

配电网网架的抗毁性分析

李宏达

(四川电力设计咨询有限责任公司, 四川 成都 610016)

摘要:随着中国国民经济的快速发展,为适应电力负荷的显著增长,电网的改造和扩建已在全国全面展开,配电网作为连接电力系统与用户的纽带,其规划和改造是电网建设的重要环节;由于我国早期配电网建设规划的不合理,或过度考虑经济性,使得我国当前配电网网架比较脆弱,网架节点之间的连通不够,当线路发生故障时,断电负荷往往不能转移到非故障线路;配电网,尤其是城市配电网,其网络复杂度具有复杂网络的特点,可应用复杂网络的抗毁性分析方法,分析配电网网架拓补结构的安全性。在此,本文介绍了典型的配电网网架结构、网络抗毁性的分析方法,并在该方法的基础上做出改进,最后以 IEEE16 节点配电网网架作为算例,分析了不同配电网典型网架结构的网架抗毁性。

关键词:配电网;网架典型结构;网架抗毁性

中图分类号: TM642.3

文献标志码: A

文章编号: 1000-582X(2014)S2-035-05

网配电网的抗毁性分析是基于复杂网络抗毁性分析理论,分析网络节点之间的连通度,从网络的连通性来描述网架拓补结构的安全性,抵御破坏的能力。配电网,尤其是城市配电网,具有众多的节点和支路,具备了复杂网络的特点,复杂网络的抗毁性分析理论是分析配电网网架结构拓补安全性的实用可靠的方法。

1 配电网网架抗毁性分析的必要性

由于中国配电系统发展起步较晚,较早的配电网规划建设存在许多不完善的地方,造成了现在城市中压配电网现有网架结构的相对薄弱,比如较早的配电网建设由于规划或资金的不足,缺乏统一的规划和建设,而当负荷增加时,一般采用就近拉线的方式,这使得配电网主次结构较为混乱,给网架带来安全隐患;配电网实际建设中,像“手拉手”这样相对可靠的接线方式应用也比较少,多分段多联络这样更为可靠的网络互联并未全面的形成,这就使得当前的配电网网架结构比较薄弱,当负荷增加时,线路容易过负荷而产生故障,由于线路之间缺乏联络,失电负荷不能迅速恢复供电;事实上,根据相关统计分析,80%的停电事故均是由于配电网网络发生故障引起的^[1];随着配电网网络规模的不断扩大、用户对安

全可靠供电的要求不断提高,应用网络抗毁性分析方法,对配电网进行抗毁性分析研究,对配电网网架结构的规划和优化具有非常重要的现实意义的。

2 配电网的典型网络结构

城市配电网网络结构一般分为 4 种:辐射状网络、环状(手拉手,开环运行),N 供 1 备、多分段多联络,配电网网架结构的是城市电网规划与改造建设的重点,其不同结构有其各自的经济性和可靠性^[2-5]。

1) 辐射状网络结构

辐射状网络结构是一种典型的配电网网络结构,具有接线简单清晰、运行和维护方便、建设投资小的优点;辐射网络每条线路可满载运行,不用留有线路备用容量,其线路利用率为 100%,具有较好的经济性;另一方面,由于不同供电线路之间没有互相联络的开关,当某个元件出现故障或检修时,该元件的下游负荷无法转移,只能停电,所以辐射状配电网网络结构无法满足 N-1 安全准则。这种网络结构,适用于对可靠性要求不太严格的城郊地区或乡镇地区。

辐射状网络具体还可以分为完全辐射状和经中介点辐射两种结构,其结构如图 1 所示;前者比较适合负荷集中在电源周围的情况,后者适合负荷分块

集中的情况。

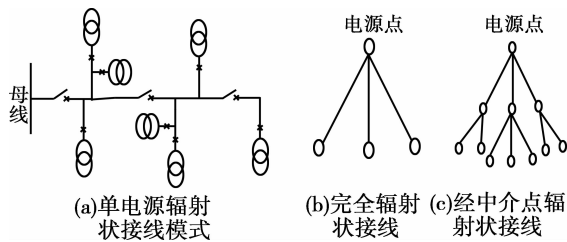


图 1 辐射装网络接线模式

2) 环状“手拉手”网络结构

“手拉手”接线结构的安全可靠性要比辐射状接线结构提高很多,同时也具备接线结构清晰,维护和运行比较方便的优点;相比于辐射状结构接线,“手拉手”环形接线结构在线路末端设有联络开关,在电源或线路故障时,在线路安全约束条件下,可以通过开关切换操作使得故障段下游负荷恢复供电,其接线结构如图 2 所示。

