

配电网低压无功装置的补偿度及电容器分组方式研究

李妍红,陈荃,刘明波

(华南理工大学电力学院,广东 广州 510640)

摘要: 结合广东省电网公司低压无功补偿试点工程,以4个10 kV等级的配网为例,以配变的功率因数均方根值作为衡量标准,利用实际电网数据对无功补偿装置的容量选择和电容分组这两个问题进行了实证研究。旨在提出一种较为合理、在实际中切实可行的无功装置容量选择和分组标准。同时,对所采用的电网运行功率因数的定包络线控制策略进行了介绍。在该控制策略控制之下,电网运行中的功率因数在检测周期内的均方根值,将处于所期望的功率因数均方根值的包络线之内。

关键词: 配电网; 低压无功补偿; 补偿度; 电容器分组方式

中图分类号: TM711 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2006)23-0029-06

0 引言

目前,低压无功补偿技术已趋成熟,并在配电网中得到了广泛应用,在稳定电压和降低有功损耗方面效果明显^[1]。如何选择无功补偿装置的安装地点、容量和控制策略,以及采用何种电容器分组方式,既能满足投切精度的要求又十分经济,是人们所关心的热点问题,并往往被纳入无功优化的范围内考虑。文献[2~7]在如何确定无功补偿容量的问题作了大量的研究工作:文献[2]把电容器的安装地点和容量作为需优化的变量引入优化模型进行求解;文献[4]提出了最优匹配注入流的概念,为电容器的安装地点和容量选择提供了一种新思路;文献[5,6]通过测算配变低压出口处的平均功率因数来估算补偿容量。如何确定电容器分组方式对无功补偿效益也有着直接的影响。文献[8]介绍了采用阶梯容量的电容器组的思想;文献[9]在文献[10]提出的电容器分组的5条基本原则基础上,提出了首先根据预测的负荷状态和关口功率因数的要求配置补偿容量,再根据调压要求进行分组的思想。

本文结合广东省电网公司低压无功补偿试点工程,以四个10 kV配网为例,分别为10 kV工业线、10 kV天乡线、10 kV黄布线和10 kV黄泥井线,利用实际电网数据对这两个问题进行了实证研究,旨在提出一种较为合理、在实际中切实可行的无功装置容量选择和分组标准,同时对控制策略进行了介绍。电网中所提供的无功功率大小,与功率因数水平有着直接的联系,因此,文中将采用功率因数作为评估指标。

10 kV工业线共有52台变压器,在6台配变的低压出口处装有集中补偿装置,补偿总容量为1 020 kvar;10 kV天乡线共61台变压器,装设集中无功补偿装置的配变共7台,补偿总容量为1 140 kvar;10 kV黄泥井线共26台变压器,3台配变装设了集中补偿,共计720 kvar;10 kV黄布线共58台配变,采用集中补偿和分散补偿相结合的方式,其中共有11个台区装有集中补偿,共810 kvar。上述装设补偿装置的配变均为公用变。关于低压无功补偿装置容量配置和电容分组方式的研究成果已在广东省电网中得到应用。

1 控制策略

无功补偿装置的控制策略有多种^[11~13],在本文的低压无功补偿试点工程中,采用了电网运行功率因数的定包络线控制策略。此处的电网运行功率因数并不是指抄见有功电能和无功电能读数比较出来的平均功率因数,而是指运行中功率因数在检测周期内的均方根值。定包络线控制即指当设定一个标准差时,要求受控电网在规定的检测周期内功率因数的均方根值 \cos 运行在规定的包络线内。这里取 $\cos = 0.98, 0.02$,即要求 $\cos \in [\cos \pm]$,检测周期为1.0 h。这种控制策略能够保证无功补偿装置随时监测电网的无功需求情况,及时进行补偿,杜绝了仅保证一段时期内无功投切量、配变平均功率因数虚高的现象。通过设置合理的检测周期,可以保证投切的实时性,并同时兼顾元件的可靠性。

