面类似。

表 6 220 kV 层面不同地点扰动类型识别结果

Tab.6 Results of disturbance identification at different locations for 220 kV grid

扰动类型	扰动线路	R_c/Ω	识别结果
220 kV 层面 线路 30 % 单 相短路故障	XG-MZ	0	√
	XL-QJ		√
	JS-LH		√
	FH-ZZ		√

例不能正确识别。原因是其特征模式向量与标准模式向量匹配时存在一定误差,从而造成识别错误。

b. 切负荷比例对扰动类型识别结果基本没有影响;切机比例对扰动类型识别结果稍有影响。

c. 短路位置和短路类型对扰动类型识别结果基本没有影响,而过渡电阻会带来较大影响。短路过渡电阻为 $100\ \Omega$ 及以下时,本方法能正确识别短路;过渡电阻大于 $200\ \Omega$ 时识别正确率降低,因为高阻情况下短路的电气特征与正常运行工况较为接近,不易区分。

d. 220 kV 层面各项仿真验证结果与 500 kV 层面的结论基本相同,说明本文方法具有良好的适应性。

2.2 基于区域电网 WAMS 量测数据的验证结果

从 2008 年 10 月到 2009 年 7 月,该区域电网 WAMS 记录了多组大扰动和操作的动态过程数据,对其预处理后用于验证本文方法,结果如表 7 所示。

表 7 基于 WAMS 记录的实际扰动数据的识别结果

Tab.7 Results of tests based on WAMS measurements

记录时间	实际扰动	识别结果
2008-10-15	华中-华北 500 kV 联网时切机试验	切机
	华中-华北特高压联网时切机试验	
2008-12-29	特高压线路短路试验	短路
2008-12-30	特高压线路切除	线路正常停运
2009-02-11	220 kV 线路短路	短路
2009-06-17	500 kV 线路因短路切除联切两机	短路切线路;切机

可见,各组扰动和操作类型的识别结果均正确;特别是最后一组扰动为连锁扰动,说明了本文方法对连锁扰动的适用性;第 2.1 和 2.2 节的验证结果说明了本文方法的有效性。需要说明的是,增加电网中 PMU 数量能够进一步提高识别的正确率。

进一步,对于区域电网 WAMS 记录的线路合闸(2009-07-09)、直流闭锁(2009-07-10)等扰动,经过相关的扰动机理^[19-20]和特征分析之后,得到各自的特征电气量变化规律。

a. 线路合闸:线路功率(有功)由零值突变为非零值。

b. 直流闭锁:电网电压短时一致下降;直流送出时,频率一致上升;直流送入时,频率一致下降。

根据以上分析结果增加标准模式向量,扰动类型识别结果证明本文方法对这 2 类扰动识别的正确性。由于对直流闭锁的特征(特别是直流送入方式

下发生直流闭锁的特征)研究还不够充分,WAMS 实测数据也较少,因而需要进一步研究和验证,以实现扰动类型正确识别。

3 结论

本文详细阐述了基于 WAMS 数据和模式识别理论进行电网扰动和操作类型识别的方法,对电网中发生的大扰动和常规操作类型如短路、短路切线路、线路正常停运、切机、切负荷、发电机正常退出运行、正常倒负荷、直流闭锁等进行统一识别。采用某区域电网仿真算例和 WAMS 量测数据对本文所述方法的验证结果说明了该方法的有效性和对连锁扰动类型的适用性,能够为电网调度人员制定相应对策提供决策支持。

参考文献:

- [1] 冯源,夏立. 广域监控系统研究的新进展[J]. 电力自动化设备, 2007,27(3):107-111.
FENG Yuan,XIA Li. New development in wide-area monitoring system[J]. Electric Power Automation Equipment,2007,27(3): 107-111.
- [2] 王立鼎,杨东,吴京涛,等. WAMS 系统历史数据库的优化[J]. 电力自动化设备,2005,25(2):62-64.
WANG Liding,YANG Dong,WU Jingtao,et al. Optimization of history database in WAMS[J]. Electric Power Automation Equipment,2005,25(2):62-64.
- [3] 吴桂林,郑建勇,于跃海,等. 广域测量系统仿真子站实时通信问题[J]. 电力自动化设备,2009,29(7):105-108.
WU Guilin,ZHENG Jianyong,YU Yuehai,et al. Real-time communication of WAMS simulation substation[J]. Electric Power Automation Equipment,2009,29(7):105-108.
- [4] 鞠平,郑世宇,徐群,等. 广域测量系统研究综述[J]. 电力自动化设备,2004,24(7):37-40.
JU Ping,ZHENG Shiyu,XU Qun,et al. Survey of wide area measurements[J]. Electric Power Automation Equipment,2004,24(7):37-40.
- [5] 薛禹胜. 综合防御由偶然故障演化为电力灾难——北美“8.14”大停电的警示[J]. 电力系统自动化,2003,27(18):1-5.
XUE Yusheng. The way from a simple contingency to a system-wide disaster-lessons from the eastern interconnection blackout in 2003[J]. Automation of Electric Power Systems,2003,27(18): 1-5.
- [6] 李碧君,许剑冰,徐泰山,等. 大电网安全稳定综合协调防御的工程应用[J]. 电力系统自动化,2008,32(6):25-30.
LI Bijun,XU Jianbing,XU Taishan,et al. Engineering application of integrated and coordinated defense technology of large power system security and stability[J]. Automation of Electric Power Systems,2008,32(6):25-30.
- [7] 曹路,张涛,汪德星,等. 华东电网 WAMAP 系统的应用实践[J]. 电力系统自动化,2008,32(21):97-100.
CAO Lu,ZHANG Tao,WANG Dexing,et al. Application of wide area monitoring analysis protection and control system in East China power grid[J]. Automation of Electric Power Systems,2008, 32(21):97-100.
- [8] 李丹,韩福坤,郭子明,等. 华北电网广域实时动态监测系统[J]. 电网技术,2004,28(23):2-4.
LI Dan,HAN Fukun,GUO Ziming,et al. Wide-area real time dynamic security monitoring system of North China power grid [J]. Power System Technology,2004,28(23):2-4.
- [9] 王少荣,程时杰,李刚,等. WAMS 关键技术及其在湖南电力系统

- 中的应用[J]. 高电压技术,2007,33(10):1-5.
- WANG Shaorong, CHENG Shijie, LI Gang, et al. Crucial technology of WAMS and its application in Hunan power system[J]. High Voltage Engineering, 2007, 33(10): 1-5.
- [10] 宋晓娜, 毕天姝, 吴京涛, 等. 基于WAMS的电网扰动识别方法[J]. 电力系统自动化, 2006, 30(5): 24-28.
- SONG Xiaona, BI Tianshu, WU Jingtiao, et al. Study on WAMS based power grid disturbance identifying method[J]. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(5): 24-28.
- [11] 胡晓飞, 王正风. 安徽电网实时动态监测系统平台功能设计[J]. 南方电网技术, 2008, 2(6): 31-35.
- HU Xiaofei, WANG Zhengfeng. Design of the real-time dynamic monitoring system platform in Anhui power system[J]. Southern Power System Technology, 2008, 2(6): 31-35.
- [12] 宋晓娜. 基于WAMS的电网扰动在线识别方法的研究[D]. 北京: 华北电力大学电气与电子工程学院, 2006.
- SONG Xiaona. Study on online power grid disturbance identification method based on WAMS[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2006.
- [13] 王茂海, 徐正山, 谢开, 等. 基于WAMS的系统自然频率系数确定方法[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(3): 15-18.
- WANG Maohai, XU Zhengshan, XIE Kai, et al. Calculation of frequency characteristic coefficients for an interconnected power system based on WAMS[J]. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(3): 15-18.
- [14] 何仰赞, 温增银. 电力系统分析(下册)[M]. 3版. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002: 190-191.
- [15] 张建民. 一种实时识别伪数据的方法[J]. 数学理论与应用, 2002, 22(3): 84-87.
- ZHANG Jianmin. A new real-time method for identifying pseudo-data[J]. Mathematical Theory and Application, 2002, 22(3): 84-87.
- [16] 祝转民, 秋宏兴, 李济生, 等. 动态测量数据野值的辨识与剔除[J]. 系统工程与电子技术, 2004, 26(2): 147-149.
- ZHU Zhuanmin, QIU Hongxing, LI Jisheng, et al. Identification and elimination of outliers in dynamic measurement data[J]. Systems Engineering and Electronics, 2004, 26(2): 147-149.
- [17] 唐斌兵, 王正明. 异常数据识别的搜索方法[J]. 中国空间科学技术, 1999(1): 1-6.
- TANG Binbing, WANG Zhengming. A search method of recognizing abnormal data[J]. Chinese Space Science and Technology, 1999(1): 1-6.
- [18] 中国电力科学研究院. 电力系统分析综合程序用户手册 EPRI-36 算例说明[R]. V6.2. 北京: 中国电力科学院, 2004.
- [19] 杨雄平, 罗向东, 李扬絮, 等. 南方电网直流闭锁故障时受端系统电压稳定问题分析[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(22): 40-43.
- YANG Xiongping, LUO Xiangdong, LI Yangxu, et al. Voltage stability analysis of receiving-end system in China South power grid under the DC block faults[J]. Power System Protection and Control, 2008, 36(22): 40-43.
- [20] 向孟奇. 交直流混合系统电网扰动识别研究[D]. 北京: 华北电力大学电气与电子工程学院, 2008.
- XIANG Mengqi. Study on power grid disturbance identification of AC/DC parallel system[D]. Beijing: North China Electric Power University, 2008.

