

# 电网连锁故障的事故链模型

罗毅<sup>1</sup>, 王英英<sup>1</sup>, 万卫<sup>2</sup>, 张步涵<sup>1</sup>, 蔡恒<sup>2</sup>, 刘国栋<sup>1</sup>, 李皇<sup>1</sup>, 何丽娜<sup>1</sup>, 李永峰<sup>1</sup>

(1. 华中科技大学电气与电子工程学院, 湖北省武汉市 430074; 2. 江西省电力科学研究院, 江西省南昌市 330000)

**摘要:** 连锁故障是诱发电网大面积停电事故的主要原因之一。事故链可以恰当地表征连锁故障的特征。建立基于事故链的电网连锁故障模型, 是实施连锁故障预测、预控的基础, 对防止发生大停电事故具有重要意义。文中充分考虑连锁故障过程中的主要影响因素, 利用现有 PSASP 等分析工具, 建立用于监控的连锁故障的事故链模型。根据事故链与连锁故障的关系, 提出将故障选择限制在供电路径上, 从而有效降低了计算工作量; 利用连锁故障的事故链模型, 可以采用安全科学的相关方法实现连锁故障的监视和预控。对江西电网的实际应用表明, 该方法对分析区域性大停电或电厂全停事故非常有效, 并已在电网规划中得到应用。

**关键词:** 电网规划; 连锁故障; 事故链; 预防控制; 电力系统

**中图分类号:** TM73; TM712

## 0 引言

连锁故障是诱发电网大面积停电事故的主要原因之一, 认识连锁故障的机理, 研究对连锁故障的监视和预控方法, 是摆在研究者面前的重大课题。

要实现连锁故障的监视和预控, 需要考虑如下因素: ①具有一种方便实施监视和预控的连锁故障模型; ②连锁故障模型可以反映诱发连锁故障的多方面因素, 如过载、稳定问题以及连锁故障过程中保护动作性能和自动装置的动作情况等; ③建立连锁故障模型的计算量满足实际电网分析的工程要求。

目前对电网连锁故障的研究, 提出了连锁故障的模式搜索法, 建立了基于复杂系统理论的连锁故障模型和基于复杂网络理论的连锁故障模型, 并着手对连锁故障风险进行评估<sup>[1]</sup>。这些研究对认知连锁故障机理起到了重要作用。但是, 目前基于复杂系统和网络理论的模型<sup>[2-5]</sup>对实际电网进行了大量简化, 主要作为一种定性的连锁故障机理分析方法。模式搜索方法和模型分析法<sup>[6-8]</sup>一般都不考虑或很少考虑稳定性问题, 其计算工作量由于故障筛选的原因往往很大。因此, 目前的连锁故障研究不能满足对实际电网连锁故障进行监视和预控的要求。

为此, 本文提出了连锁故障的事故链模型, 应用该模型, 根据安全科学的事故链理论可以对连锁故障实现监视和预控。同时, 提出了一种建立连锁故障事故链模型的分析方法。为了降低建立连锁故障模型的工作量, 提出将故障选择限制在供电路径上,

从而使其工作量满足工程实际要求。

## 1 适合电网连锁故障监视和预控的事故链模型

### 1.1 电网事故链与连锁故障的关系

“事故链”是安全科学提出的概念。事故链理论认为大事故极少由一个原因引起, 而是在多个条件同时满足的情况下由相关诱发因素诱发而产生的。这些同时满足的条件就像链条一样把各个环节连接在一起, 任何一个条件不满足, 事故就不会发生。

事故的第  $i$  条事故链  $L_i$  的一般表达式为:

$$L_i = T_{i1} T_{i2} \cdots T_{im_i} \quad (1)$$

式中:  $T_{ij}$  ( $j=1, 2, \dots, m_i$ ) 为第  $i$  条事故链的第  $j$  个条件, 表示造成事故的因素, 如果所有  $T_{ij}$  都等于 1, 则事故发生, 多个  $T_{ij}$  之间具有独立或相关关系。

电网连锁故障是指电网 1 个或多个元件出现故障波及了电网的其他部分从而使其他元件不能正常工作, 或诱发了新的故障, 即电网最初发生的事件以连锁的方式导致新事件出现, 然后以连锁的方式进一步导致了更新的事件出现。这种连锁效应持续发展, 最终将造成电网的恶性事故。事件之间的连锁性、相关性是这类事件的典型特点。显然, 连锁故障符合上述事故链的基本思想, 因此, 事故链应该是表征连锁故障的有效工具。