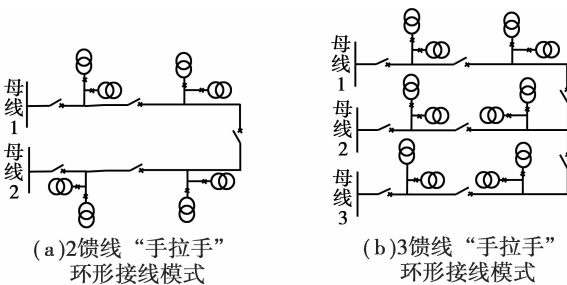


图 2 “手拉手”环式接线模式

3) N 供 1 备网络结构

N 供 1 备网络结构用于采用电缆接线的网络,网络正常运行时,供电线路能满载运行,备用线路空载运行,当其中一条线路出现故障时,可以通过线路的联络开关把故障线路的下游负荷转移到备用线路上来, N 供 1 备接线模式具有供电可靠性高的优点,适合负荷饱和的用电地区且公用网规模较大的中心地区,实际应用中较为常用的是“2 供 1 备”和“3 供 1 备”,其接线结构如图 3 所示。

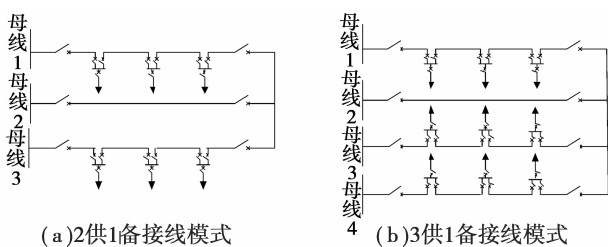


图 3 N 供 1 备接线模式

4) 多分段多联络结构

多分段多联络是在城市电网不断发展中逐步形成的,由起初的放射状接线结构,到可靠性提高了的“手拉手”环状接线结构;由于“手拉手”环状接线结构线路要留有 50% 的安全裕度,其线路利用率较低,经济性不好;为了提高线路的经济性和满足 N-1 安全要求,才逐步出现了多分段多联络的接线结构,即在每段线路都设有常闭的故障分段开关,线路之间常开的联络开关,其结构如图 4 所示。

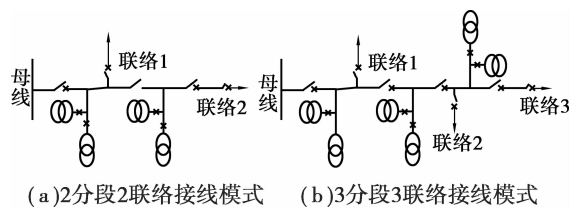


图 4 多分段多联络接线模式

3 基于边的权值的网络抗毁性分析

数学中的图论是研究复杂网络的主要方法之一,一个具体的网络可以视作一个由点集 V 和边集 E 组成的图 $G=(V, E)$,在网络图 $G=(V, E)$ 中, V 是图 G 所有节点的集合, E 是图 G 中节点之间所有直接相连的边的集合,点集中的任意节点对 (i, j) 都有一条边集 E 中一一对应的边,若节点对 (i, j) 和节点对 (j, i) 对应的是同一条边,则图 G 对应的网络称为无向网络,否则,图 G 对应的网络称为有向网络;若给网络中的所有边都赋上不同的权值,则对应的网络称为有权网络;当网络边的权值一样时,网络为边权值为 1 的有权网络;加权网络边的权值,表示节点连接关系的强弱,有时能更客观的描述网络结构的强弱。

无向有权网络 $G=(V, E)$ 中, V 是节点集, E 是边集^[6-7]。

定义 1:对于有 n 个节点的网络,节点 i 与节点 j 之间最多只有一条边相连,相连边的权值为 ω_{ij} ,网络节点间的权值集合为

$$W = \{\omega_{ij} \geq 1, i, j = 1, 2, \dots, n\}, \quad (1)$$

ω_{ij} 的数值越大表示节点 i 与节点 j 的连接越疏远;对于无向网络 $\omega_{ij} = \omega_{ji}$ 。

定义 2:设 n 阶方阵 A 为图 G 的边权值邻接矩阵, A 中的元素 a_{ij} 的取值如下

$$a_{ij} = \begin{cases} 0, & i=j, \\ \omega_{ij} & i \neq j, \text{ 且节点 } i \text{ 与节点 } j \text{ 有相连边。} \\ \infty, & \text{节点 } i \text{ 与节点 } j \text{ 无相连边} \end{cases} \quad (2)$$

定义 3: 设 N_i 为网络中和节点 i 直接相连边的数量, S_i 为节点 i 的边权值

$$S_i = \sum_{j=1}^{N_i} \frac{1}{w_{ij}}, \quad (3)$$

定义表明节点 i 的边权值为与节点直接相连的边的权值倒数之和, 节点的边权值越小, 表明节点与周围节点的连接越紧密。

定义 4: 把和节点 i 直接连接的各条边的权值设为 1 后, l_{ij} 为节点 i 和节点 j ($j=1, 2, \dots, n$) 间最短路径的权值, 定义节点 i 的位置重要程度为

$$l_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1, j \neq i}^n l_{ij}, \quad (3-4)$$

