艾默生 SSL0500B 型光伏逆变器通风机运行控制方式的研究和改进

国家电投集团河北电力有限公司承德分公司 ■ 刘志广* 刘彬彬

摘　要：通过研究总结艾默生 SSL0500B 型光伏逆变器通风机的运行情况，分析出通风机原运行控制方式存在的不合理之处，并提出了改进建议；最终通过对设备耐温、运行可靠性等因素的研究分析，将通风机运行控制方式由原来的自动启停式改为温度和功率共同控制的综合控制式。通过在正北沟光伏电站的实践、观察和统计，发现通风机运行控制方式改进后效果良好，通风机运行时间大幅减少，初步达到了降低通风机维护成本、节约用电量、提高发电效益的目的，这种改进方式对同类型光伏发电企业有较好的借鉴意义。

关键词：SSL0500B 型光伏逆变器通风机；运行控制方式；温控式；功控式；综合控制式；经济效益

0 引言

近年来，受国家相关政策的影响，太阳能光伏发电行业迅速崛起，已成为诸多能源供给形式中非常重要的组成部分。目前，在几乎所有的太阳能光伏发电形式中，逆变器是必定使用且非常重要的电气设备之一，其运行情况的好坏直接影响整个发电系统效率的高低。而通风机几乎是所有光伏逆变器必备且非常重要的附属设备，起到为逆变器功率模块散热、冷却、除尘的重要作用，因此，通风机运行的稳定性直接影响着逆变器运行的安全性、稳定性和使用寿命。部分早期的逆变器由于设计上的一些欠缺，在通风机运行控制方式上存在一些不合理的地方，如果能对通风机运行控制方式进行改进，不但能够保证逆变器安全稳定运行，还能降低通风机维护成本、节约通风机用电量、提高发电效益。

1 现状分析

国家电投集团正北沟光伏电站项目的光伏装机容量为 100 MW_p，分两期建设完成。一期光伏装机容量为 20 MW_p，全部使用艾默生网络能源有限公司生产的 SSL0500B 型集中式光伏逆变器，每台逆变器额定容量为 500 kW，共计 40 台。每台逆变器自带 1 台 R4D450-AK01-01 型通风机，通风机额定功率为 740 W，转速为 1350 r/min，无档调速，恒功率运行。

通风机主要起为逆变器功率模块散热、冷却、除尘的作用，其运行控制逻辑如下：

1) 通风机启动控制逻辑：逆变器总控模块对 10 个功率模块运行情况进行实时监视，当检测

收稿日期：2017-07-23
通信作者：刘志广 (1989—)，男，助理工程师。主要从事新能源发电运行检修方面的工作。18003141917@163.com

2018.02印刷.indd 46 2018-2-24 10:54:13

到 10 个功率模块中任意 1 个模块并网启动时，总控模块即调度通风机控制单板继电器吸合，通风机开始运行。通风机启动控制流程如图 1 所示。

2) 通风机停止控制逻辑：逆变器总控模块对 10 个功率模块运行情况进行实时监视，当检测到 10 个功率模块全部离网时，总控模块即调度通风机控制单板继电器断开，通风机停止运行。通风机停止控制流程如图 2 所示。

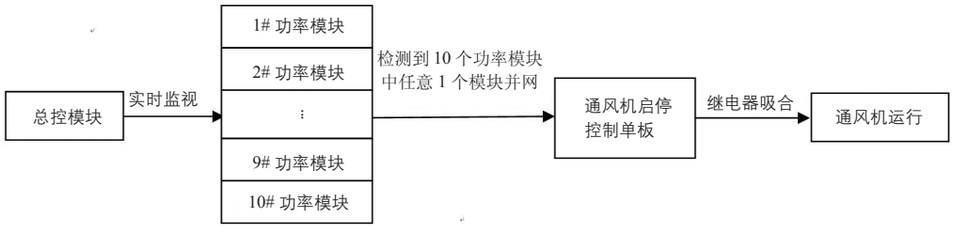

图 1 通风机启动控制流程

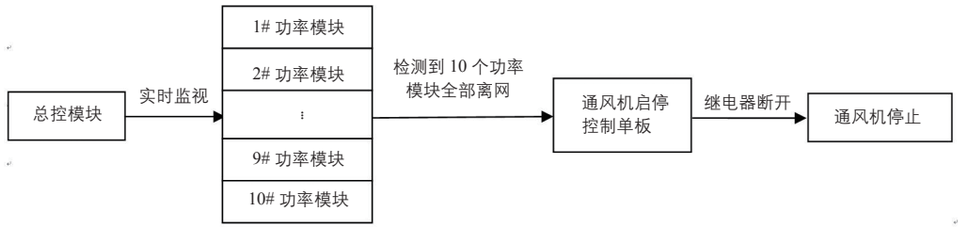

图 2 通风机停止控制流程

从原通风机运行控制逻辑可以看出，通风机的运行时间和逆变器的运行时间是一致的。这种方式的不合理之处在于即使逆变器功率很低，只有 1 个模块并网时，通风机仍是运行的。在承德地区，每年 11 月到次年 2 月期间，天气干冷，环境温度基本在 0 ℃以下，逆变器功率模块内部温度很低，几乎不需要通风机运行来散热。此时通风机运行不仅自身零部件磨损较大，而且浪费了发电量，所以有必要对逆变器通风机运行控制方式进行改进。