假设一个连锁故障由事件  $S_1$  开始,  $S_1$  连锁诱发了事件  $S_2$ ,  $S_2$  连锁诱发了事件  $S_3$ , 依次类推,  $S_{n-1}$  连锁诱发了事件  $S_n$ , 并因此导致区域  $A_k$  的停电事故, 则区域  $A_k$  的停电事故可以表示为:

$$L_k = S_1 S_2 \cdots S_n \quad (2)$$

任何一个连锁事件  $S_i$  不出现 ( $S_i = 0$ ), 都不会导致区域  $A_k$  的停电事故发生 ( $L_k = 0$ )。可以将连锁事件  $S_i$  看做事故链中的  $T_{ij}$ , 则  $L_k$  就是导致区域  $A_k$  停电的一条事故链。

## 1.2 采用事故链模型表示电网连锁故障

设向区域  $A_k$  供电的路径有  $m$  条(最小路集), 表示为  $C_{11}C_{12}\cdots C_{1l}, C_{21}C_{22}\cdots C_{2n}, \dots, C_{m1}C_{m2}\cdots C_{mk}$ , 其中  $C_{ij}$  为第  $i$  条供电路径的第  $j$  个元件。即供电路径  $R$  为:

$$R = C_{11}C_{12}\cdots C_{1l} + C_{21}C_{22}\cdots C_{2n} + \cdots + C_{m1}C_{m2}\cdots C_{mk} \quad (3)$$

只有当所有供电路径都被切断时才引发区域  $A_k$  停电事故, 可以用  $R=0$  或  $\bar{R}=1$  表示区域  $A_k$  的停电事故。

$$\begin{aligned} \bar{R} &= \overline{C_{11}C_{12}\cdots C_{1l} + C_{21}C_{22}\cdots C_{2n} + \cdots + C_{m1}C_{m2}\cdots C_{mk}} = \\ &= \overline{C_{11}C_{12}\cdots C_{1l}} \overline{C_{21}C_{22}\cdots C_{2n}} \cdots \overline{C_{m1}C_{m2}\cdots C_{mk}} = \\ &= (\bar{C}_{11} + \bar{C}_{12} + \cdots + \bar{C}_{1l})(\bar{C}_{21} + \bar{C}_{22} + \cdots + \bar{C}_{2n}) \cdots \\ &= (\bar{C}_{m1} + \bar{C}_{m2} + \cdots + \bar{C}_{mk}) \end{aligned} \quad (4)$$

对式(4)进行逻辑变形, 并进行不变化运算, 理论上可以将其变换为如下形式:

$$\bar{R} = E_1 + E_2 + \cdots + E_q \quad (5)$$

式中:  $E_i$  具有如下形式:

$$E_i = C_1 \cdots C_a \bar{C}_b \cdots \bar{C}_p \quad (6)$$

$\bar{C}_j$  表示元件  $C_j$  停运,  $C_j$  停运可能是正常停运和故障停运(包括出现稳定问题停运)。

令  $E_i$  中:

$$L_i = \bar{C}_b \cdots \bar{C}_p \quad (7)$$

则当  $L_i=1$  时,  $\bar{R}=1$ 。按照可靠性理论,  $L_i$  为电网的一个最小割集; 根据事故链的概念,  $L_i$  是造成区域  $A_k$  停电的事故链之一。这样, 只要求出供电路径的最小割集集合, 理论上可以得到区域  $A_k$  停电的所有事故链, 表示为:

$$L = \{L_1, L_2, \dots, L_q\} \quad (8)$$

式(8)包含了造成区域  $A_k$  停电的所有连锁故障事故链和非连锁故障事故链, 需要从中挑选出连锁故障事故链构成连锁故障事故链集:

$$L' = \{L_1', L_2', \dots, L_n'\} \quad (9)$$

式(7)和式(9)统称为电网连锁故障的事故链模型。该模型是以元件状态表征的电网连锁故障模型。如果采用故障树方法分析造成元件停运的影响因素, 还可以得到连锁故障模型的其他表示形式。一般, 连锁故障的监控是监控连锁故障的发展过程, 此时元件连锁停运状态是关心的焦点问题, 而什么

原因引起的连锁停运则是次要问题。

值得说明的是, 连锁故障可能并不按照最小割集发展, 而是按照某一割集发展。但是, 从监控角度而言, 只要监控表征连锁故障的最小割集, 则能够监控按非最小割集发展的连锁故障。