定义表明节点 i 与其它各节点连接的最短路径权值的平均值越小, 说明节点 i 的处于越重要的位置。

定义 5: 定义节点 i 的重要度为节点 i 的边权值 S_i 与位置重要程度 l_i 的比值

$$G(i) = \frac{S_i}{l_i}, \quad (5)$$

定义表明节点 i 的边权值越大, 节点 i 位置重要程度越小, 节点 i 越重要。

定义 6: 设 $\sum_{i=1}^n G(i)$ 为网络 G 中全部节点重要度之和, $\sum_{i=1}^n G'(i)$ 为网络 G 对应的边权值为 1 的全连通网络的全部节点重要度之和, 网络 G 的抗毁度定义为

$$\text{imv}(G) = \frac{\sum_{i=1}^n G(i)}{\sum_{i=1}^n G'(i)}, \quad (6)$$

由此可知, 实际网络节点重要度之和与对应全连通网络节点重要度之和的比值越大, 实际网络的抗毁度就越大; 全连通网络自身抗毁度的值为 1, $\text{imv}(G)$ 的取值范围为 $[0, 1]$, 其值越接近 1, 其抗毁度就越大。

上述内容描述的加权网络的抗毁性分析方法, 其思想是将网络全部节点的重要度和与对应全连通网络全部节点的重要度和的比值作为网络的抗毁度值。该方法从总体的角度来描述网络的抗毁性。但实际上有的情况是, 即使网络的总体抗毁度值比较高, 但还是会存在节点重要度值较低的节点, 这说明这些节点与网络其他节点的联系是比较弱的; 为了能更加客观的描述网络的整体抗毁性, 本文做出如下改进:

定义 7: 对于一个含有 n 个节点的网络, $G(i)$ 为

节点 i 的重要程度, $Z(G)$ 为网络的综合抗毁度

$$\left. \begin{aligned} \bar{G} &= \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n G(i) \\ D &= \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (G(i) - \bar{G})^2} \\ Z(G) &= \frac{\epsilon \times \text{imv}(G)}{\epsilon + D} \end{aligned} \right\}, \quad (7)$$

式中: \bar{G} 为网络节点重要度均值, D 为网络节点重要度标准差, ϵ 为公式的修正系数, 主要是控制标准差的对抗综合抗毁度的影响, 其取值根据 $\text{imv}(G)$ 和 D 的数值而定, 当 ϵ 在区间 $[11, 35]$ 取值时, 能取得比较符合实际的结果, 取 $\epsilon=15$ 。

由定义 7 可知, 网络的抗毁度值越大, 节点的重要度值方差越小, 则网络的综合抗毁度就越大; 节点的重要度值方差越小, 说明节点的相互连接程度比较均匀。

4 配电网典型网架结构的抗毁性分析

从抗毁性分析过程可以知道, 全连通网络的每 2 个节点之间都存在相连边, 因而全连通网络的抗毁性是最高的; 实际的配电网网络中, 在满足一定安全可靠性的前提下, 考虑到配电网建设的经济性, 负荷的重要程度, 不可能也没有必要在每两个负荷点之间都设有联络开关, 实际配电网网络节点之间的联络程度相对于全连通网络是比较稀疏的; 由于早期配电网建设规划中相对缺乏对网架安全性、灵活性的考虑, 导致现有配电网网络出现故障的机率比较大, 用户停电事故相对较多, 使得现有配电网网络结构的改善, 元件的更新显得十分必要。为了更科学的提高配电网网架的安全性, 改善网架的结构, 网架的抗毁性分析意义十分重要, 以 IEEE16 节点的三馈线系统^[8]为基础, 再通过选取配电网具有代表性的辐射状网架结构、手拉手环形、N 供 1 备、多分段多联络 4 种典型网架结构作为其网架结构, 对这 5 种网络结构进行抗毁性分析。

配电网网络正常运行时为辐射状, 对于一个有 N 个节点的网络, 网络节点通常分为一个电源节点和 $N-1$ 个负荷节点。对于 IEEE16 节点网络(网络中实线代表相连支路, 虚线代表常开的联络支路), 如图 5(a)所示的三馈线网络, 3 条独立馈线对负荷供电, 出现了 3 个电源节点, 即根节点; 一般来说, 3 条馈线的根节点的电压幅值、相角相同, 所以在潮流计算时可以合并为一个节点, 整个网络就等效为一个标准的树状网络; 等效之后, IEEE16 节点配电网网络实际节点为 14 个, 闭合支路为 13 条, 如

