

三台三绕组变压器特种运行方式的经济运行分析

林俐¹, 胡景生²

(1. 华北电力大学, 北京 102206; 2. 沈阳变压器经济运行研究所, 辽宁 沈阳 110011)

摘要: 三台分列运行的三绕组变压器, 中压侧与低压侧共有六个负载, 三台变压器间的负载可以互相调整。因此三台三绕组变压器间通过负载的相互调整可实施分列运行、并列运行与不同台数组合运行方式共计 289 种。分析计算了这 289 种运行方式中的经济运行, 并举例给出其节电效果。

关键词: 三绕组变压器; 运行方式; 分列运行; 并列运行; 经济运行

中图分类号: TM73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2004)20-0028-05

0 前言

两台三绕组变压器分列运行方式在输电网与配电网中较广泛存在^[1~3], 因此在文献[1, 2]中给出的两台三绕组变压器分列运行的经济运行方式。由于过去三台三绕组变压器分列运行方式很少见^[4, 5], 所以在文献[1, 2]中没能给出三台三绕组变压器分列运行的经济运行方式。但近年来一些市供电局较普遍存在着三台三绕组变压器分列运行方式, 本文就此分析三台三绕组变压器的经济运行方式。

图 1 所示为变电站三台三绕组变压器运行方式的接线图, A、B、C 三台变压器中每台变压器都有两个负载侧, 其负载分别为 S_{2A} 、 S_{2B} 、 S_{2C} 、 S_{3A} 、 S_{3B} 、 S_{3C} 。三台变压器的三个中压侧(二次)负载 S_{2A} 、 S_{2B} 、 S_{2C} 通过联络开关 a_2 、 b_{21} 、 b_{22} 、 c_2 进行倒闸操作; 同理, 三个低压侧(三次)负载 S_{3A} 、 S_{3B} 、 S_{3C} 也可以通过联络开关 a_3 、 b_{31} 、 b_{32} 、 c_3 进行倒闸操作。这样每侧(二次侧和三次侧)都存在着三台变压器分列运行方式, 三台并列运行方式, 两台变压器分列运行方式, 两台并列运行方式, 单台运行方式。

以中压侧为例, 有以下十七种方式: 单台运行方式 3 种 A(BC)、B(AC)、C(AB), 两台运行方式 9 种 AB(C)、AC(B)、BC(A)、A(C)B、A B(C)、A(B) C、A C(B)、B(A) C、B C(A), 三台运行方式 5 种 A B C、ABC、AB C、AC B、BC A(“A B”代表 A、B 两台变压器分列运行; “AB”表示 A、B 两台并列运行; “A(B)”代表 B 变压器停运, 其负荷由 A 变压器带。以下表示类似)。

同理三台变压器低压侧(三次)的负载也存在 17 种运行方式。如果对中压侧的 17 种运行方式与低压侧 17 种运行方式进行排列组合, 则三台三绕组变压器存在着 $17 \times 17 = 289$ 种运行方式。下面对

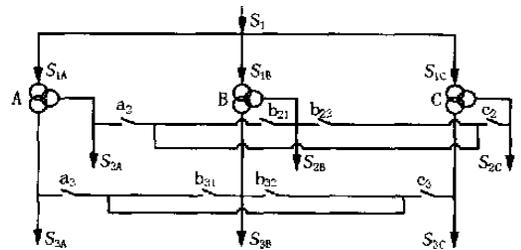


图 1 三台三绕组变压器运行方式接线图

Fig. 1 Connection diagram of three sets of three-winding transformers operation mode

289 种运行方式进行分析、分类。

1 对变压器运行方式的分析

1.1 三台变压器全投入运行的分列运行方式

中压侧与低压侧三台全分列运行方式 1 种;
一个负载侧三台分列, 另一负载侧两台分列运行方式 12 种;

一个负载侧三台分列, 另一负载侧单台运行方式 6 种;

三台变压器全投入运行, 其中一个负载侧两台分列, 另一负载侧也两台分列的运行方式 24 种;