可见, 连锁故障的事故链与最小割集之间既有联系又有区别。如果采用元件停运状态表征某一事故链, 该事故链是系统的一个割集, 从监控的角度可以采用最小割集来表征; 如果采用引起元件停运的因素来表征事故链, 该事故链可以通过最小割集与元件停运故障树的分析结果综合得到。

## 1.3 基于事故链模型的连锁故障监控的基本思路

式(7)和式(9)表示的电网连锁故障事故链模型将连锁故障的监视问题转化为电网元件的监视问题。只要通过自动化系统得到电网元件的状态, 就可以得到事故链状态, 从而实现事故链监视。

按照安全科学对事故链预控的基本思路, 只需切断事故链的一个环节, 就可以阻止事故的发生, 即连锁故障的预控就是保证式(1)中所有  $T_{ij}$  不同时为 1。因此, 对连锁故障的控制问题也转化为对电网元件状态及其潮流的控制问题。

可见, 按照事故链的基本思想, 只要得到连锁故障的事故链模型, 事故链监控的总思路即非常明确。这正是本文提出连锁故障事故链模型的目的所在。

## 2 连锁故障事故链模型的建立

### 2.1 在供电路径上选择故障和进行连锁故障分析

从 1.2 节的分析可以看出, 连锁故障事故链模型建立的关键是对割集是否引起连锁故障的分析, 并从中筛选出表征连锁故障的相关割集作为连锁故障的事故链。考虑到路集与割集的关系(式(4)~式(7)), 连锁故障事故链模型的建立过程就是对供电路径上故障连锁性的分析过程。

建立严格的连锁故障事故链模型需要对所有系统割集各元件之间故障的连锁性进行分析, 但是, 这种分析方法不能满足大电网分析时工程上对计算量的要求, 必须进行简化。

为此, 考虑将某运行方式下向区域  $A_k$  输送大部分功率的主潮流路径(1条或多条)称为主供电路径(以下简称供电路径), 输送功率很小的路径、接入供电路径的对  $A_k$  提供的潮流很小的电源线路、从供电路径向其他负荷供电的线路等称为分支路径和分支线路(以下统称分支线路)。在初始故障选择和进行后续连锁故障分析中实现如下工程简化:

1) 如果初始故障发生在分支线路且不引起稳定

问题,该故障引起的过载连锁故障对大电网的影响可以忽略;该故障引起的保护隐式故障可以考虑为供电路径上的初始故障。

2)如果初始故障发生在分支线路且引起了稳定问题,那么,若故障发生在分支线路与供电路径的连接点处,将会更加严重。

3)如果供电路径上的故障诱发了分支线路故障,仅需考虑分支线路同时诱发另一供电路径上的故障的情况。此时供电路径上的这2次故障往往属于相邻弧段或同一弧段。若属于相邻弧段,该相邻弧段一般会至少作为隐式连锁考虑。

4)考虑连锁故障过程中引起主流流路径的变化。但主流流路径变化后,后续分析的供电路径相应变化。

因此,若仅考虑在供电路径上选择故障,本质上不会影响对连锁故障的监控。

将故障选择在供电路径上,并在供电路径上进行连锁故障分析,屏蔽了大量的分支线路故障,将大大降低计算工作量。同时考虑:

1)同一弧段上多个元件中只要有1个元件故障,则整个弧段将失效。此时,该弧段上任一元件故障引起其他弧段上元件过载的效果一致;该弧段上任一元件故障引起其他弧段上元件保护隐式故障最多只需分析该弧段首末2个元件的故障即可。

2)同一弧段上的元件故障引起的功角稳定和电压稳定问题最多只需分析该弧段首末2个元件的故障即可。

3)若某变电站仅连接供电路径的2个弧段,且任一弧段故障时不会引起主流流方向变化,则这2个弧段可以合并成为一个弧段。

考虑以上因素可以避免网络元件的枚举计算,进一步降低计算工作量。

另外,在实际分析中,没有必要计算系统的最小径集和最小割集,只需按照主流流绘制供电路径有向图就可以开始计算。

为了防止无序分析引起丢失故障组合的问题,可以将初始故障的选择采用从有向图的末端向首端按照上述考虑顺序选取的计算方法。若某初始故障通过分析计算最终发展为 $A_k$ 停电,则将故障发展的过程表示为式(7),得到一条连锁故障的事故链。