图 5(b)所示。

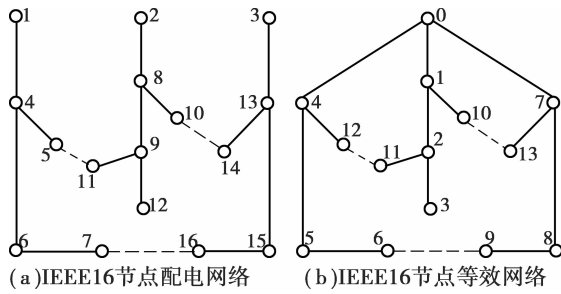


图 5 IEEE16 节点配电网网络结构

在应用加权网络模型分析实际配电网网络的抗毁性时,为了能比较客观的反映配电网网络抗毁性的实际情况,需要对实际的网络做如下处理^[9]:

1) 网络中的节点和边处理:将实际配电网中的节点分为电源节点和负荷节点,将配电网网络中的供电线路作为带权的边;对于配电网网络出现的联络开关,若联络开关只与两条边相连,则该联络开关当作网络中存在的一条边,若联络开关相连的边大于 2,则将该联络开关当作负荷节点处理,计算其节点重要度。电源节点的边权值可在其原始边权值基础上相应加 1,以显示电源节点的重要性。

2) 网络边的权值处理:有权网络中边的权值反映的是网络节点之间连接关系的强弱,与节点相连的边权值越大节点说明该节点与其他节点连接关系就越弱;实际配电网网络边的权值可以用其电气距离(即线路的阻抗值)来确定,选取网络中电气距离最小的一条线路,设其边权值为 1,则其余各条线路的边权值就按其电气距离与最小电气距离的比值确定;若实际网络中线路的选型一样,则即可按线路的长度来确定边的权值。

为分析方便,并按上述的抗毁性数据处理方式,网络中的节点只有电源节点和负荷节点,只考虑节点之间是否有连接,任意相连节点的连接关系相同,这样网络中的边的权值可均设为 1;若不改变 IEEE16 节点网络的节点的原来供电顺序,并套用配电网典型供电结构,可得以下供电结构,如图 6 所示。

对于上述的网络拓补结构,用上一节中的抗毁性分析方法,对上述结构以及 IEEE16 节点原始网架的等效结构(图 5(b)所示)进行抗毁性分析,可得各网架拓补结构的节点重要度及抗毁性分析结果如表 1 所示。

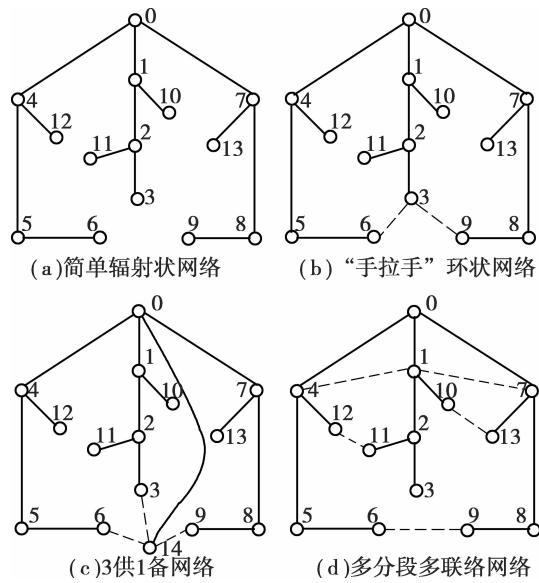


图 6 IEEE16 节点典型配电网网络结构

表 1 配电网典型网络结构节点重要程度及抗毁性分析结果

节点编号	简单辐射网络	“手拉手”环状网络	N 供一备网络	多分段多联络网络	原始网络
0	1.9259	1.9259	2.8	1.8571	1.9259
1	1.2581	1.3448	1.3548	2.8261	1.2188
2	1	1.2581	1.1351	1.3	1.0833
3	0.2549	1.2581	0.71795	0.3095	0.2708
4	1.1818	1.2581	1.2353	2	1.2581
5	0.6046	0.7027	0.6829	0.7879	0.7027
6	0.2363	0.7222	0.7567	0.6842	0.6046
7	1.1818	1.2188	1.2728	1.9259	1.2581
8	0.6046	0.7222	0.6829	0.7647	0.6842
9	0.2363	0.1429	0.7567	0.65	0.6046
10	0.3023	0.3171	0.3256	0.7879	0.7027
11	0.2549	0.3023	0.28	0.7027	0.6667
12	0.2889	0.2955	0.2917	0.7647	0.7222
13	0.2889	0.2955	0.2979	0.7027	0.7222
14	0	0	1.8667	0	0
网络边数	13	15	17	18	16
网络节点数	14	14	15	14	14
节点重要度之和	9.6193	12.3642	14.4571	16.0635	12.4249