三台变压器全投入运行, 其中一个负载侧两台分列, 另一负载侧单台的运行方式 12 种。

以上三台变压器全投入的分列运行方式共计 55 种, 见表 1。

1.2 三台变压器全投入运行的并列运行方式

中压侧与低压侧三台全并列运行方式 1 种;
一个负载侧三台并列, 另一个负载侧两台并列运行方式 6 种;

一个负载侧三台并列, 另一个负载侧单台运行方式 6 种;

三台变压器全投入运行中一个负载侧两台

并列,另一负载侧也两台并列运行方式 6 种;

三台变压器全投入运行中一个负载侧两台并列,另一个负载侧单台运行方式 6 种。

共计 25 种。

1.3 三台变压器全投入运行中两个负载侧并列与分列交叉运行方式

一个负载侧三台并列运行,另一负载侧三台分列运行方式 2 种;

一个负载侧三台分列运行,另一负载侧两台并列运行方式 6 种;

一个负载侧三台并列运行,另一负载侧两台分列运行方式 12 种;

三台变压器全投入运行中一个负载侧两台并列,另一负载侧两台分列运行方式 24 种。

共计 44 种。

1.4 三台变压器全投入运行中,其中一个负载侧两台并列与单台运行方式

一个负载侧两台并列与单台运行,另一负载侧单台运行方式 18 种;

一个负载侧两台并列与单台运行,另一负载侧两台并列运行方式 18 种;

一个负载侧两台并列与单台运行,另一负载侧两台分列运行方式 36 种;

一个负载侧两台并列与单台运行,另一负载侧三台分列运行方式 6 种;

一个负载侧两台并列与单台运行,另一负载侧三台并列运行方式 6 种;

一个负载侧两台并列与单台运行,另一负载侧也两台并列与单台运行方式 9 种。

共计 93 种。

1.5 三台变压器中停运一台的两台运行方式

两台变压器中两个负载侧都分列运行方式 12 种;

两台变压器中两个负载侧都并列运行方式 3 种;

一个负载侧两台分列,另一个负载侧两台并列运行方式 12 种;

一个负载侧两台分列,另一个负载侧单台运行方式 24 种;

一个负载侧两台并列,另一个负载侧单台运行方式 12 种;

两台变压器运行中的两个负载侧都是单台运行方式 6 种。

共计有 69 种。

1.6 三台变压器中停运两台单台运行方式

三台变压器中停运两台的单台运行方式仅 3 种。

如图 1 中的变压器 AC 间的中压侧、低压侧没有联络线,即变压器 AC 间的负载 S_{2A} 与 S_{2C} (S_{3A} 与 S_{3C}) 不能互相供电时,则减少 4 种运行方式 A(C) · B、B · C(A)、AC(B)、AC B。各侧负载的运行方式为 13 种 (17 - 4)。此种情况下,两侧负载交叉运行方式总计为 $13 \times 13 = 169$ 种。

以上各种运行方式的汇总见表 2。

表 1 三台变压器全投入运行的分列运行方式 (共 55 种)

Tab.1 Fifty-five splitting operation modes of three sets of transformers in running

运行方式								
中压侧	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A(C) B
低压侧	A B C	A(C) B	A B(C)	A(B) C	A C(B)	B(A) C	B C(A)	A B C
中压侧	A B(C)	A(B) C	A C(B)	B(A) C	B C(A)	A B C	A B C	A B C
低压侧	A B C	A B C	A B C	A B C	A B C	A(BC)	B(AC)	C(AB)
中压侧	A(BC)	B(AC)	C(AB)	A(C) B	A(C) B	A(C) B	A(C) B	A B(C)
低压侧	A B C	A B C	A B C	A(B) C	A C(B)	B(A) C	B A(C)	A(B) C
中压侧	A B(C)	A B(C)	A B(C)	A(B) C	A(B) C	A(B) C	A(B) C	A C(B)
低压侧	B(A) C	A C(B)	B C(A)	A(C) B	A B(C)	B(A) C	B C(A)	A(C) B
中压侧	A C(B)	A C(B)	A C(B)	B(A) C	B(A) C	B(A) C	B(A) C	B C(A)
低压侧	A C(B)	B(A) C	B C(A)	A(C) B	A B(C)	A(B) C	A C(B)	A(C) B
中压侧	B C(A)	B C(A)	B C(A)	A(C) B	A B(C)	A(B) C	A C(B)	B(A) C
低压侧	A B(C)	A(B) C	A C(B)	C(AB)	C(AB)	B(AC)	B(AC)	A(BC)
中压侧	B C(A)	C(AB)	C(AB)	B(AC)	B(AC)	A(BC)	A(BC)	
低压侧	A(BC)	A(C) B	A B(C)	A(B) C	A C(B)	B(A) C	B C(A)	