2 补偿度的选择

对配电网的配电变压器低压侧实施集中无功补

偿时,所装设的无功补偿装置容量与该配变容量的比值即为补偿度。补偿度的选择与配变容量及其负载情况密切相关。在选择时,应保证无功补偿装置能对电网所需无功实施就地补偿,同时还应兼顾经济性原则。文献[14]对10 kV及其它电压等级配电网的补偿度做出了如下论述:配电变压器的无功补偿容量可按变压器最大负载率为75%,负荷自然功率因数为0.85考虑,补偿到变压器最大负荷时其高压侧功率因数不低于0.95,或按照变压器容量的20%~40%进行配置。本文结合四个配电网的实际测量数据,以配变低压侧的功率因数为标准,对不同的补偿度范围进行了研究,并得到了合理的结论。工业线、天乡线、黄布线和黄泥并线的装有补偿装置的配变的补偿度及其低压侧补偿后的平均功率因数如表1所示。

表1 配变的补偿度及其低压侧补偿后的功率因数平均值

Tab 1 Compensatory degree of transformers and average power factors at their low-voltage sides

配网名称	配变所属台区	配变容量/kVA	补偿容量/kvar	补偿度/%	cos
工业线	周郡旧电房 #1	400	180	45	0.983
	周郡旧电房 #2	315	150	47.6	0.958
	供电所综合电房	500	180	36	0.828
	周郡恒新电房	315	150	47.6	0.972
	象山新村电房	500	180	36	0.945
天乡线	石头六片咀电房	200	180	90	0.986
	北达围电房	315	150	47.6	0.973
	天乡励心亭电房	400	180	45	0.859
	天乡沙田村电房	250	120	48	0.96
	河山市市场电房	500	180	36	0.984
	河山岗山电房	500	180	36	0.881
	河山秀村电房	315	150	47.6	0.961
	河山洗水厂电房	400	180	45	0.867
黄布线	八村	315	60	19.05	0.994
	三围农网	500	120	24	0.984
	二兴	500	120	24	0.992
	永福农网	500	120	24	0.997
	南镇渡口	315	90	28.6	0.996
黄泥并线	九村加油站	200	60	30	0.838
	冲口农网	200	60	30	0.996
	顺成农网	250	90	36	0.945
	黄泥井 #2	500	240	48	0.994
威远桥侧	威远桥侧	500	240	48	0.889
	威远市场	400	240	60	0.797

注:表1中cos代表补偿后功率因数的算术平均值。

从表1可以看出,所研究的4个配网中,装设补偿装置的24台配变补偿度分布在19%~30%之间的共7台,35%~40%之间的共5台,45%~50%之间的为10台,剩余两台配变的补偿度分别为60%和90%。对图1进行初步分析可知,大部分配变的功率因数在0.95上下波动,功率因数的算术平均值大部分都在0.95以上,与补偿度的变化并无太大关

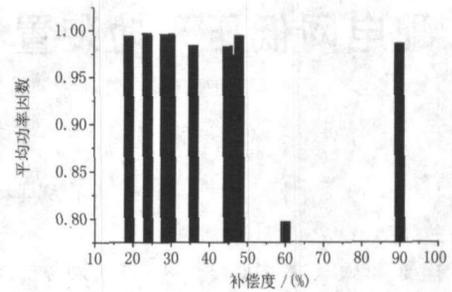


图1 功率因数及补偿度分布

Fig 1 Power factors and distribution of compensatory degree

系。补偿度相对较低的配变,功率因数的算术平均值并为此处于一个较低水平。例如,八村台区的补偿度为19.05%,补偿后的功率因数的算术平均值为0.994;二兴农网、三围农网、永福农网补偿度为24%,功率因数的算术平均值均大于0.98;补偿度为28.57%的南镇渡口功率因数的算术平均值为0.996。同样,补偿度越大,功率因数并未随之增大。如九村加油站补偿度为30%,其功率因数的算术平均值为0.838;补偿度为36%的供电所综合电房和河山岗山电房,其功率因数的算术平均值分别为0.828和0.881;天乡励心亭电房和河山洗水厂补偿度同为45%,功率因数的算术平均值分别为0.859和0.867。