## 2.2 事故链环节触发的潮流转移

分别以 $\dot{I}_{k,M}'$ 和 $\dot{I}_{k,M}$ 表示发生支路切除事件前后网络中任一支路 $k$ 的支路电流。

下面引入潮流转移等值网络的概念。设支路切除事件发生在支路 $i$ 上,并设等值网络是线性网络,

根据叠加原理,支路 $i$ 切除后的网络为切除前网络与图1所示网络的叠加。在图1所示网络中,将原系统中电源置为0,再将支路 $i$ 以一个电流源代替,且该电流源大小等于发生支路切除事件前支路 $i$ 上的电流,但方向相反,变换后得到的子网络(见图1)被称为原网络发生支路 $i$ 切除事件的潮流转移等值网络。这一变换同样适用于多条支路切除的情况。

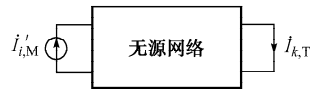


图1 发生支路 $i$ 切除事件的潮流转移等值网络  
Fig. 1 Equivalent network for power flow transferring if circuit  $i$  is cut off

若只发生单个支路 $i$ 切除事件,在等值网络(见图1)中只存在一个激励源 $\dot{I}_{k,M}'$ 。根据电路基本原理,对等值网络中的任一支路 $k$ 来说,从支路 $i$ 到支路 $k$ 的电流传递比例为:

$$\tau_k^{(i)} = \frac{\dot{I}_{k,T}}{\dot{I}_{i,M}'} \quad (10)$$

式中: $\dot{I}_{k,T}$ 表示发生支路 $i$ 切除事件的潮流转移等值网络中支路 $k$ 上的电流,称为潮流转移分量。

对于线性网络, $\tau_k^{(i)}$ 为一个常数,潮流转移分量 $\dot{I}_{k,T}$ 与激励源 $\dot{I}_{k,M}'$ 成线性关系。

可见,电网中某一支路切除后,该支路上的原有潮流将按照一定比例转移到电网中的其他支路上。当切除的线路潮流很大时,转移到相邻线路上的潮流也相应很大,容易造成相邻输电元件出现连锁过载情况,特别是,当较高电压等级的线路(潮流较大)切除后,容易造成较低电压等级线路(热极限较小)连锁过载。过载线路可能是被切除线路的上游线路、下游线路或同一断面的线路,其中以同一断面的线路潮流变化最为明显。如果该断面上各线路的热极限不同,则大潮流线切除后很可能造成断面上其他线路过载;反之,切除小潮流线路造成线路过载的可能性也较小。

线路过载发生后,若装设了过载减载,减载装置将动作。若减载量不够或未装设减载装置,将引起过载切除。此外,潮流转移还可能引起某些区域联络线潮流反转,特别是多重故障发生后很可能发生潮流反转,此时残余网络供电路径将发生变化。

## 2.3 事故链环节触发的稳定问题

电网稳定与转移阻抗密切相关。当断面上某线路切除时,供电路径上游的电源点对断面上(和下游线路)发生故障的点之间的转移阻抗增大,供电路径上游的电源点对负荷点的转移阻抗也增大,引起电

网功角稳定性和电压稳定性下降。断面线路切除越多,稳定性下降得越严重。

当供电路径上第  $i$  重故障发生后,系统稳定性变差,连锁的第  $i+1$  重故障可能引起功角稳定问题和电压稳定问题。

#### 2.4 事故链环节显式触发和隐式触发

按照连锁故障的特征,当第  $i$  重故障发生时,会发生第  $i+1$  重故障。第  $i+1$  重故障的发生可能具有显式的原因,即必然发生的原因,如第  $i$  重故障发生后引起过载、稳定等问题,称为事故链环节显式触发。第  $i+1$  重故障的发生也可能具有隐式的原因,即以一定概率发生的原因,如第  $i$  重故障发生后引起主保护拒动或误动、自动装置的拒动等问题,称为事故链环节隐式触发。

事故链环节显式触发是显然的,可通过潮流和稳定分析得到。事故链环节隐式触发则与保护和自动装置的配置、性能和整定密切相关,情况较复杂。例如,近期研究表明,在连锁故障中,阻抗Ⅲ段存在明显的误动作区,并且是美加“8·14”大停电的重要原因之一。保护误动易发生在同一断面线路和上一级线路上;保护拒动往往引起上一级后备保护跳闸。本文不考虑全部由隐式连锁构成的连锁故障。

