

输电阻塞消除中裁减目标对交易裁减的影响分析

杨洪明, 刘建华

(长沙理工大学电气与信息工程学院, 湖南 长沙 410077)

摘要: 在交易裁减的研究中, 不同的交易裁减模型采用了不同类型的裁减目标。为了准确分析裁减目标对交易裁减的影响, 用输电网的交流潮流方程, 建立起交易裁减的通用数学模型。然后针对三种最具代表性的裁减目标, 推导出了交易裁减公式。研究表明, 采用不同的裁减目标, 交易裁减与交易对阻塞线路的灵敏度系数之间的关系不同, 决定了它们不同的裁减特点。并且分析了不同裁减模型的交易裁减随灵敏度系数的变化情况。最后在 IEEE - 14 节点系统上, 定量计算了三种裁减模型的交易裁减, 验证了它们的裁减特性。

关键词: 交易裁减; 裁减目标; 双边交易

中图分类号: TM73; F123.9

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2004)24-0010-05

0 引言

在输电网的阻塞管理中, 交易裁减已成为消除输电阻塞的重要手段之一。交易裁减问题是在满足输电网络安全约束的前提下, 寻求交易裁减目标最小的优化问题。目前, 现有的交易裁减模型主要采用了以下两类裁减目标: 裁减目标为系统总裁减量最小^[1, 2]; 裁减目标为交易裁减量加权平方和最小, 不同的裁减模型选取了不同的加权系数^[3, 4], 其中以 NERC(北美可靠性委员会) 采用的交易计划电量的倒数最具代表性。在这一领域的研究中, 作者提出了裁减目标为交易裁减量的相对熵最小的交易裁减模型^[5]。

不管交易裁减模型采用何种裁减目标, 它们都可以实现输电网阻塞的消除, 使系统处于安全的运行状态。然而, 采用不同的裁减目标, 交易裁减模型的裁减特点不同, 从而将造成不同的被裁减交易和裁减量。为了准确分析现有裁减目标对交易裁减的影响, 本文首先建立起交易裁减的通用数学模型, 它可以概括现有的各种裁减目标函数。然后针对三种最具代表性的裁减目标, 推导了交易裁减公式, 分析了它们的裁减特点。并且探讨了交易灵敏度系数的变化对各裁减模型交易裁减的影响情况。最后在 IEEE - 14 节点系统上, 对三种交易裁减模型的交易裁减进行了定量计算。

1 交易裁减模型

交易裁减是在满足网络安全约束的前提下, 实现交易裁减目标最小的优化问题。基于交流潮流, 交易裁减的数学模型表述如下。

1) 目标函数

$$\min \sum_{i,j} f(t_{i,j})$$

2) 功率平衡等式约束

$$(P_{gi}^0 - P_{gi}) - (P_{di}^0 - P_{di}) = P_i(V, \theta) \quad (i = 1, 2, \dots, n - 1)$$

$$(P_{gn}^0 - P_{gn}) - (P_{dn}^0 - P_{dn}) + P_{loss} = P_n(V, \theta)$$
$$Q_{gi} - (Q_{di}^0 - Q_{di}) = Q_i(V, \theta) \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

3) 线路传输功率约束

$$P_{li}(V, \theta) \leq P_{lmax} \quad (l = 1, 2, \dots, L)$$

4) 节点电压约束

$$V_{imin} \leq V_i \leq V_{imax} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

5) 电源节点的有功和无功功率约束

$$P_{gimin} \leq P_{gi}^0 - P_{gi} \leq P_{gimax}$$
$$Q_{gimin} \leq Q_{gi} \leq Q_{gimax} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

6) 交易裁减功率约束:

$$0 \leq t_{i,j} \leq t_{i,j}^0 \quad (i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n)$$