通过进一步观察24台无功补偿装置的电容投切曲线与相应的配变的负荷变化曲线,发现当无功补偿装置随着负荷的变化而正确动作时,即与负荷变化基本保持一致,在较低的补偿度也能获得较高的功率因数,达到一个较优的补偿效果;反之,当无功补偿装置动作不能跟随负荷的变化而正确动作时,较高的补偿度未必能获得较大的功率因数。采用第一节中所提到的“运行功率因数的定包络线控制”即可实现这一控制目标。下面以较为典型的八村和九村加油站为例,给出它们某一天的电容投切曲线、电流曲线和功率因数曲线,如图2至图7。八村取10月30日00:00时~23:00时,代表电容投切与负荷变化基本一致的配变,其补偿度为19.05%;九村加油站取10月10日00:00时~23:00时,代表电容投切与负荷变化不符的配变,其补偿度为30%。

对比图1和图2,可以看出,电流曲线基本上都能随着电容器的投切保持一致。如在4:00至8:00左右,电流曲线逐渐下降至低谷,电容投切容量随之同步下降,两者均在6:00左右达到最小值;8:00至13:00之间,负荷明显上升,电容投切容量也同时增

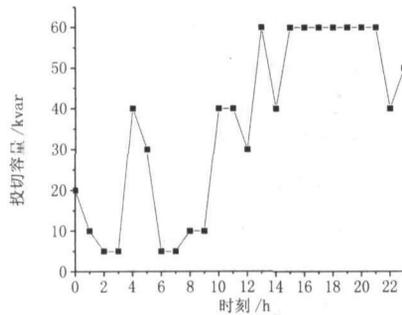


图 2 八村电容器投切曲线

Fig 2 Switching curve of capacitor banks in 0.4 kV Bacun rural network

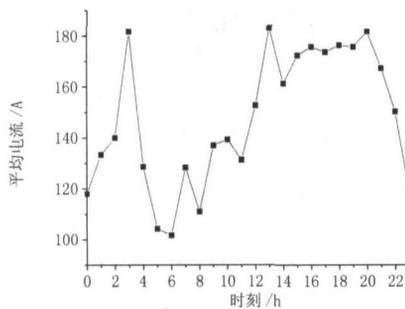


图 3 八村配变低压侧电流曲线

Fig 3 Current curve at the transformer's low-voltage side

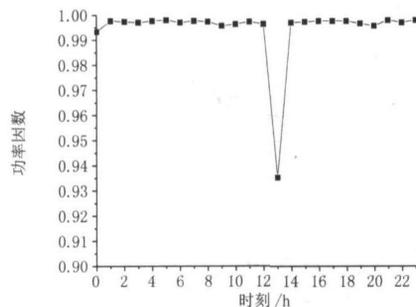


图 4 八村配变低压侧功率因数曲线

Fig 4 Power factor curve at the transformer's low-voltage side in 0.4 kV Bacun rural network

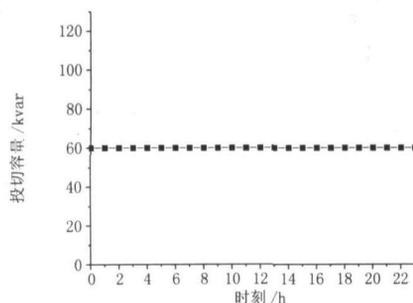


图 5 九村加油站电容器投切曲线

Fig 5 Switching curve of capacitor banks in 0.4 kV Jiucun Oil Station rural network

曲线基本同时到达峰值, 14: 00左右均有所回落; 15: 00~21: 00, 负荷处于较高的水平, 而电容投切容量也保持了较大的投切容量。从图 4则可看出, 八村配变的功率因数一直保持在一个较高的水平, 即使是最低值也能大于 0.93。从图 5中可以看到, 九村加油站的电容投切容量一直保持在最大值, 并未随负荷变化而变化, 但其功率因数的平均水平为 0.838。表 1中, 除九村加油站外, 另有 5台配变的功率因数平均值低于 0.9, 它们的补偿度均 45%, 经查证, 原因同九村加油站, 即电容投切未与负荷变化一致, 投切曲线基本为一条直线。其余配变的电容投切容量与负荷变化之间的一致程度和功率因数的关系, 与上面得出的结论也是一致的。