#### 2.5 基于事故链的电网连锁故障分析基本思路

首先进行潮流计算,确定该运行方式的潮流及其方向。然后对待分析区域  $A_k$ ,初始故障在向区域  $A_k$  供电的主流方向上选择;之后的下一重故障按照事故链环节显式触发和隐式触发方式选择。考虑从潮流末端的线路开始计算,这样下一重故障可以考虑平行路径上的线路或上一级线路。由于连锁故障一般发生的时间间隔较长,下一重故障可以在上一重故障过渡过程结束后再设定。

对每一重故障,先进行稳定计算,确定是否由事故链环节触发了稳定问题;然后进行故障后残余网络的潮流计算,确定是否出现过载,并确定是否因主流方向发生变化而需要调整下一重故障的选择。

若出现稳措动作情况,则执行相关的稳措动作。

以区域  $A_k$  停电作为一次分析的结束,并将从初始故障到区域  $A_k$  停电的全部故障表示成式(7)的事故链形式。

按照上述基本思路,在电网  $N-1$  稳定分析完成之后,如果对某一特定运行方式进行连锁故障分析,可以得到该特定运行方式下的连锁故障的事故链模型,该模型可以用于监视和预控。

如果对电网的丰大、丰小、枯大、枯小等极端运行方式进行连锁故障分析,可以得出整个电网的连锁故障危险模式,该模式既可以用于规划设计,也可以用于连锁故障监视。

### 3 实例分析

为了验证上述算法对实际电网的可行性和有效性,详细研究了江西电网的连锁故障情况。研究中江西电网被划分成赣南、赣西和中部等多个子网,对每个子网进行故障枚举计算,并与本文方法的结果进行对比。例如,对2010年规划的夏大2900 MW方式进行搜索,不计相同条件下的计算,大约共进行2300多次故障计算,搜索出48个连锁故障模式,合并到主供电路径后有29个连锁故障模式;采用本文方法,共需进行152次计算,可以搜索出相同的29个连锁故障模式。

仿真得到了江西赣南、赣西和中部电网的连锁故障事故链模型。江西电网连锁故障模式主要是:

1)对500 kV线路和220 kV线路构成的电磁环网,若承担主要输送潮流任务的500 kV线路断开(检修、故障或隐式连锁跳闸),潮流转移会造成220 kV线路过载,连锁故障将造成大面积停电事故。

2)当同一发电厂有多回送出线时,输送容量较大的1回或多回送出线断开后(检修、故障或隐式连锁跳闸),将导致其他送出线过载,造成整个发电厂全停。

其中第2类模式,即发电厂全停连锁故障模式揭示了江西电网已经发生的一次电厂全停事故的原因。下面以图2为例说明第1类模式中的一个连锁故障形式。

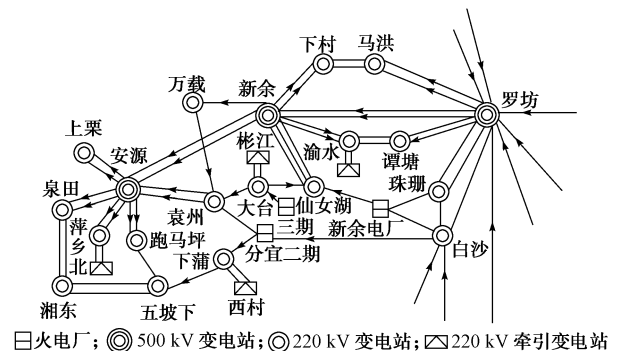


图2 某地区电网供电路径

Fig. 2 Power supply paths for a regional grid

仿真得到该电网的一条连锁故障事故链为:赣西电压失稳=(新余500—安源500 I)×(新余500—安源500 II)×(大台220—袁州220)×(新余220—万载220)。

当新余500—安源500双回500 kV线路隐式连锁跳闸后,潮流转移将造成大台220—袁州220线路上的输送有功过载,达到300 MW;若大台220—袁州220线路过载跳闸,则新余220—万载220线路上的输送有功也将过载,达到430 MW;若

新余 220—万载 220 线路也跳闸,西部地区的节点电压将快速下降至 0.4(标么值)左右。

对该连锁故障的过载减载控制效果进行了仿真。在新余 500—安源 500 双回 500 kV 线路都跳闸之后启动减载措施,至少需要切除负荷 120 MW;如果在新余 220—万载 220 过载后采取减载措施,则需要切除负荷 212.5 MW。这表明:①在事故链的任一环节都可以采取控制措施,控制措施采取得越早,代价越低;②采用过载减载、低压减载、低频减载对预防连锁故障具有重要作用。