其中: $t_{i,j}^0$ 为计划交易的交易矩阵 T^0 第 i 行 j 列元素, 表示节点 i 的发电商与节点 j 的用户之间签订的双边交易; P_{gi}^0 、 P_{di}^0 分别为计划交易在节点 i 上的发电功率和负荷功率, 它们与交易矩阵 T^0 之间满足下面的关系:

$$P_{gi}^0 = \sum_j t_{i,j}^0, P_{di}^0 = \sum_j t_{i,j}^0$$

并且, $\sum_i P_{gi}^0 = \sum_j P_{dj}^0 = \sum_i \sum_j t_{i,j}^0$

$t_{i,j}$ 为所需裁减的交易矩阵 T 的第 i 行 j 列元素; P_{gi} 、 P_{di} 分别为裁减交易在节点 i 上的发电功

率和负荷功率。

$P_i(V, \theta), Q_i(V, \theta)$ 为节点 i 的网络注入功率, V, θ 为节点电压的幅值和相角矢量。

Q_{gi} 表示在节点 i 上设置的无功电源; $Q_{di}^0 - Q_{di}$ 为交易裁减后, 节点 i 的无功负荷。假设节点 i 的有功负荷和无功负荷之间满足恒功率因数的关系, 即有:

$$Q_{di}^0 - Q_{di} = \cot \theta_i \cdot (P_{di}^0 - P_{di})$$

式中: θ_i 为节点 i 的功率因素。

输电网的有功网损 P_{loss} 和无功网损全部由平衡节点 n 提供; P_{l1} 为线路 l 上的有功传输功率, P_{lmax} 为线路 l 的最大有功传输功率, L 为网络线路总数。

目标函数 $\sum_{i,j} f(t_{i,j})$ 是交易裁减量 $t_{i,j}$ 的函数。在不同的交易裁减模型中, $f(t_{i,j})$ 的函数形式不同。下面列出最具代表性的 3 种交易裁减模型的目标函数形式:

1) 总裁减量最小模型

该模型的目标为输电网所有交易的裁减量之和最小, 其数学表达式为^[1,2]:

$$\min \sum_{i,j} f(t_{i,j}) = \sum_{i,j} t_{i,j}$$

2) 裁减量加权平方和最小模型

该模型的目标为交易裁减量的加权平方和最小, 其数学表达式为:

$$\min \sum_{i,j} f(t_{i,j}) = \sum_{i,j} w_{i,j} (t_{i,j})^2$$

其中: $w_{i,j}$ 为加权系数, 不同的裁减模型选取了不同的数值。其中, NERC 裁减模型采用了交易计划电量倒数作为加权系数^[3], 即:

$$w_{i,j} = 1/t_{i,j}^0$$

3) 交易裁减的相对熵模型

相对熵模型是在向量 $(t_{1,1} + t_{1,1}^0, \dots, t_{n,n} + t_{n,n}^0)$ 相对于 $(t_{1,1}^0, \dots, t_{n,n}^0)$ 的相对熵最小意义下, 寻找最优的交易裁减量, 即获得与交易裁减量理想点 $(0, \dots, 0)$ 的熵距离最近点^[5]。相对熵模型的目标函数为:

$$\min \sum_{i,j} f(t_{i,j}) = \sum_{i,j} (t_{i,j} + t_{i,j}^0) \ln \left[\frac{t_{i,j} + t_{i,j}^0}{t_{i,j}^0} \right]$$

2 模型的求解

在只考虑功率平衡等式约束和阻塞线路的传输功率等式约束的条件下, 构造出下面的 Lagrange 函数:

$$L = \sum_{i,j} f(t_{i,j}) - \sum_{i=1}^{n-1} \lambda_{ip} [P_{gi}^0 - P_{gi} - P_{di}^0 + P_{di} - P_i(V, \theta)] - \sum_{p=1}^{np} \lambda_{jp} [P_{gn}^0 - P_{gn} - P_{dn}^0 + P_{dn} + P_{loss} - P_n(V, \theta)] - \sum_{i=1}^n \lambda_{iq} [Q_{gi}^0 - Q_{di}^0 + Q_{di} - Q_i(V, \theta)] + \sum_l \lambda_l [P_{l1}(V, \theta) - P_{lmax}]$$

式中: λ 代表阻塞线路的集合; $\lambda_{ip}, \lambda_{iq}, \lambda_l$ 为等式约束对应的 Lagrange 乘子。

由 $\partial L / \partial t_{i,j} = 0$, 可得:

$$f'(t_{i,j}) + \lambda_{ip} - \lambda_{jp} - \cot \theta_i \cdot \lambda_{jq} = 0 \tag{1}$$

设 $X = (t_1, V_1, \dots, t_n, V_n, \dots)$

$$= (t_{1p}, t_{1q}, \dots, t_{np}, t_{nq}, \dots)$$

$$g = (P_1(X), Q_1(X), \dots, P_n(X), Q_n(X), \dots)$$

由 $\partial L / \partial X = 0$, 推得:

$$\frac{\partial g^T}{\partial X} + \sum_l \lambda_l \frac{\partial P_{l1}}{\partial X} = 0$$