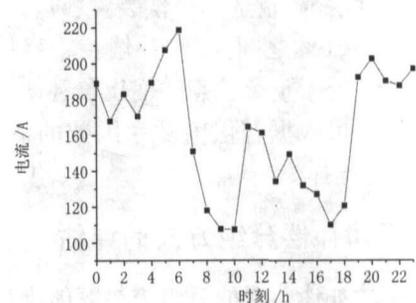


图 6 九村加油站配变低压侧电流曲线

Fig 6 Current curve at the transformer's low-voltage side in 0.4 kV Jiucun Oil Station rural network

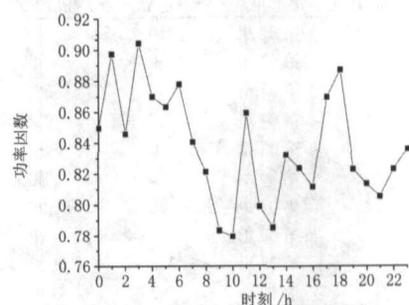


图 7 九村加油站配变低压侧功率因数曲线

Fig 7 Power factor curve at transformer's low-voltage side in 0.4 kV Jiucun Oil Station rural network

综合工业线、天乡线、黄布线及黄泥井线, 对所研究的 24台配变进一步详细分析, 当补偿度为 19.05%~36%时, 0.984 $\cos\phi$ 0.994 4的配变共计 6台; 补偿度为 36%~48%时, 0.958 $\cos\phi$ 0.994 01的配变共有 9台。就以上数据来看, 补偿度为 19.05%~36%时功率因数水平并不比补偿度为 45%~48%时的功率因数差, 甚至稍好。只要投切动作与负荷变化保持一致时, 即可取得到较优的补偿效果。

加, 上升规律与负荷变化保持一致; 13: 00左右两条

在此,进行验证如下,假定变压器的容量为 A , 负载率为 β , 补偿前和补偿后的功率因数分别为 $\cos \phi_1$ 和 $\cos \phi_2$, 由无功补偿装置提供的无功功率为 Q , 则补偿度为:

$$\frac{Q}{A} = \beta \{ \tan [\arccos(\cos \phi_1)] - \tan [\arccos(\cos \phi_2)] \} \times 100\% \quad (1)$$

当按照变压器最大负载率为 75%, 负荷自然功率因数为 0.85, 补偿到变压器最大负荷时其高压侧功率因数不低于 0.95 考虑时^[14], β 为 21.8%; 若考虑负荷自然功率因数为 0.80 时, β 为 31.6%。在此次研究中, 电网配变的负荷自然功率因数一般为 0.8 至 0.9。

综上所述, 兼顾投资和补偿效益可以得出如下结论: 在按照配变容量选择补偿装置容量时, 补偿度设定在 19% ~ 36% 之间为好, 补偿装置容量不是越高越好。经常处于重载状态的变压器补偿度应适当提高。补偿度可根据补偿前功率因数的估算值, 利用式 (1) 进行选择。

3 低压无功补偿分组方式的评估

低压无功补偿装置的分组应该既能满足投切精度的要求, 又能避免电容器分组过细带来的造价高、

可靠性等问题。本文从实证角度, 证明了在本次研究中所采用的分组方式的可行性和合理性, 并从数量级角度说明了其投切精度。

在本文中, 无功补偿装置采用的分组方式如表 2 所示。从表 2 可以看到, 本文用到的集中无功补偿装置一般被分为 10 组左右, 最少 4 组。不同组号的电容容量不同, 容量最大的一组电容为 50 kvar, 最小的一组电容为 3 kvar, 通过对不同大小的电容组合可得到不同时刻所需的不同容量。每组电容器的容量一般有几个等级: 10 kvar, 20 kvar, 25 kvar 和 50 kvar, 容量最小的一组电容器为 3 kvar 左右, 3 kvar 一般用作分相投切, 也适合实际中配网不平衡度较低的情况。