续表

主通网节点重要度和	183	183	211	183	183
网络抗毁度	0.0526	0.0675	0.0685	0.0878	0.0679
节点重要度标准差	0.5145	0.5203	0.6639	0.6964	0.4013
综合抗毁度	0.0509	0.0652	0.0656	0.0839	0.0661

5 结论

从表 4.1 的分析结果可看出:网络抗毁性的强弱很大程度上取决于网络中相连的边数,节点之间连接的边数越多,网络整体抗毁性就越好;辐射网由于其线路之间没有备用,没有联络,节点之间的关联度相对较差,所以其抗毁性也最差;“手拉手”环形网络由于加强了节点之间的联系,抗毁性有所提高;N 供 1 备的网络结构节点之间的联系要强于“手拉手”环形网络结构,所以其抗毁性也要好一些;多分段多联络结构节点之间的联系比其他网络结构紧密,网络的抗毁性值最高。另一方面,从表 4.1 还看出,对于整体抗毁性高的网络结构,仍然存在节点重要度值比较低的节点,如 N 供 1 备网络的 10、11、12、13 节点,其原因还是在于这些节点处于供电路径的末端,且与其他支路没有联络路径,当其供电支路出现故障时,节点负荷仍然无法转移,对于实际配电网网络中的支路末端负荷节点,应结合负荷本身的重要程度,考虑是否架设联络供电路径,以便负荷在支路故障时能成功的转移。原始网络的 10、11、12、13 节点都有联络支路,其节点重要度的标准差值最小,当网络的抗毁度差不多时,网络节点连通程度的均匀度起了作用,所以其综合抗毁度也比较高,仅次于联

络支路更多的多分段多联络网络结构。

在日益强调供电安全可靠的今天,配电网的建设需更进一步的考虑网架的抗毁性,在经济性允许的情况下,要加强重要度比较高的节点的建设,加强其抗打击的能力,提高配电网网架结构的抗毁性。配电网的抗毁性分析是从网络的节点关联程度来描述网络拓补结构的安全性,对配电网网络结构的规划、改造有重要的意义。

参考文献:

- [1] Billinton, R., Wang P. Reliability — Network — Equivalent Approach To Distribution System Reliability Evaluation [C]. IEEE Proceedings — Generation, Transmission and Distribution, 1998, 145(2): 149-153.
- [2] 张宇星. 基于可靠性准则的配电网供电能力评价方法研究[D]. 北京:华北电力大学, 2009.
- [3] 邹春燕. 配电网各种接线模式的可靠性与经济性分析[D]. 北京:华北电力大学, 2008.
- [4] 姚莉娜, 张军利, 等. 城市中压配电网典型接线方式分析[J]. 电力自动化设备, 2006, 26(7): 26-29.
- [5] 陈庭记, 程浩忠. 城市中压配电网接线模式研究[J]. 电网技术, 2000, 24(9): 35-38.
- [6] 林茂盛. 基于复杂网络理论的中压配电网网络结构评估[D]. 郑州:郑州大学, 2011.
- [7] 周建, 程克勤, 李世伟. 基于边权值的网络抗毁性研究[J]. 计算机工程与应用, 2010, 46(35): 95-97.
- [8] S. Civanlar, J. J. Grainger, H. Yin, et al. Distribution feeder reconfiguration for loss reduction [J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 1988, 3 (3): 1217-1223.
- [9] 杨丽徒, 林茂盛, 等. 中压配电网典型网络结构抗毁性评估[J]. 电力系统自动化, 2012, 36(1): 28-31.

(编辑 侯 湘)

智能辅助系统综合监控平台在高寒地区 变电站中的应用

王 川

(四川电力设计咨询有限责任公司, 四川 成都 610016)

摘 要:基于高寒地区环境条件的恶劣,并随着智能变电站无人值守工作模式的发展,高寒地区变电站对于智能辅助系统综合监控平台的集成和优化越来越具有现实意义。结合智能变电站辅助控制系统集成与优化的技术需求,采用基于分布式网络架构的集成方式,对变电站的辅助系统进行了有效整合,优化图像监视系统,安全警卫子系统、环境监测子系统、智能巡检装置,减少智能辅助系统线缆连接。同时,结合图像监视系统,提出了基于触发规则的联动方式,实现了对站内工作人员工作过程的自动跟踪与记录,有效提升了智能变电站的运行管理水平。

关键词:智能辅助系统综合监控平台;高寒地区;分布式网络

中图分类号:TP391.7

文献标志码:A

文章编号:1000-582X(2014)S2-040-04

随着国家电网智能化电网建设的逐步推进,变电站无人值守建设分级部署规则逐渐明确:330 kV 及以上变电站必须实现无人值守,220 kV 变电站尽快纳入改造和建设范围,110 kV 及以下变电站参照无人值守建设要求。