表 2 各种运行方式的汇总表

Tab.2 Itemized report of all kinds of operation modes

运行方式	三台全分	三台全并	并与分	两并一单	两台方式	单台方式	合计
A 与 C 间有连线	55	25	44	93	69	3	289
A 与 C 间无连线	39	17	22	48	40	3	169

2 各种运行方式的功率损耗计算

前面已分析出三台三绕组变压器运行共存在 289 种运行方式。下面就有代表性的运行方式进行分析。

2.1 三台变压器全投入运行的分列运行方式

1) 中压侧与低压侧三台全分列运行的运行方式

中压侧 A B C 与低压侧 A B C 全分列的运行方式仅一种,其有功功率损耗

$$P_{A B C}^{A B C} = P_{0A} + P_{0B} + P_{0C} + S_1^2 (D_{1A}^2 R_{K1A} + D_{2A}^2 R_{K2A} + D_{3A}^2 R_{K3A} + D_{1B}^2 R_{K1B} + D_{2B}^2 R_{K2B} + D_{3B}^2 R_{K3B} + D_{1C}^2 R_{K1C} + D_{2C}^2 R_{K2C} + D_{3C}^2 R_{K3C}) \quad (1)$$

其中: $P_{A B C}^{A B C}$ 上标代表变压器中压侧的运行方式, $P_{A B C}$ 下标代表变压器的低压侧运行方式,注脚 A B C 分别代表各变压器编号,下同。 P_0 为变压器的空载损耗(kW); S_1 为 A、B、C 三台变压器总负载之和(一次侧),kVA; R_{K1} 、 R_{K2} 、 R_{K3} 分别为变压器一次侧、二次侧、三次侧绕组的有功损耗等效电阻, kW/kVA²; D_1 、 D_2 、 D_3 分别为变压器一次侧、二次侧、三次侧的负载分配系数。

损耗等效电阻

$$R_{K1} = \frac{P_{K1}}{S_{1N}^2}, R_{K2} = \frac{P_{K2}}{S_{2N}^2}, R_{K3} = \frac{P_{K3}}{S_{3N}^2} \quad (2)$$

式中: P_{K1} 、 P_{K2} 、 P_{K3} 分别为变压器一次、二次、三次侧绕组的短路损耗(kW); S_{1N} 、 S_{2N} 、 S_{3N} 分别为变压器一次、二次、三次侧绕组的额定容量(kVA); 负载分配系数 D_1 、 D_2 、 D_3 及变压器总负载 S_1 的计算式:

$$\begin{cases} S_1 = S_2 + S_3 \\ S_2 = S_{2A} + S_{2B} + S_{2C} \\ S_3 = S_{3A} + S_{3B} + S_{3C} \\ S_{1A} = S_{2A} + S_{3A} \\ S_{1B} = S_{2B} + S_{3B} \\ S_{1C} = S_{2C} + S_{3C} \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{cases} D_{2A} = S_{2A}/S_1, D_{3A} = S_{3A}/S_1 \\ D_{2B} = S_{2B}/S_1, D_{3B} = S_{3B}/S_1 \\ D_{2C} = S_{2C}/S_1, D_{3C} = S_{3C}/S_1 \\ D_{1A} = D_{2A} + D_{3A} = S_{1A}/S_1 \\ D_{1B} = D_{2B} + D_{3B} = S_{1B}/S_1 \\ D_{1C} = D_{2C} + D_{3C} = S_{1C}/S_1 \end{cases} \quad (4)$$