在这种分组方式之下, 装有集中无功补偿装置的 24 台变压器中, 17 台配变的功率因数的数学期望都处于一个较好的水平, 其中仅有两台为 0.945 (象山新村电房和顺城农网), 其余均 0.958, 一般都在 0.98 以上。进一步对表 1 中配变所对应的功率因数曲线进行观察, 可知 70.8% 的配变其功率因数曲线均处于比较好的水平。可见这种分组方式在工程实际中, 已能取得较优的投切效果。

表 2 无功补偿装置总容量与分组

Tab 2 Total capacity of low-voltage compensators and their grouping

装置额定容量 /kvar	电容组别	分组容量 /kvar	补偿方式	接线方式	装置额定容量 /kvar	电容组别	分组容量 /kvar	补偿方式	接线方式
240	第 01 组	50	三相		180	第 01 组	20	三相	
	第 02 组	50	三相			第 02 组	25	三相	
	第 03 组	50	三相			第 03 组	25	三相	
	第 04 组	20	三相			第 04 组	25	三相	
	第 05 组	20	三相			第 05 组	25	三相	
	第 06 组	20	三相			第 06 组	25	三相	
	第 07 组	20	三相			第 07 组	25	三相	
	第 08 组	3.33	A 相	Y - A		第 08 组	3.33	A 相	Y - A
	第 09 组	3.33	B 相	Y - B		第 09 组	3.33	B 相	Y - B
	第 10 组	3.33	C 相	Y - C		第 10 组	3.33	C 相	Y - C
180	第 01 组	20	三相		120	第 01 组	25	三相	
	第 02 组	20	三相			第 02 组	25	三相	
	第 03 组	25	三相			第 03 组	25	三相	
	第 04 组	25	三相			第 04 组	20	三相	
	第 05 组	25	三相			第 05 组	15	三相	
	第 06 组	25	三相			第 06 组	10	A 相	Y - A
	第 07 组	25	三相			第 07 组	10	B 相	Y - B
	第 08 组	3.33	A 相	Y - A		第 08 组	10	C 相	Y - C
	第 09 组	3.33	B 相	Y - B					
	第 10 组	3.33	C 相	Y - C					
90	第 01 组	20	三相		60	第 01 组	10	三相	
	第 02 组	20	三相			第 02 组	20	三相	
	第 03 组	20	三相			第 03 组	20	三相	
	第 04 组	20	三相			第 04 组	10	A 相	Y - A
	第 05 组	10	A 相	Y - A		第 05 组	10	B 相	Y - B
	第 06 组	10	B 相	Y - B		第 06 组	10	C 相	Y - C
	第 07 组	10	C 相	Y - C					

下面从实际的数据来进一步说明这种分组方式的合理性。根据现有的计量条件,给出了黄泥井线#2配变10月10日的运行记录。以表3的第一行为例进行说明,在00:00时,前一小时时间段内,该配变低压出口处在补偿后流过有功功率223 kWh,无功功率17 kvarh,补偿后的功率因数为0.997 11,此时的无功补偿装置的投切电容容量为106.66 kvar,最后一列中列出了被投入的电容组号,分别是第2、3、8、10组,容量分别为50 kvar、50 kvar、3.33 kvar、3.33 kvar(见表2),由此组合而成所需要的总容量106.66 kvar。由表3可以看出,该配变每小时所需无功容量从20 kvar到169.9 kvar不等。很明显,在不同时刻,这种分组方式均能组合出满足不同无功