2 改进措施

根据逆变器硬件情况及通风机现场运行情况，经过对逆变器发电量、环境温度等条件的统计研究分析，改进通风机运行控制方式基本有 3 种选择。

2.1 温控式

以逆变器装置内部环境温度为判据来控制通风机的启停，即温控式。逆变器本身带有很多温度测点：1) 功率模块内部有很多测点，但这些测点多是与功率器件相连接，主要是触发硬件的过温告警或高温脱扣的；而且有 10 个功率模块、数十个温度测点，在控制上和设计上不容易实现。2) 逆变器装置内部带有一个温度测点，是用来监测逆变器内部环境温度的。如果以此测点为判据，当通风机不运行时，功率模块运行时散出的热量会使逆变器内部环境温度升高，相应的测点监测到温度升高超过某一定值时，通风机启动将热量抽出，使内部环境温度保持在正常范围。显然，以此为判据，比较符合控制逻辑，且不需要添加硬件，只需做软件上的修改，设计上比较容易实现。

对于设置控制温度值为多少较为合适，在统计分析了 2016 年 3～10 月的环境温度、辐照度和逆变器发电量的基础上得出结论，认为控制值在 35～45 ℃之间较为合理。但由于 45 ℃是逆变器硬件老化程度测试的环境温度，即如果设备长期在 45 ℃环境中运行，其相关元器件会达到设

2018.02印刷.indd 47 2018-2-24 10:54:14

计寿命，所以在实际应用时，将温度控制值暂定为 40 ℃。

2.2 功控式

以逆变器总功率大小为判据来控制通风机的启停，即功控式。如果以逆变器功率值为控制条件，优点是控制条件稳定、安全性高，但缺点是适用性较低。例如在夏季环境温度较高时，功率设置值不能太高；而在冬季环境温度较低时，功率设置值又不宜太低，具有季节性特点。根据不同季节并结合运行经验，功率控制设定值在 300～400 kW 的范围内比较合理。

2.3 综合控制式

以逆变器装置内部环境温度和逆变器总功率大小两个因素为判据来控制通风机的启停，即为综合控制式。由前文分析可知，温控式适用性强，但由于温度测点单一，其稳定性和安全性较差；而功控式虽然判据较为稳定，但需季节性调整，不能普遍适用。综合控制式是在综合温控式和功控式的优缺点之后提出的，其控制逻辑是：当逆变器内部环境温度和逆变器总功率 2 个控制条件中任意 1 个满足设置值时，通风机就会启动；当 2 个控制条件同时不满足设置值时，通风机才停止运行。综合控制式不仅适用性强、安全性和稳定性较高，而且还将功率模块过温告警纳入到通风机控制条件中，使逆变器运行更加安全可靠。所以，本文采用综合控制式，其控制逻辑如图 3 所示。

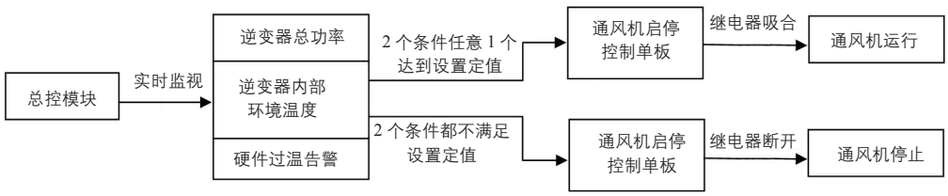

图 3 通风机综合控制式启停逻辑流程

3 改进措施的实施与效果

3.1 改进措施实施

在最终确定以逆变器装置内部环境温度和逆变器总功率为条件来控制通风机运行的方式后，经过与艾默生网络能源有限公司软件工程师协商，对逆变器软件进行升级，并在正北沟光伏电站组织进行了试验实施，确定温度控制定值设置为 40 ℃，功率控制定值设置为 400 kW。

目前，40 台艾默生 SSL0500B 型光伏逆变器已全部进行了升级改造。改造过程中，出现了 2 台逆变器每天早上不能正常并网的异常情况。后经过与厂家共同研究分析，认为由于逆变器机型较老，软件在升级过程中可能出现个别不能兼容的现象，导致系统发生混乱，无法正常控制并网；后经过更换总控模块，逆变器恢复正常运行。为方便统计分析改造后产生的效果，我们还要求厂家对监控面板程序进行了升级，增加了方便统计通风机运行时间的模块，如图 4 所示。

图 4 监控面板程序升级后

3.2 改造后的效果分析

通风机运行控制方式改造工作完成后，40 台逆变器及通风机运行情况良好，未出现异常情况。为统计和分析改造完成后产生的经济效益，选取 11 月 21 日～12 月 20 日这段时间内 40 台逆变器通风机的运行数据进行分析，如表 1 所示。