式中: S_2 、 S_3 分别为变压器的二次侧与三次侧的视在负载(kVA); S_2 、 S_3 分别为三台变压器的二次侧与三次侧的负载之和(kVA)。

则三台变压器的二次侧与三次侧总负载分配系数为:

$$C_2 = S_2/S_1; C_3 = S_3/S_1$$

2.2 一台停运,另两台变压器中两个负载侧都分列运行方式

本部分共有 12 种运行方式,从中选取中压侧 B (A) C 分列,低压侧 B C(A) 分列运行方式,其有功功率损耗 $P_{B C(A)}^{B C(A)}$ (kW) 的计算式:

$$P_{B C(A)}^{B C(A)} = P_{0B} + P_{0C} + S_1^2 [(D_{1B} + D_{2A})^2 R_{K1B} + (D_{2B} + D_{2A})^2 R_{K2B} + D_{3B}^2 R_{K3B} + (D_{1C} + D_{3A})^2 R_{K1C} + D_{2C}^2 R_{K2C} + (D_{3C} + D_{3A})^2 R_{K3C}] \quad (5)$$

2.3 一台停运,另两台变压器中两个负载侧都并列运行方式

本部分共有 3 种运行方式,从中选取中压侧 AC (B) 并列,低压侧亦为 AC(B) 并列运行方式,其有功功率损耗 $P_{AC(B)}^{AC(B)}$ (kW) 的计算式:

$$P_{AC(B)}^{AC(B)} = P_{0A} + P_{0C} + S_1^2 [R_{K1AC} + C_2^2 R_{K2AC} + C_3^2 R_{K3AC}] \quad (6)$$

同理,可以求出三台三绕组变压器的 289 种运行方式的有功功率损耗。如需对各种运行方式的无功功率消耗进行计算,则需把上述公式中的 P_0 换为 Q_0 , P_K 换为 Q_K 即可;如需对各种运行方式的综合功率损耗进行计算,则只需将上述公式中的 P_0 、 P_K 换为对应的综合功率损耗即可。可参考文献[1, 2]。

3 经济运行方式间的临界负载

由以上运行方式的功率损耗计算可知,每种运行方式的功率损耗大小不仅与运行方式中变压器的铭牌参数 P_0 、 P_K 大小密切相关,同时也与变压器间及绕组间的负载分配系数 D 大小相关。因此在工况负载条件下,从多种运行方式中优选功率损耗最小的运行方式就是变压器经济运行方式。

而三台三绕组变压器存在着 289 种运行方式,每种运行方式都有一条功率损耗曲线 $P = f(S_1)$, 不同运行方式间都存在功率损耗曲线的交点。按式(7)可计算出 289 条功率损耗曲线间共存在着 41616 个交点。在 41616 个交点中,选取最下面的曲线的交点就是经济运行方式间的临界负载。这里仅选择有代表性的 2 个经济运行方式间的临界负载计算式。

$$M = N(N - 1)/2 \quad (7)$$

式中: M 为功率损耗曲线间的交点数; N 为变压器运行方式数。

3.1 三台分列运行方式与两台分列运行方式间的临界负载

选取式(1)的三台变压器中压侧、低压侧均为分列 A B C 运行方式与式(5)两台中压侧 B(A) C、低压侧 B C(A) 分列运行方式间的临界负载 S_{ILP} (kVA) 计算式

$$S_{ILP} = \{ P_{0A} / [(D_{2A}^2 + 2D_{1B} D_{2A}) R_{K1B} + (D_{2A}^2 + 2D_{2A} D_{2B}) R_{K2B} + (D_{3A}^2 + 2D_{1C} D_{3A}) R_{K1C} + (D_{3A}^2 + 2D_{3A} D_{3C}) R_{K3C} - D_{1A}^2 R_{K1A} - D_{2A}^2 R_{K2A} - D_{3A}^2 R_{K3A}] \}^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