需求的投切方式,并且能取得理想的补偿效果。

针对10 kV等级的配网,配变在一小时内的所需补充的无功,一般均处于 10^2 (kvar)这一数量级,则容量最大的一组电容器的容量及中等大小的电容器容量保持在 10^1 (kvar)这一数量级较优,可选择分为50 kvar、25 kvar或20 kvar和10 kvar。无功补偿装置总容量越大,容量最大的一组电容器的容量也相应选大。最小的一组电容容量可选择为3 kvar,用于分相补偿。通过不同大小的电容组合就可以比较准确地实现不同大小的无功要求,如表3最后一列所示。在实际工程中,这种分组方式能保证误差不超过2 kvar。

表3 黄泥井线#2配变低压无功补偿装置投切记录

Tab 3 Switching record of low-voltage compensators of transformer # 2 in 10 kV Huangnijing network

时间	有功电量 /kWh	无功电量 /kvarh	补偿后的功率因数	无功投切容量 /kvar	投入电容组号
0:00	223	17	0.997 11	106.66	2+3+8+10
1:00	172	18	0.994 57	76.66	3+4+8+10
2:00	132	11	0.996 55	50	3
3:00	118	10	0.996 43	50	3
4:00	104	13	0.992 28	23.33	4+8
5:00	97	12	0.992 43	23.33	4+8
6:00	97	10	0.994 73	20	4
7:00	92	10	0.994 14	20	4
8:00	96	12	0.992 28	119.99	2+4+5+6+8+9+10
9:00	196	12	0.998 13	166.66	2+3+4+5+6+9+10
10:00	220	13	0.998 26	169.99	2+3+4+5+6+8+9+10
11:00	246	13	0.998 61	169.99	2+3+4+5+6+8+9+10
12:00	243	17	0.997 56	109.99	2+3+8+19+10
13:00	129	17	0.991 43	43.33	4+5+10
14:00	174	17	0.995 26	149.99	2+3+4+6+8+9+10
15:00	223	19	0.996 39	149.99	2+3+4+6+8+9+10
16:00	229	21	0.995 82	149.99	2+3+4+6+8+9+10
17:00	243	16	0.997 84	163.33	2+3+4+5+6+9
18:00	254	14	0.998 48	100	2+3
19:00	206	20	0.995 32	169.99	2+3+4+5+6+7+8+9
20:00	301	39	0.991 71	169.99	2+3+4+5+6+7+8+9
21:00	298	38	0.991 97	169.99	2+3+4+5+6+7+8+9
22:00	309	37	0.992 91	169.99	2+3+4+5+6+7+8+9
23:00	303	31	0.994 81	169.99	2+3+4+5+6+7+8+9

注:每组电容具体容量大小见表2。

综上所述,综合经济性和精度要求,10 kV等级的配电网装设的集中无功补偿装置分组不宜过多,小于10组已经完全能满足要求,组内电容容量分配应按照配变最大供电量来合理配置,通过不同大小的电容组合来实现不同大小的无功要求。

4 结论

本文结合广东电网公司的配电网低压无功补偿

试点工程,对补偿配置的补偿度和电容器的分组方式进行了实证的研究,得到比较合理的结论。通过对典型配网进行无功补偿,并根据不同的负荷水平进行电容器的投切,达到减少网络损耗、消除过载和改善电压分布的效果。

1) 采用运行功率因数的定包络线控制策略能保证无功补偿装置随时监测电网的无功需求情况,及时进行补偿,杜绝了仅保证一段时期内无功投切

量、配变平均功率因数虚高的现象。

2) 补偿度设定在 19% ~ 36% 之间为好, 补偿装置容量不是越高越好, 关键是需要保证补偿装置动作与负荷变化基本保持一致。可根据补偿前的功率因数的估算值, 利用式 (1) 进行计算。

3) 综合经济因素和精度要求, 无功补偿装置分组不宜过多, 小于 10 组已经完全能满足要求。容量最大的一组电容器数量级选择为 10^1 (kvar), 可选择分为 50 kvar, 25 kvar, 20 kvar 和 10 kvar 几个等级; 容量最小的电容器容量小于 10 kvar 即可, 一般选择分为 3 kvar 左右, 不必向小数点后精确。适当配置分相补偿的电容器组, 一般取三组, 每组 3 kvar 左右。通过不同大小的电容组合就可以比较准确地实现不同大小的无功要求。