于是有:

$$= - \left(\frac{\partial g^T}{\partial X} \right)^{-1} \cdot \left(\sum_l \lambda_l \frac{\partial P_{l1}}{\partial X} \right)$$

因此,

$$\lambda_{ip} = - \sum_l \lambda_l \frac{\partial P_{l1}}{\partial P_i}, \quad \lambda_{iq} = - \sum_l \lambda_l \frac{\partial P_{l1}}{\partial Q_i} \tag{2}$$

将式(2)代入式(1)中, 可得:

$$f'(t_{i,j}) = \sum_l \lambda_l \left[\frac{\partial P_{l1}}{\partial P_i} \Big|_* - \frac{\partial P_{l1}}{\partial P_j} \Big|_* - \cot \theta_i \cdot \frac{\partial P_{l1}}{\partial Q_j} \Big|_* \right]$$

于是有:

$$f(t_{i,j}) = \sum_l \lambda_l \frac{\partial P_{l1}}{\partial t_{i,j}} \Big|_*$$

式中: $*$ 表示裁减优化问题的最优点, 即所求的交易裁减点;

$$\frac{\partial P_{l1}}{\partial t_{i,j}} = \frac{\partial P_{l1}}{\partial P_i} - \frac{\partial P_{l1}}{\partial P_j} - \cot \theta_i \cdot \frac{\partial P_{l1}}{\partial Q_j}$$

表示交易 $t_{i,j} (= t_{i,j}^0 - t_{i,j})$ 对阻塞线路 l 的灵敏度系数, 它会随着系统运行状态的改变而改变, 不仅与节点有功注入对线路的灵敏度系数有关, 而且还与节点无功注入对线路的灵敏度系数有关。

3 裁减目标对交易裁减的影响分析

式(3)显示出裁减目标函数与裁减点处交易对阻塞线路的灵敏度系数之间的函数关系。根据具体的裁减目标函数, 可以进一步分析出裁减模型的裁减特性。为了简化表述, 下面的分析在一条线路阻塞, 即第 m 条线路阻塞的情况下来进行。

3.1 总裁减量最小模型

在总裁减量最小模型中, $f(t_{i,j}) = t_{i,j}$ 可得:

$$1 = \left. \frac{\partial P_m}{\partial t_{i,j}} \right|_* \quad (4)$$

于是,交易裁减过程将朝着所有交易的灵敏度系数相同的方向进行。灵敏度系数大的交易需要裁减交易,以降低灵敏度系数;而灵敏度系数小的交易需增加交易(裁减量为负值),以提高灵敏度系数,但在约束 $0 \leq t_{i,j} \leq t_{i,j}^0$ 的作用下,其裁减量将为 0。因而,采用该模型,只有灵敏度系数最大的几个交易才会被裁减,且灵敏度系数越大,裁减量越大。

由于总裁减量最小模型的交易裁减完全取决于交易灵敏度系数的大小,因而当裁减点处交易灵敏度系数发生变化时(运行状态的实时变化会造成交易灵敏度系数的实时波动,交易灵敏度系数的计算误差也会造成它与实际值之间的偏差),各交易的裁减量将会出现很大的不同。

3.2 NERC 交易裁减模型

在 NERC 裁减模型中, $f(t_{i,j}) = \frac{t_{i,j}^2}{t_{i,j}^0}$, 推得:

$$t_{i,j} = \frac{1}{2} t_{i,j}^0 \left. \frac{\partial P_m}{\partial t_{i,j}} \right|_* \quad (5)$$

当 $\left. \frac{\partial P_m}{\partial t_{i,j}} \right|_* = 0$ 时,交易对阻塞线路的灵敏度系数为负,由式(5)可得, $t_{i,j} = 0$,在约束 $0 \leq t_{i,j} \leq t_{i,j}^0$ 的作用下,其裁减量将为 0,说明裁减点处灵敏度系数为负的交易不被裁减。

当 $\left. \frac{\partial P_m}{\partial t_{i,j}} \right|_* > 0$ 时,交易对阻塞线路的灵敏度系数为正。此时, $t_{i,j} > 0$,表明裁减点处灵敏度系数为正的均需要被裁减,这体现出“痛苦共享”的裁减特点。并且交易的裁减量与裁减点处交易的灵敏度系数以及交易计划电量的乘积成比例,从而反映出 NERC 裁减模型的交易裁减不仅与交易的灵敏度系数有关,而且与交易的计划电量也直接相关。