3.2 两台变压器运行中两个负载侧都分列运行方式与两个负载侧都并列运行方式间的临界负载

选取式(5)的中压侧 B(A) C 分列, 低压侧 B C(A); 分列运行方式与式(6)的中压侧、低压侧均

为 AC(B) 并列运行方式, 对式(5)与式(6)联立求解可得出两种运行方式间的临界负载 S_{ILP} (kVA) 的计算式

$$S_{ILP} = \{ (P_{0B} - P_{0A}) / [R_{K1AC} + C_2^2 R_{K2AC} + C_3^2 R_{K3AC} - (D_{1B} + D_{1A})^2 R_{K1B} - (D_{2B} + D_{2A})^2 R_{K2B} - D_{3B}^2 R_{K3B} - (D_{1C} + D_{3A})^2 R_{K1C} - D_{2C}^2 R_{K2C} - (D_{3C} + D_{3A})^2 R_{K3C}] \}^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

4 实例

某城区变电站有三台 220/110/35 kV 三绕组变压器的中压侧与低压侧全分列运行(见图 1), 变压器技术参数及工况负载见表 3、表 4。按工况负载分析计算存在多少种运行方式与各种运行方式的功率损耗, 并计算出最经济运行方式比最劣运行方式的节电效果。

表 3 变压器技术参数

Fig. 3 Technical parameters of transformers

编号	$S_{1N} / S_{2N} / S_{3N}$ / kVA	P_0 / kW	P_{K12} / kW	P_{K13} / kW	P_{K23} / kW	I_0 (%)	U_{K12} (%)	U_{K13} (%)	U_{K23} (%)
A	31500/31500/31500	44	139	197	158	0.57	10.2	17.6	6.3
B	31500/31500/31500	46	223.5	252	174	0.88	10	17.85	6.62
C	45000/45000/45000	74.4	236.4	260.4	184.4	1.12	9.82	16.9	6.13

表 4 三台变压器分列运行工况负载

Tab. 4 Running load of three transformers in operation

负载/kVA	A	B	C	合计
S_1	24 000	30 000	340 000	88 000
S_2	12 000	15 000	17 000	44 000
S_3	12 000	15 000	17 000	44 000

表 5 各侧绕组的短路损耗及负载分配系数

Tab. 5 Short circuit loss and load distributing coefficients

编号	P_{K12} /kW	P_{K13} /kW	P_{K23} /kW	D_1	D_2	D_3
A	80	50	108	0.273	0.273	0.273
B	150.9	72.9	101.1	0.341	0.341	0.341
C	156.3	80.3	104.3	0.386	0.386	0.386

首先计算出各台变压器的一次侧、二次侧与三次侧绕组的短路损耗 P_{K1} 、 P_{K2} 、 P_{K3} , 并根据式(4)分别计算出各台变压器三个负载侧的工况负载分配系数 D_1 、 D_2 、 D_3 , 结果如表 5。

再分别归算出单台变压器, 两台并列运行方式, 三台并列运行方式的一次侧、二次侧、三次侧绕组的等效电阻 R_{K1} 、 R_{K2} 、 R_{K3} , 并把其计算结果列入表 6

中。

表 6 各侧绕组的等效电阻

Tab. 6 Equivalent resistances of windings

台数	A	B	C	AB	AC	BC	ABC
R_{K1}	8.97	15.207	7.719	6.044	4.192	5.249	3.397
R_{K2}	5.039	7.347	3.965	3.348	2.226	2.618	1.742
R_{K3}	10.884	10.189	5.151	5.268	3.624	3.506	2.685

根据三台变压器分列运行的工况负载进行分析, 为确保变压器安全运行, 各台变压器的各侧绕组都不超载运行。因此中压侧绕组与低压侧绕组都存在三台变压器全运行的五种运行方式, 一种 A B C 三台分列运行方式, 一种 ABC 三台并列运行, 三种 AB C、AC B、BC A 两台并列运行与一台单台运行方式, 本例按排列组合, 三台全运行方式共 25 种, 列入表 7 中。

根据式(1)、(5)、(6)及其类似的计算式对表 6 中的 25 种运行方式的有功功率损耗进行计算, 并按从功率损耗最小到损耗最大运行方式进行排序, 将其计算结果列入表 8 中。