高寒地区因其海拔高,常年低温,冻土常年不化的恶劣环境条件,将智能辅助系统综合监控平台引入高寒地区智能变电站乃至常规变电站,简化人员对变电站的坚守和巡视,以机器化、信息化取代值守人员的需求显得尤为重要。

对于设备的运行环境,变电站的安全状况,尚无较完善的监视手段,对于突发事件,也很难及时准确地发现和及时处理;同时,各子系统线缆较多,安装也较为复杂,不利于运行监视。因此,智能辅助控制系统将综合视频监控、安全警卫、火灾报警、环境监测(包括重要部位的温度和湿度等)等监测功能于一体,提出基于分布式网络的智能辅助系统集成架构,实现变电站全站远程监视无人值班的要求。

1 智能辅助系统综合监控平台集成架构

以 220 kV 变电站的实际应用为出发点,并考虑

到系统投资的长期效益,对系统进行优化设计,设计原则如下

1)实用性:设计时重点考虑系统的实用性,注重系统的综合能力和总体性能。

2)稳定性、可靠性:设备采用先进、成熟、可靠并在电力行业中运行业绩良好的设备。

3)开放性:考虑到系统投资的长期效益,设计与选型注重开放性,各产品符合国际标准,工业标准以及有关国家标准和行业规约等,满足系统的可扩展性和可移植性。

4)先进性:采用能反映当今科学技术的先进水平,保证系统的稳定运行。

5)标准化:系统按标准化设计,包括设备造型标准化;信息格式标准化;系统开发标准化。

6)智能化:统一的辅助监控后台,辅助运行信息集中采集,智能化异常运行分析,集中告警发布,智能化控制联动。

智能辅助系统结构示意图如图 1 所示,现有智能变电站各个控制子系统实现的通讯接口不一致,引入了一种桥接装置将各种辅助装置的通讯接口转换成统一的 LAN 接口。LAN 网络是目前最成熟、应用范围最广、成本最低廉的数据交换网络。随着

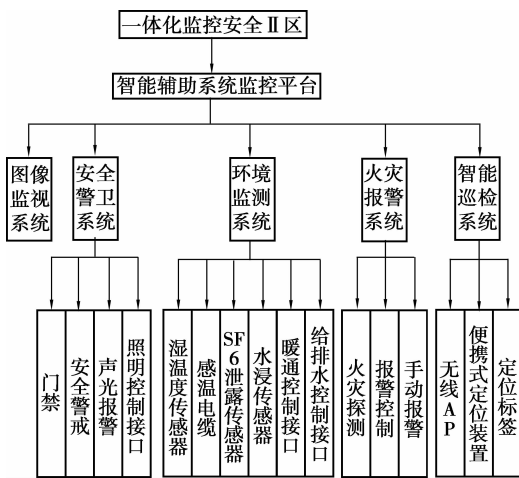


图1 智能辅助系统结构

智能变电站技术的发展,可以在整个系统的设计上考虑使用以太网作为辅助系统数据通信的基础网络(见图2)。因为LAN具备非常好的分布性,也从根本上满足了辅助子系统的分布式特性。

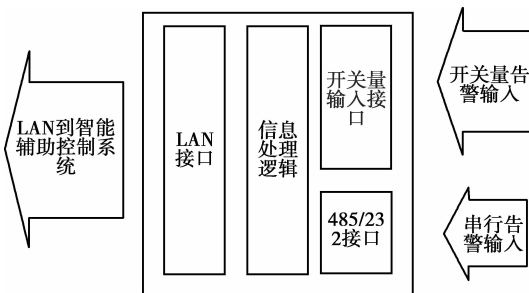


图2 控制转换装置通讯方式

2 智能辅助系统综合监控平台优化整合

2.1 综合联动控制欲联动策略优化

1) 图像监视与电子围栏系统联动

电子围栏装置发现有人入侵变电站行为发生后,通过无线网络传输将监测到发生入侵的位置告知图像监视系统,图像监视系统根据预设位置将摄像头调至相应位置,在夜间或光线照度不够的情况下,还需与灯光控制系统发生联动,适时开启灯光照明,在后台或集控中心显示器上发出告警信号、弹出视频窗口并开始视频记录。为减少运行人员操作辅助设施压力,辅助设施系统需要与灯光照明系统进行联动控制。变电站室内外照明设备要求可以通过本地与远程两种方式进行开启与关闭的控制。同时还要

求灯光可以根据图像监视画面调用而开启,作为夜间摄像的光线补偿。

2) 图像监视与智能门窗系统联动

在变电站大门、主控室等区域装设智能门窗系统,并将其接入到辅助设施管理系统中,实现功能联动。

当有人打卡的时候,智能门禁系统把此信息立即上传,并触发报警,后台可人工或者自动调用相应摄像机进行查看,把视频画面和门禁打卡人的信息发送给运行人员进行对比,防止有人盗用其他卡进行非法进入以及非法操作。同时,在门禁系统打卡时,还可根据环境监控子系统提供的光度信息,实时确定是否启动灯光等其他联动设备。