当裁减点处交易灵敏度系数出现波动时,只要它的变化量不大,从式(6)可知,输电网所需裁减的交易量在各交易之间的分摊比例的变化较小,即各交易裁减量的变化幅度相近(不考虑交易计划电量的变化影响)。其中:

$$\text{分摊比例} = t_{i,j} / t_{r,s} = \left[\left. \frac{\partial P_m}{\partial t_{i,j}} \right|_* \right] / \left[\left. \frac{\partial P_m}{\partial t_{r,s}} \right|_* \right] \quad (i, r, j, s) \quad (6)$$

3.3 交易裁减的相对熵模型

在交易裁减的相对熵模型中,

$$f(t_{i,j}) = (t_{i,j} + t_{i,j}^0) \ln \left[\frac{t_{i,j} + t_{i,j}^0}{t_{i,j}^0} \right]$$

有:

$$\ln \left[\frac{t_{i,j} + t_{i,j}^0}{t_{i,j}^0} \right] = \left. \frac{\partial P_m}{\partial t_{i,j}} \right|_*$$

因此,

$$t_{i,j} = [e^{m \left. \frac{\partial P_m}{\partial t_{i,j}} \right|_*} - 1] t_{i,j}^0 = - t_{i,j}^0 + \left. \frac{\partial P_m}{\partial t_{i,j}} \right|_* t_{i,j}^0 + \frac{1}{2!} \left[\left. \frac{\partial P_m}{\partial t_{i,j}} \right|_* - 1 \right]^2 t_{i,j}^0 + \frac{1}{3!} \left[\left. \frac{\partial P_m}{\partial t_{i,j}} \right|_* - 1 \right]^3 t_{i,j}^0 + \dots \quad (7)$$

当 $\left. \frac{\partial P_m}{\partial t_{i,j}} \right|_* = 0$ 时,由式(7)可得, $t_{i,j} = 0$,在约束 $0 \leq t_{i,j} \leq t_{i,j}^0$ 的作用下,其裁减量将为 0,说明裁减点处灵敏度系数为负的交易不被裁减。

当 $\left. \frac{\partial P_m}{\partial t_{i,j}} \right|_* = \frac{1}{m}$ 时, $t_{i,j} = 0$,同样在约束 $0 \leq t_{i,j} \leq t_{i,j}^0$ 的控制下,交易的裁减量为 0,这表明裁减点处灵敏度系数较小的交易不被裁减,交易裁减将集中在灵敏度系数较高的交易上。

当 $\left. \frac{\partial P_m}{\partial t_{i,j}} \right|_* > \frac{1}{m}$ 时, $t_{i,j} > 0$,即裁减点处灵敏度系数大于 $1/m$ 的交易被裁减。在被裁减的交易中,交易的裁减量与裁减点处交易的灵敏度系数和交易的计划电量相关,并将随着二者的增加而增大。

若裁减点处交易的灵敏度系数发生改变,只要它的变动量不大,由式(8)可知,交易之间的分摊比例的变化量也不会很大,即各交易裁减量的变化幅度相差不多。经过式(6)与式(8)的比较,可以看出相同的灵敏度系数的变化量对相对熵模型的交易裁减的影响程度会比 NERC 模型大一些。其中:

分摊比例为:

$$t_{i,j} / t_{r,s} = \frac{t_{i,j}^0}{t_{r,s}^0} e^{m \left(\left. \frac{\partial P_m}{\partial t_{i,j}} \right|_* - \left. \frac{\partial P_m}{\partial t_{r,s}} \right|_* \right)} \quad (i, r, j, s) \quad (8)$$

由上面的分析可以看出,相对熵裁减模型是总裁减量最小模型和 NERC 裁减模型之间的一种折中形式,它的裁减特性处于二者之间。

综上所述,不同的裁减目标会导致裁减模型具有不同的裁减特点,从而造成不同的交易裁减量。在实际的电力市场运营中,裁减模型的裁减特性应与系统运营的具体要求相适应,从而选取正确的裁减目标。

4 算例

为了验证各种裁减目标对交易裁减的影响,下面在 IEEE-14 节点系统上进行了定量计算。输电系统现有 11 个交易计划,计划电量见表 1。负荷节点的无功功率按照负荷功率因数为 0.85 来设置。