参考文献:

- [1] 任丕德, 刘发友, 周胜军. 动态无功补偿技术的应用现状 [J]. 电网技术, 2004, 28(23): 81-83.
REN Pi-dei, LU Fa-you, ZHOU Sheng-jun The Application Situation of Dynamic Reactive-power Compensation Technology [J]. Power System Technology, 2004, 28(23): 81-83.
- [2] 张勇军, 任震, 廖美英, 等. 10 kV 长线路杆上无功优化补偿 [J]. 中国电力, 2000, 33(9): 50-52.
ZHANG Yong-jun, REN Zhen, LIAO Mei-ying, et al Optimal Reactive Compensation on Tower of 10kV Long Distribution Feeder [J]. Electric Power, 2000, 33(9): 50-52.
- [3] Szabados B, Burgess E J. Optimizing Shunt Capacitor Installation Using Inductive Coordination Principles [J]. IEEE Trans on PAS, 1997, 96(1): 222-226.
- [4] 吴文传, 张伯明. 电容器实时优化投切的最优匹配注入流法 [J]. 中国电机工程学报, 2004, 24(1): 35-39.
WU Wen-chuan, ZHANG Bo-ming Optimal Matching Injected Flow for Optimal Sizing Capacitor [J]. Proceedings of CSEE, 2004, 24(1): 35-39.
- [5] 朱毅, 骆和平. 低压电网无功补偿方式和补偿容量的选择 [J]. 水利科技, 2005, (4): 53-55.
ZHU Yi, LUO He-ping The Way of Reactive-power Compensation for Low Voltage Network and the Capacity of Low Voltage Reactive-power Compensators [J]. Technology of Water Power, 2005, (4): 53-55.
- [6] 陈立新. 电力系统无功功率补偿的探讨 [J]. 电力学报, 2005, 20(4): 63-64, 67.
CHEN Li-xin The Investigation of Reactive-power Compensation for Power System [J]. Proceedings of Power System, 2005, 20(4): 63-64, 67.
- [7] Lebow W M, Nadira R R, et al A Hierarchical Approach to VAR Optimal Reactive in System Planning [J]. IEEE Trans on PAS, 1998, 104(8): 2051-2057.
- [8] 崔驰. 低压配网无功补偿浅析 [J]. 电网技术, 2000, 24(7): 71-72.
CUI Chi Preliminary Analysis of Reactive Power Compensation in Low Voltage Distribution Network [J]. Power System Technology, 2000, 24(7): 71-72.
- [9] 马建广, 徐贤, 万秋兰. 无功补偿电容器分组方案的探讨 [J]. 电力自动化设备, 2004, 24(6): 91-92.
MA Jian-guang, XU Xian, WAN Qiu-lan Discussion on Division of Compensation Capacitor Banks [J]. Electric Power Automation Equipment, 2004, 24(6): 91-92.
- [10] 电力工业部电力规划设计总院. 电力系统设计手册 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1998.
Electric Power Planning and Designing Institute Manual of Power System Design [M]. Beijing: China Electric Power Press, 1998.
- [11] 王建强. 智能型配电网无功补偿系统 [J]. 电网技术, 2003, 27(7): 80-81.
WANG Jian-qiang Intelligent Reactive Power Compensating System for Distribution Networks [J]. Power System Technology, 2003, 27(7): 80-81.
- [12] 张鹏, 刘玉田. 配电系统电压控制和无功优化的简化动态规划法 [J]. 电力系统及其自动化学报, 1999, 11(4): 51-53.
ZHANG Peng, LU Yu-tian A Simplified Dynamic Programming Approach to Voltage Control in Distribution Systems [J]. Proceedings of the EPSA, 1999, 11(4): 51-53.
- [13] 胡泽春, 王锡凡. 配电网无功优化的分时段控制策略 [J]. 西安交通大学学报, 2002, 36(4): 45-49.
HU Ze-chun, WANG Xi-fan Time-interval Based Control Strategy of Reactive Power Optimization in Distribution Networks [J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 2002, 36(4): 45-49.
- [14] 国家电网公司. 国家电网公司电力系统无功补偿配置技术原则 [Z]. 2004.
State Grid Corporation of China Technical Principle for Reactive Compensation in Power Systems [Z]. 2004.
- [15] 孙成宝. 配电技术手册 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2000.
SUN Cheng-bao Manual of Distribution Technology [M]. Beijing: China Electric Power Press, 2000.