## 4 结论

1)通过在供电路径上选择故障可以有效降低连锁故障分析的工作量。

2)采用本文方法得到的连锁故障事故链模型,符合电网连锁故障监视和控制的需求。

3)本文方法可以用于电网规划和电网监控,并已在江西电网滚动规划中得到应用。

## 参考文献

- [1] 艾欣,崔明勇,雷之力. 电力系统连锁故障研究综述. 华北电力大学学报:自然科学版,2008,35(6):44-51.  
AI Xin, CUI Mingyong, LEI Zhili. Review on cascading failure in power system. Journal of North China Electric Power University (Natural Science Edition), 2008, 35(6): 44-51.
- [2] 易俊,周孝信,肖逾男. 用连锁故障搜索算法判别系统的自组织临界状态. 中国电机工程学报,2007,27(25):1-5.  
YI Jun, ZHOU Xiaoxin, XIAO Yunan. Determining the self-organized criticality state of power systems by the cascading failures searching method. Proceedings of the CSEE, 2007, 27(25): 1-5.
- [3] 朱旭凯,刘文颖,杨以涵,等. 电网连锁故障演化机理与博弈预防. 电力系统自动化,2008,32(5):29-33.

- ZHU Xukai, LIU Wenyong, YANG Yihan, et al. Evolution mechanism and preventing strategies for cascading failure. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(5): 29-33.
- [4] 于群,郭剑波. 电网停电事故的自组织临界性及其极值分析. 电力系统自动化,2007,31(3):1-3.  
YU Qun, GUO Jianbo. Self-organized criticality and extreme statistic analysis of electric power system blackouts. Automation of Electric Power Systems, 2007, 31(3): 1-3.
- [5] 曹一家,江全元,丁理杰. 电力系统大停电的自组织临界现象. 电网技术,2005,29(15):1-5.  
CAO Yijia, JIANG Quanyuan, DING Lijie. Self-organized criticality phenomenon for power system blackouts. Power System Technology, 2005, 29(15): 1-5.
- [6] 韩学军,石磊,朱岩,等. 考虑多重故障的连锁过载分析. 电网技术,2008,32(16):86-90.  
HAN Xuejun, SHI Lei, ZHU Yan, et al. Analysis on cascading overload considering multiple failures. Power System Technology, 2008, 32(16): 86-90.
- [7] REI A M, SILVA A M L, JARDIN J L, et al. Static and dynamic aspects on bulk power system reliability evaluation. IEEE Trans on Power Systems, 2000, 15(1): 189-195.
- [8] 李生虎,丁明,王敏,等. 考虑故障不确定性和保护动作性能的电连锁故障模式搜索. 电网技术,2004,28(13):27-31.  
LI Shenghu, DING Ming, WANG Min, et al. Search of power system chained failure mode considering uncertainty of element fault and performance of protective relaying. Power System Technology, 2004, 28(13): 27-31.

罗毅(1966—),男,通信作者,博士,副教授,主要研究方向:电力系统自动化、智能电网。E-mail: luoyee2007@163.com

王英英(1982—),女,博士研究生,主要研究方向:电力系统连锁故障分析。

万卫(1966—),男,高级工程师,主要研究方向:电力系统规划。

## Fault Chains Model for Cascading Failure of Grid

LUO Yi<sup>1</sup>, WANG Yingying<sup>1</sup>, WAN Wei<sup>2</sup>, ZHANG Buhang<sup>1</sup>, CAI Heng<sup>2</sup>, LIU Guodong<sup>1</sup>,

LI Huang<sup>1</sup>, HE Lina<sup>1</sup>, LI Yongfeng<sup>1</sup>

(1. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;

2. Jiangxi Electric Power Research Institute, Nanchang 330000, China)

**Abstract:** Cascading failure is one of the key factors resulted in large-scope blackouts, and can be properly characterized by the fault chain. The model established for cascading failure of a grid based on the fault chain is the basis of prediction and preventive control for cascading failure, and has important significance to prevent the occurrence of blackouts. Based on the major factors of the process of cascading failure, by using the existing analysis tools (such as PSASP etc), the fault chains model for cascading failure of grid is established. According to the relationship between the fault chains and cascading failure, failure scenario is placed restrictions on power supply paths, thus the computational load is effectively reduced. Taking advantage of the fault chains model of cascading failure, cascading failure is monitored and preventively controlled by using the relevant methods of safety science. The practical application of Jiangxi Power Grid indicates that this method is very effective for analysis on service interruption to regional grid or power failure of a power plant, and it has been applied to the grid planning.

**Key words:** power system planning; cascading failure; fault chain; preventive control; power systems