表 1 交易计划列表

Tab.1 Scheduled transactions

交易编号	发电节点	负荷节点	计划电量/MW
1	1	2	50
2	1	3	100
3	2	4	50
4	1	5	50
5	1	6	50
6	2	9	10
7	1	10	10
8	1	11	30
9	1	12	70
10	1	13	50
11	1	14	30

4.1 算例 1

设线路 5-6 的最大传输功率为 100 MW,交易计划造成线路 5-6 的有功传输功率为 161.30 MW,于是线路 5-6 阻塞。分别采用上面介绍的三种交易裁减模型来进行交易裁减,计算结果见表 2。

采用总裁减量最小模型,交易的裁减完全取决于交易的灵敏度系数,它将沿着交易灵敏度系数尽可能相同的方向进行。最终交易 9、5 的灵敏度系数相同,交易 9、5 被部分裁减,并且交易 9 的裁减量比

表 2 不同裁减模型的交易裁减结果

Tab.2 Results of transaction curtailment with different curtailment models

交易编号	总裁减量最小模型		NERC 裁减模型		相对熵裁减模型	
	灵敏度系数	裁减量 /MW	灵敏度系数	裁减量 /MW	灵敏度系数	裁减量 /MW
1	0.005	0.0	0.005	0.14	0.005	0.0
2	0.020	0.0	0.020	1.09	0.020	0.0
3	0.035	0.0	0.033	0.94	0.035	0.0
4	-0.011	0.0	-0.012	0.0	-0.011	0.0
5	0.698	23.69	0.699	19.72	0.699	22.20
6	0.331	0.0	0.322	1.81	0.329	0.0
7	0.417	0.0	0.406	2.29	0.414	0.0
8	0.586	0.0	0.573	9.69	0.580	4.37
9	0.698	58.29	0.751	29.67	0.732	37.93
10	0.687	0.0	0.678	19.13	0.676	19.12
11	0.448	0.0	0.433	7.33	0.444	0.0
合计		81.98		91.81		83.62

注:表中灵敏度系数是指裁减点处交易对阻塞线路 5-6 的灵敏度系数。

交易 5 大,而灵敏度系数低的其它交易均不被裁减。

采用 NERC 裁减模型,产生正潮流的 10 个交易均被裁,且交易裁减量与交易的计划电量和裁减点处交易灵敏度系数的乘积成比例。因而,灵敏度系数最高,计划电量大的交易 9 获得了最多的交易裁减量,而灵敏度系数很小的交易 1、2、3 的裁减量也相应很少。

采用相对熵裁减模型,交易的裁减集中在灵敏度系数较大的交易上。在被裁减的交易中,交易的裁减量与交易的计划电量和裁减点处交易的灵敏度系数相关。最终灵敏度系数最高,计划电量大的交易 9 获得了最多的交易裁减量,而灵敏度系数较低的交易,如交易 1、2、3 的裁减量均为 0。

4.2 算例 2

为了说明交易灵敏度系数变化时,不同裁减模型的交易裁减的变化情况,下面将改变线路 5-6 的最大传输功率值。这将导致交易裁减点的改变,进而造成裁减点处交易的灵敏度系数的变化。假设线路 5-6 的最大传输功率在 [70 MW, 150 MW] 之间变化,即线路 5-6 的过载功率在 [91.3 MW, 11.3 MW] 之间变化时,3 种裁减模型的交易裁减的变化曲线如图 1 所示。