收稿日期: 2006-05-17; 修回日期: 2006-06-02

(下转第 43 页 continued on page 43)

X DNG Yuan-xin, CHEN Yun-ping Analysis and Calculation on the Instantaneous Reactive Power of Three-phase Circuit[J]. Proceedings of the CSU-EPSSA, 2001, 13 (1): 15-17, 40

- [13] 刘和平. TMS320LF240x DSP结构、原理及应用 [M]. 北京航空航天大学出版社, 2002
- LU He-ping Structure, Principle and Application of TMS320LF240x DSP [M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2002

收稿日期: 2006-07-25; 修回日期: 2006-09-17

作者简介:

盛 鹏 (1978 -),男,博士研究生,主要研究方向为新能源电力系统; E-mail: shengkun@mail.iee.ac.cn

孔 力 (1955 -),男,研究员,博士生导师,主要研究方向为电力电子、分布式发电;

裴 玮 (1982 -)男,博士研究生,主要研究方向为新能源电力系统。

Transient stability analysis for stand-alone photovoltaic system

SHENG Kun^{1,2}, KONG Li¹, MAO Lei³, PEI Wei^{1,2}

(1. Institute of Electrical Engineering, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China;

2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China;

3. Dengzhou Power supply Bureau, Dengzhou 474150, China)

Abstract: Voltage instability of a stand-alone photovoltaic power system is studied. According to system's characters and the instability problem in PV system, a simulation model is built by using numerical simulation method in time-domain and instantaneous reactive power theory, and an experimental system is established. The results of simulation and experiment show that the imbalance of reactive power in the system is the main reason of instability. A solution based on instantaneous reactive power theory is presented, which has guiding significance to make PV system run normally.

Key words: stand-alone photovoltaic power system; transient stability; numerical simulation method in time-domain; instantaneous reactive power; reactive power compensation

(上接第 34 页 continued from page 34)

作者简介:

李妍红 (1982 -),女,硕士研究生,研究方向为电力系统暂态稳定分析与最优潮流计算; E-mail: yaoyao_lyh@163.com

陈 荃 (1981 -),女,硕士研究生,研究方向为电力系统

中长期电压稳定分析;

刘明波 (1964 -),男,博士,教授,博士生导师,研究方向为电力系统优化、运行与控制。

Studies on compensatory degree and grouping of low voltage dynamic reactive-power compensator in distribution networks

LI Yan-hong, CHEN Quan, LU Ming-bo

(Electric Power College, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: This paper investigates how to configure the capacity of low voltage dynamic reactive-power compensators and group the capacitors in distribution networks by using practical data from an experimental project in a Guangdong power grid company. Four distribution networks, which all rate at 10kV, are taken as detailed examples and the root mean square value of transient power factor is used as a criterion to evaluate efficiency of compensation. The paper aims to provide a reasonable and feasible criterion for the practical operation of configuring low voltage dynamic reactive-power compensators. At the same time, a feasible control strategy is also introduced, by which the root mean square value of transient power factor can be hold within its expected profile.

Key words: distribution network; low voltage dynamic reactive-power compensation; compensatory degree; capacitor grouping

(上接第 38 页 continued from page 38)

ta-heuristic. Combined with distribution networks, this paper uses Ant Colony System approach to solve distribution reconfiguration problem, builds responding math model and give algorithm. To demonstrate the validity and effectiveness of the proposed method, an example system is studied. The results are also given, which reveal that the proposed method is feasible and effective.

Key words: distribution network; reconfiguration; loss reduction; ant colony system