3) 视频监视与智能巡检系统联动

采用RFID技术结合PDA设备智能巡检系统。在变电站内设置巡检路线,当开始巡检时,智能巡检系统通知图像监视系统,图像监视子系统会将巡检路线上的摄像机画面依次调出。做到人工巡检与视频图像结合。

4) 灵活的综合联动策略

基于触发规则的联动控制策略,一个触发源(模拟量超限:温湿度、SF6等,或者是开关量告警:消防、水浸、电子围栏等)可以同时联动多个可以被控制的辅助设施(风机、空调、灯光、摄像机预置位)。

在辅助系统服务器上,根据告警设施与联动设施设置了一系列的联动规则。每个告警规则由一个告警源(可以告警的辅助设施)与一到多个被控辅助设施的动作构成。

考虑高寒地区无人职守变电站的发展趋势,在远端的控制中心必定需要同时对多个变电站进行集中的监控。这样的情况下,运行管理人员需要处理更多的变电站内辅助设施的告警事件。如何充分利用辅助设施间的联系,以机器判断辅助人为判断来降低运维人员的工作强度具有非常重要的意义。因此需要对现场工况以及辅助设施间的联系进行充分的分析,最终让计算机实现更多自动化的操作来有效降低运行管理人员的工作强度,提高工作的效率。

例如,对湿湿度的采集值设定了2个门限:联动门限与告警门限。当温度超过了联动门限时,辅助系统会根据联动规则自动打开相应的风机和空调对环境温湿度进行控制。这种情况下,不需要人为的干预,因此不需要向远程维护人员发送告警消息。

当辅助系统已经进行联动控制动作,而这个时候温度持续升高并达到了告警门限。这种情况下才向远程的维护人员发送告警消息,并进行人为干预。

2.2 安全警卫子系统集成优化

新一代智能变电站安全防范功能主要通过安全警卫系统、火灾报警系统和智能门窗系统来共同实现;通过与辅网的其他设施比如智能照明系统、采暖通风系统等的协同操作,实现防火、防盗功能,保证智能变电站安全运行。

安全警卫设备主要由红外对射、电子围栏、声光报警器等设备组成。各探测器通过报警线缆直接与智能辅助控制系统后台连接,当发生报警时,报警信息能够及时上传给智能辅助控制系统后台,智能辅助控制系统后台可根据预置规则联动相应功能:报警信息上传中心,保安人员可以迅速来到事发地点;触发声光报警器,震慑非法闯入者;联动相应的灯光照明,调用预置位,启动报警录像等。

2.2.1 电子围栏

电子围栏为周界防范提供了强力保障。电子围栏是由前端探测围栏和报警主机(高压电子脉冲发生器)组成的智能型周界防盗报警系统。

报警主机具有智能识别功能,能够识别偶然入侵和强行入侵行为:如果有人不当心而触及围栏,或其它物体(如树枝)瞬间碰及围栏,这并不属于真正的入侵,系统不报警;只有当入侵者强行入侵,攀越电子围栏时,造成系统断线(开路)或持续碰线(短路)时,电子围栏会采用低能量高压电子脉冲的方式进行打击,发挥强大的阻挡作用。

2.2.2 智能门窗系统

变电站各房间的准入限制不同,房间钥匙的保存管理不当会影响事故的处理,严重时还会造成设备的误操作,不利于智能无人值守变电站的可靠运行。配备一套门禁系统。门禁系统控制器采用 RS485 通信接口与辅助控制系统主机通信。门禁系统具有灵活的权限管理功能、远程开门功能、人员定位功能、报警联动功能等。针对不同的运行人员配备不同的进门磁卡,设定不同的权限。对于进入变电站的人员可以进行次数、时间、对象的事件记录。

变电站门窗配备窗磁、门磁,对于非法闯入进行就地和远程报警,并通过辅助系统智能控制网络联动摄像头监视。

通过上述类似的流程优化,使得远程维护人员

的工作强度大大降低。

2.3 环境监测子系统集成优化

通过外设的温、湿度传感器,准确监测室内外的温、湿度情况。监测信息传送至主机。同时,温、湿度监测前端可执行主机控制命令,根据室内温、湿度状况对空调、风机的温度、风向等进行控制。

SF6 泄露传感器监测空气中 SF6 的浓度,氧气传感器监测氧气的浓度。过个 SF6 和氧气监测节点监测数据判断出 SF6 泄露状况,并对风机控制器发出排风指令,启动声光报警。当有人员进入操作室,红外监测节点感知信号,并对风机控制器发出排风指令;风机控制器同时接受系统后台发出的排风指令。