(编辑: 李育燕)

作者简介:

周宏(1961-), 男, 江西九江人, 教授级高级工程师, 博士研究生, 主要从事电网规划方面的研究和管理工作(E-mail: zhou-hong@cc.sgcc.com.cn);

李强(1984-), 男, 湖北十堰人, 硕士研究生, 主要从事电力系统运行与控制方面的研究工作;

林涛(1969-), 男, 浙江温州人, 教授, 博士研究生导师, 博士, 主要从事电力系统运行与控制、电力系统继电保护、新能源发电与智能电网、电能质量分析与控制方面的研究工作(E-mail: tlin@whu.edu.cn);

张帆(1987-), 男, 湖北孝感人, 硕士研究生, 主要从事电力系统运行与控制方面的研究工作;

高玉喜(1988-), 男, 安徽滁州人, 硕士研究生, 主要从事电力系统运行与控制方面的研究工作;

李继升(1961-), 男, 湖北武汉人, 高级工程师, 主要从事电网规划方面的研究和管理工作;

黄涌(1962-), 男, 湖北武汉人, 高级工程师, 博士研究生, 主要从事电网规划方面的研究和管理工作;

杨东俊(1974-), 男, 湖北武汉人, 高级工程师, 博士研究生, 主要从事电网规划方面的研究工作;

董明齐(1982-), 男, 安徽阜阳人, 工程师, 硕士, 主要从事电网规划方面的研究工作。

Power system disturbance and operation identification based on WAMS

ZHOU Hong^{1,2}, LI Qiang¹, LIN Tao¹, ZHANG Fan¹, GAO Yuxi¹,

LI Jisheng², HUANG Yong², YANG Dongjun², DONG Mingqi²

(1. School of Electrical Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072, China;

2. Technology Center of Central China Power Grid Corporation, Wuhan 430077, China)

Abstract: The power disturbance and operation identification based on the measurements of WAMS(Wide Area Measurement System) and pattern recognition theory is introduced, including tie-line based region judgment, measurement pretreatment, pattern feature extraction and pattern matching. The feature extraction methods are summarized and based on the analysis of power disturbance and operation features more characteristic parameters are adopted in feature extraction to improve the identifiability. Simulative case study including various influencing factors, such as transition resistance, generator tripping ratio, load shedding ratio and so on, is carried out for a regional power grid. Results show its high accuracy, except for the short circuit with high transition resistance. Verification with the WAMS measurements of a regional power grid indicates the identification correctness rate is 100%, even for the secondary disturbances.

This work is supported by the National Natural Science Foundation of China(50707021) and the Key Project of Central China Power Grid Corporation(KJ2010-0604-51).

Key words: power disturbance; WAMS; pattern recognition; pattern matching; feature extraction