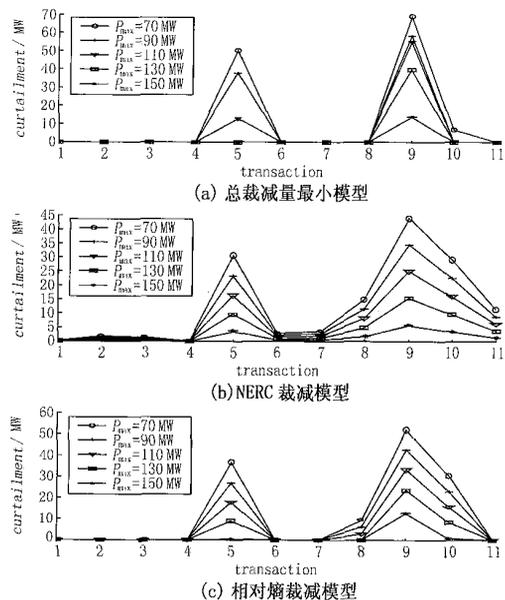


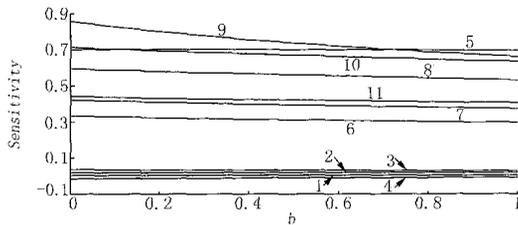
图 1 不同阻塞程度下的交易裁减曲线

Fig. 1 Transaction curtailment curve with different congestion limits

图 2 显示出当交易不断减少时,交易对阻塞线路 5-6 的灵敏度系数的变化曲线。图中的横坐标表示交易减少的比率,即:

$$b = (t_{i,j}^0 - t_{i,j}) / t_{i,j}^0 \quad (i=1, \dots, n; j=1, \dots, n)$$

由于交易 1、2、3、4 的灵敏度系数很小,因而在图中反映不出它们的变化。



注:曲线上的标号代表交易编号

图2 交易对线路 5-6 的灵敏度系数曲线

Fig.2 Sensitivity curve of transaction on line 5-6

从图 1 可以看出,3 种裁减模型的交易裁减曲线的形状明显不同,这进一步体现出采用不同的裁减模型,被裁减的交易及裁减量存在很大差别。

采用总裁减量最小模型,在线路阻塞程度较轻的情况下,输电网所需裁减的交易量较小。此时,只有灵敏度系数最大的交易 9 被裁减。随着阻塞程度的增加,交易 9、5 的灵敏度系数逐渐逼近,进而交易 5 也需被裁减。而且最终交易 5 的灵敏度系数的下降幅度超过了交易 9,造成了交易 5 的裁减量的增长幅度比交易 9 大很多。因此,采用该裁减模型,当交易灵敏度系数发生变化时,被裁减的交易不同,交易的裁减量也存在很大区别。

采用 NERC 裁减模型,随着输电网阻塞程度的增加,线路 Lagrange 乘子 m 的增大,所有被裁减交易的裁减量都将随之上升,交易裁减曲线基本上是平行向上移动。这表明在不同的阻塞程度下,虽然裁减点处交易灵敏度系数不同,但输电网所需裁减的交易量在各交易之间的分摊比例变化较小,即各交易裁减量的增幅相近。

采用相对熵裁减模型,随着阻塞程度的增加,交易的裁减量随之增加,交易裁减曲线的形状也基本相近。由于交易灵敏度的变化对该模型交易裁减的影响要比 NERC 裁减模型大一些,因而在不同的阻塞程度下,各交易裁减量的增幅比例的相近程度比 NERC 裁减模型低一些。

5 结论

本文采用输电网的交流潮流方程,建立起交易裁减的通用数学模型,并在此基础上,针对三种最具代表性的裁减目标,探讨了裁减模型的裁减特点。归纳以上分析,可以得出如下结论:

1) 采用不同的裁减目标,裁减模型的交易裁减

与裁减点处交易的灵敏度系数之间的关系不同,从而造成了它们不同的裁减特点。

2) 总裁减量最小模型的交易裁减完全取决于裁减点处交易灵敏度系数的大小,只有灵敏度系数最大的几个交易才会被裁。裁减点处交易灵敏度系数的波动将会造成交易裁减的很大区别。

3) NERC 裁减模型的交易裁减在裁减点处灵敏度系数为正的所有交易之间进行,其裁减量与交易的灵敏度系数和交易计划电量的乘积成比例。在交易灵敏度系数发生变动时,只要它的变化量不大,各交易裁减量的变化幅度相近。

4) 相对熵裁减模型的交易裁减集中在裁减点处灵敏度系数较大的交易上,其裁减量与交易的灵敏度系数和交易计划电量相关。当交易灵敏度系数发生改变时,各交易之间分摊比例的变动程度要比 NERC 裁减模型大一些。

参考文献:

- [1] Cheng J W M, Galiana F D, McGillis D T. Studies of Bilateral Contracts with Respect to Steady-state Security in a Deregulated Environment[J]. IEEE Trans on Power Systems, 1998, 13(3): 1020-1025.
- [2] Zhong J, Bhattacharya K. Optimum VAR Support Procurement for Maintenance of Contracted Transactions[A]. International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies. London:2000. 636-641.
- [3] Bialek J W, Germond A, Cherkaoui R. Improving NERC Transmission Loading Relief Procedures[J]. The Electricity Journal, 2000, 13(5): 11-19.
- [4] Galiana F D, Ili M. A Mathematical Framework for the Analysis and Management of Power Transactions Under Open Access[J]. IEEE Trans on Power Systems, 1998, 13(2): 681-687.
- [5] 杨洪明, 段献忠 (YANG Hong-ming, DUAN Xianzhong). 双边交易的裁减模型研究 (A Study of the Curtailment Model for Bilateral Transaction) [J]. 电力自动化设备 (Electric Power Automation Equipment), 2003, 23(3): 19-22.

收稿日期: 2004-04-21; 修回日期: 2004-05-17

作者简介:

杨洪明(1972-),女,讲师,博士,研究方向为电力市场;
E-mail: yhm5218@263.net

刘建华(1964-),男,讲师,研究方向为电力系统分析、计算及电力市场。

(下转第 28 页 continued on page 28)

着工业以太网技术的日渐成熟,100 Mbit/s 的网络技术也在日益完善,所以可以考虑用共享带宽模式取代交换模式来完成数据的传输,从而降低系统投资。但是也要注意,降低成本的同时,可靠性也随之下降。所以要根据预算,结合所保护母线的重要性综合考虑这个问题。

参考文献:

- [1] 宋方方,王增平(SONG Fang-fang, WANG Zeng-ping). 分布式母线保护的研究(硕士学位论文)(The Research for Relaying of the Bus of Distributing Type, Thesis) [D]. 保定:华北电力大学(Baoding: North China Electric Power University), 2002.
- [2] 贺家李(HE Jia-li). 电力系统继电保护技术的现状与发展(Current Situation and Development of Relay Protection of Power System Technology) [J]. 中国电力(Electric Power),

1999, 32(10):38-40.

- [3] Seifert R. 千兆以太网技术与应用(Giga Ethernet Technology and Application) [M]. 北京:机械工业出版社(Beijing: China Machine Press), 2000.
- [4] 谢希仁(XIE Xi-ren). 计算机网络(Computer Network) [M]. 北京:电子工业出版社(Beijing: Publishing House of Electronics Industry), 2002.

收稿日期: 2004-04-28; 修回日期: 2004-06-04

作者简介:

彭 谦(1980-),男,硕士研究生,主要研究方向为电力系统继电保护; E-mail: pq.ncepu@163.com

王增平(1964-),男,教授、博士生导师,主要从事电力系统继电保护和变电站综合自动化方面的教学和科研工作;

徐 岩(1976-),男,博士研究生,主要研究方向为电力系统继电保护。

Research of communication system in the distributed bus protection

PENG Qian, WANG Zengping, XU Yan, WU Feng, CHENG Jingzhou
(North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

Abstract: As the improvement of the substation synthesizing automation, the requirement for communication system increases day by day. This paper compares Ethernet and token loop network, and explains the superiority of Ethernet at the same time. It also gives out different wiring structures according to the Ethernet controllers of different transfer rates, to realize realtime communications of thirty-two data sampling nodes with data acquiring at a speed of 2 000 times per second.

Key words: distributed bus protection; sharing width-type network; exchanging-type network

(上接第 14 页 continued from page 14)

Impact analysis of curtailment objective on transaction curtailment in the disposal of power transmission congestion

YANG Hong-ming, LIU Jiar-hua

(School of Electrical and Information Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410077, China)

Abstract: In transaction curtailment study, different transaction curtailment models using different types of curtailment objectives. In order to accurately analyze the impact of these curtailment objectives on transaction curtailment, the general mathematical model for transaction curtailment is established based on AC power flow in this paper, and the curtailment formulae for three typical curtailment objectives are deduced. The transaction curtailment with different curtailment objectives has different correlativities with the transaction sensitivities on congested lines. Thus different curtailment model have different curtailment characteristics, and the transaction curtailment variations are analyzed under different congestion limits. Finally, transaction curtailment of the curtailment models is calculated quantitatively on the IEEE 14-bus system and their curtailment characteristics are tested.

Key words: transaction curtailment; curtailment objective; bilateral transaction