表 7 不切换负载的三台变压器全运行方式

Tab. 7 All operation modes of three sets of transformers without switching load

		运行方式					
中压侧	A B · C	A B · C	A B · C	A B · C	A B · C	ABC	ABC
低压侧	A B · C	ABC	AB · C	AC · B	BC · A	A B · C	ABC
中压侧	ABC	ABC	ABC	AB · C	AB · C	AB · C	AB · C
低压侧	AB · C	AC · B	BC · A	A B · C	ABC	AB · C	AC · B
中压侧	AB · C	AC · B	BC · A				
低压侧	BC · A	A B · C	ABC	AB · C	AC · B	BC · A	A B · C
中压侧	BC · A	BC · A	BC · A	BC · A			
低压侧	ABC	AB · C	AC · B	BC · A			

表 8 25 种运行方式的功率损耗及损耗排序表

Tab. 8 Power loss and loss taxis about the twentyfive kinds of operation modes

中压 低压	A B · C	ABC	AB · C	AC · B	BC · A
A B · C	530.89(22)	520.43(10)	524.83(20)	530.99(25)	523.41(16)
ABC	520.51(11)	513.17(1)	516.24(5)	521.08(13)	515.27(3)
AB · C	524.01(18)	515.46(4)	519.03(9)	529.99(21)	517.41(7)
AC · B	530.95(24)	520.97(12)	524.82(19)	530.94(23)	523.51(17)
BC · A	522.64(14)	514.21(2)	517.45(8)	522.88(15)	516.71(6)

从表中计算结果得知,损耗最小的经济运行方式是中压侧与低压侧全并列运行方式 $P_{A B \cdot C}^{A B \cdot C} = 513.17 \text{ kW}$ 。损耗最大运行方式为中压侧 AC 并列 B 单台(AC · B)运行,低压侧 A B · C 全分列运行方式 $P_{A B \cdot C}^{A C \cdot B} = 530.99 \text{ kW}$ 。最佳经济运行方式比最劣运行方式可节约有功功率 $P = 17.82 \text{ kW}$,全年可节电 15.6 万多千瓦时。

5 小结

综上所述,三台分列运行的三绕组变压器,由于有六个负载可以互相倒闸,共存在着 289 种(169 种)运行方式。对如此多的运行方式优选经济运行,人工显然不能完成。并且由于电网的负荷分布是时变的,要很好的完成变电站的经济运行和全网的经济运行,经济分析应该与负荷预测和电网自动化相结合实时地进行经济分析才更有实效^[6]。在实际应用中,“济南电网经济运行实施分析检测系统”已对三台分列运行的三绕组变压器经济运行方式进行实时分析,选取经济运行方式,已取得了明显节电效果。

参考文献:

[1] 胡景生,等 (HU Jing-sheng, et al). 变压器经济运行 (Transformers Economic Operation) [M]. 北京:中国电力出版社 (Beijing:China Electric Power Press), 1999.
 [2] 胡景生 (HU Jing-sheng). 电网经济运行与能源标准化

(Grid Economic Operation and Power Standardization) [M]. 北京:中国标准出版社 (Beijing:China Standardization Press), 2001.

[3] 黄向前 (HUANG Xiang-qian). 浅谈变电所内变压器的经济运行 (On Economic Operation of Transformers in Substations) [J]. 电网技术 (Power System Technology), 2000, 24 (3): 53-54.
 [4] 董志恒,胡景生 (DONG Zhi-heng, HU Jing-sheng). 三绕组变压器的经济运行区 (The Economical Operating Zone of Three-circuit Transformer) [J]. 华北电力大学学报 (Journal of North China Electric Power University), 1997, 24 (3): 44-49.
 [5] 陈举忠 (CHEN Ju-zhong). 三绕组变压器优化运行 (Optimization Operation of Calculation) [J]. 节能 (Energy Conservation), 2000, (5): 22-25.
 [6] 熊小伏,王志勇 (XIONG Xiao-fu, WANG Zhi-yong). 基于 SCADA 实时数据的变压器经济运行方式研究 (Economic Operation of Power Transformer Based on Real-time Data from SCADA) [J]. 电网技术 (Power System Technology), 2003, 27(7): 9-11.