水浸传感器实现对积水情况的监测及智能处理;浸水监测能实现积水自动排放;启动摄像头联动,查看现场情况;远动查询浸水监测情况,确保系统安全可靠运行;发生积水时发出报警信号,提示值班人员采取相应措施。

对感温电缆设置温度传感器,对动力电缆高温报警及时监控。

环境监测子系统传感器均采用无线传感器,通过无线网络传输至智能辅助系统后台主机,实时采集、远程传输、异地存储和网络发布数据等功能,通过进行数据分析挖掘和专家知识经验的结合,可提供对有关对象的远程诊断与调控管理等功能。

2.4 智能巡检子系统集成优化

智能巡检子系统由感知 RFID(射频识别)卡、手持式智能终端(如 PDA 等)和系统管理主机等组成。感知 RFID 卡绑定在变电站被巡检的设备上,结合变电站标识系统,输入设备标识编号,作为电子标识。感知 RFID 卡与被巡检区域一一对应,读卡后自动显示该区域各设备相关巡检内容(见图 3)。

智能终端是巡检人员在变电站现场识读 RFID 卡以确认到达该巡检区域、设备和到达时间,并根据预存的中文提示巡检项目输入相应的设备运行状态及数据的专用手持便携设备,同时自动采集设备的运行环境参数,显示设备编号、投运日期、维保计划等信息。巡检子系统示意图如图所示:

采用 RFID 技术结合智能终端 PDA 设备,可提高变电站管理水平和设备巡视的到位率,保证设备巡视的全面性,并且实现了对运行人员的巡视情况进行量化分析。

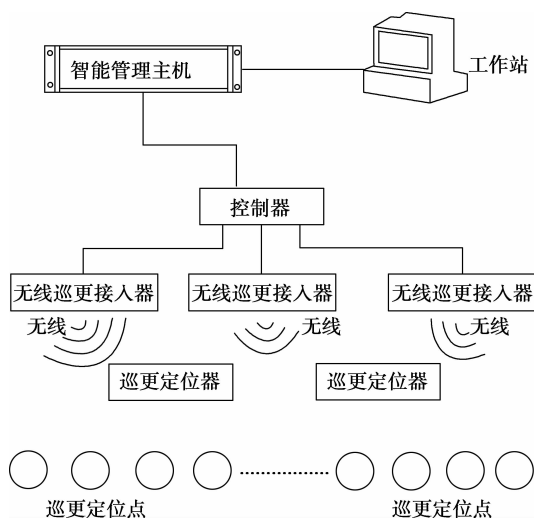


图3 巡检子系统示意图

3 高寒地区特殊要求

常规地区使用的电缆护套均采用聚氯乙烯(即PVC)的材料,而聚氯乙烯(即PVC)的ST1、ST2混合料的耐受最低温度为 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$,当环境温度低于该数值时,PVC会变脆,受到外力作用时易开裂,且当环境温度恢复至高于 $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,已变化的物理特性不可逆转。根据《电力工程电缆设计规范》:“ $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下低温环境,应按低温条件和绝缘类型要求,选用交联聚乙烯、聚乙烯绝缘、耐寒橡皮绝缘电缆。低温环境不宜选用聚氯乙烯绝缘电缆”。

根据GB 50217—2007规定和电缆制造要求,站内电缆选用YJY—23及KYJYP2—23电缆(交联聚乙烯绝缘、聚乙烯护套电缆)。

4 结论

在高寒地区采用基于分布式网络的智能辅助系统集成架构,建立安全运行智能辅助控制系统的方案,针对综合联动控制及联动策略及各子系统进行集成优化,使得各个子系统之间实现信息共享、相互协同工作。能实现和现有的视频监控系统联动,对操作人员的整个工作过程进行自动的跟踪和记录,更有效的利用视频监控系统的资源,提升安全管理的水平。同时针对高寒地区选用高寒电缆,保证全站智能辅助系统的安全实施。

参考文献:

- [1] 邓世杰. 35 kV 变电站辅助设备综合监控系统研究及其在吴忠供电局的应用[D]. 重庆: 重庆大学, 2008.
- [2] 葛芸萍, 杨箐. 变电站综合自动化系统综述[J]. 内江科技, 2008(1): 121-122.
- [3] 毛鹏. 110 kV 无人值守变电站的抗干扰措施[J]. 电力建设, 2005(2).
- [4] 杨爱晟, 郝建宏. 以无人值守为目标的变电站辅助平台改造技术浅论[J]. 信息技术, 2013(30): 278-280.
- [5] 周鲲鹏, 方仍. 存电网规划智能辅助决策系统的设计与实现[J]. 电力系统自动化, 2013(3): 77-79.
- [6] IEC. IEC 61850-7-3 Communication networks and systems insubstations-Part7-3 basic communication structure for substation and feeder equipment-common data classes[S]. Geneva: IEC, 2003: 13.

(编辑 侯 湘)