收稿日期: 2004-05-12; 修回日期: 2004-07-14

作者简介:

林俐 (1968 -), 女, 讲师, 研究方向为电力系统及其自动化; E-mail: linli@ncepubj.edu.cn

胡景生 (1933 -), 男, 教授级高工, 研究方向为变压器及电网经济运行。

电力监控自动化系统中信息安全防护的设计与应用

刘静芳¹, 陈赤培^{1,2}, 罗杰¹

(1. 华东交通大学电气与电子工程学院, 江西 南昌 330013; 2. 江西电力设计院, 江西 南昌 330006)

摘要: 电力监控自动化系统的发展使得电力网络信息资源高度共享,然而一体化、网络化的发展使信息安全问题也更为突出。依据电力监控自动化系统中各应用系统的特点和安全要求,提出了一种新的信息安全防护系统设计方案,从系统网络架构上对系统进行有效的安全分区,应用各种网络安全技术实现系统横向和纵向的信息安全。最后阐述了该方案在某地区电网自动化系统设计中的整体安全防护的实际应用。

关键词: 电力监控自动化系统; 信息安全; 安全防护

中图分类号: TM764 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2004)20-0033-03

0 引言

在 IT 技术的迅速发展支持下,国内外电力企业和技术标准组织普遍提出统一筹划电力监控自动化系统的建设发展规划来实现各配套自动化系统的信息资源和环境共享。然而,电力自动化系统一体化、网络化的发展必然使信息安全问题成为威胁到电力系统的安全、稳定、经济、优质运行的重大问题。防范对网络的攻击侵害及由此引起的事故,建立完善的安全防护体系成为一体化电力监控自动化系统设计中的重要部分。

1 一体化的电力监控自动化系统

电力监控自动化系统是包括各级电网调度自动化系统、变电站自动化系统、配电网自动化系统、电能计量计费系统等在内的自动化系统总称,具有可靠性、安全性、完整性、及时性及一致性等特点。要保障其信息安全,不仅要进行信息的安全保护,还要重视提高系统的入侵检测能力、系统的事件反应能力以及系统遭受破坏后的快速恢复能力。除了加密、身份认证、访问控制、防火墙、安全路由等安全技

术,还强调信息系统整个生命周期的防御和恢复。当前流行的安全产品很多,如防火墙、VPN、CA 以及入侵检测系统(IDS)等,其各有特点,可根据实际情况应用于不同网络层次和不同安全强度的电力自动化网络中。

2 信息安全防护系统的设计与应用

2.1 设计原则

电力监控自动化系统集成了 SCADA、PAS、DMIS、TMR 等自动化系统。它们对数据的实时性、安全性等要求不同,电网运行实时控制系统是电力二次系统安全保护的重点和核心。电力监控自动化系统的设计原则: 必须确定实时控制系统的所有连接,去掉其不必要连接,巩固和加强网络中任何保留的实时控制系统的连接; 不依赖拥有协议方来保护系统安全; 由设备和系统的卖方提供执行系统的特征; 通过实现内部和外部的 IDS 实现全天突发事件监测; 引入物理安全审查,评定所有接入系统网络的远方位置,确定涉及的安全关系; 全系统应该与防火墙、防病毒软件、IP - sec、入侵侦测等防护措施的策略互动执行。

Economic operation analysis of special modes about three sets of three winding transformers

LIN Li¹, HU Jing sheng²

(1. North China Electric Power University, Beijing 102206, China;

2. Transformer Economic Operation Institute of Shenyang, Shenyang 110000, China)

Abstract: There are six loads in mid-voltage and low-voltage sides of three sets of splitting three-winding transformers, whose loads can be regulated mutually. So totaled 289 kinds of operation modes are presented, such as load adjusting, splitting, parallel and different sets combination etc, among the three transformers. The economic operation of the 289 kinds of modes are analyzed and accounted. The economic effects on energy consumption are demonstrated with examples.

Key words: three-winding transformers; operation mode; splitting operation; parallel operation; economic operation