2018.02印刷.indd 48 2018-2-24 10:54:15

表 1 11 月 21 日~12 月 20 日期间 40 台逆变器通风机的运行数据

逆变器编号	未改造通风机的运行时间 /h	改造后通风机的运行时间 /h	节约时间 /h	节约电量 /kWh	产生的经济效益 / 元
1#	267	4.5	262.5	194.3	194.3
2#	269	4.6	264.4	195.7	195.7
3#	268	4.5	263.5	195.0	195.0
4#	267	4.2	262.8	194.5	194.5
5#	267	4.3	262.7	194.4	194.4
6#	265	4.1	260.9	193.1	193.1
7#	268	4.5	263.5	195.0	195.0
8#	267	4.5	262.5	194.3	194.3
9#	264	4.1	259.9	192.3	192.3
10#	265	4.2	260.8	193.0	193.0
11#	269	4.6	264.4	195.7	195.7
12#	268	4.5	263.5	195.0	195.0
13#	262	4.2	257.8	190.8	190.8
14#	263	4.2	258.8	191.5	191.5
15#	266	4.3	261.7	193.7	193.7
16#	268	4.7	263.3	194.8	194.8
17#	265	4.6	260.4	192.7	192.7
18#	267	4.8	262.2	194.0	194.0
19#	268	4.5	263.5	195.0	195.0
20#	265	4.3	260.7	192.9	192.9
101#	261	4.1	256.9	190.1	190.1
102#	262	4.0	258.0	190.9	190.9
103#	263	4.3	258.7	191.4	191.4
104#	264	4.4	259.6	192.1	192.1
105#	269	4.5	264.5	195.7	195.7
106#	265	4.2	260.8	193.0	193.0
107#	268	4.5	263.5	195.0	195.0
108#	265	4.3	260.7	192.9	192.9
109#	263	4.0	259.0	191.7	191.7
110#	262	4.2	257.8	190.8	190.8
111#	267	4.5	262.5	194.3	194.3
112#	265	4.5	260.5	192.8	192.8
113#	268	4.8	263.2	194.8	194.8
114#	266	4.4	261.6	193.6	193.6
115#	267	4.6	262.4	194.2	194.2
116#	269	4.5	264.5	195.7	195.7
117#	261	4.1	256.9	190.1	190.1
118#	269	4.9	264.1	195.4	195.4
119#	262	4.0	258.0	190.9	190.9
120#	264	4.2	259.8	192.3	192.3
合计	10628	175.2	10452.8	7735.4	7735.4

(转第 53 页)

2018.02印刷.indd 49 2018-2-24 10:54:15

要非常长的时间才能蓄满，这对于无大电网保障的离网型微电网供电的可靠性来说是一个隐患。

假设本文讨论的句容项目为离网型微电网系统，则在满足边界 5 的容量配置情况下，光伏系统需作适当调整，按可靠性的要求，需适当考虑超发过量的情况。如果确定 3 天内可以将 1290 kWh 的电量蓄满，则反算光伏装机容量为：

$$光伏容量=\left(\frac{1290}{3}+258\right)\div\frac{1045}{365}\approx 240\ \mathrm{kW_p} \quad (6)$$

4 结论

本文通篇对句容并网型微电网示例项目进行负荷、发电量统计，并对其所在区域气象条件分析，得出了计算储能电池容量的多个边界条件。最终选择哪个边界条件容量配置作为储能电池的最佳容量配置需由项目实际情况决定。边界 1 是规范要求，需作为校验条件；边界 2 作为只有光伏发电的微电网系统，考虑储能系统的经济价值时必须满足此条件，以三元锂电池为例，其每 kWh 电池充放电一次的成本为 0.5 元，而句容项目的晚间购电成本为 0.83 元；边界 3 是考虑最大限度地保证所发电量能满足微电网系统内全部用户的负荷，因为不考虑余电上网，所以从可能出现高发、低发天气短期循环的气象条件来看，考虑此边界条件有现实意义；边界 4 和边界 5 均是考虑极端天气情况后得出的容量值，综合考虑造价等因素后，这样的容量配置更适合作为离网项目的应用配置。

句容案例综合考虑了边界 2 的廉价和边界 3 的节约，最终拟定选择 385 kWh 的储能电池容量。其实对于一个实际的并网型微电网项目，当全年总发电量大幅超过用电量的话，考虑所用电成本的节约可将容量向边界 3 靠拢；若全年发电量和用电量几乎持平时，可将容量定得更靠近边界 2。

希望本文所描述的研究对象和内容对微电网项目的建设有所帮助，更希望随着技术的发展，储能电池的成本能大幅降低，使储能电池能进行大规模配置，这对新能源时代整个大电网的安全稳定运行有着极其重要的意义。

参考文献

[1] GB/T 33589-2017, 微电网接入电力系统技术规定 [S].
[2] 李富生，李瑞生，周逢权. 微电网技术及工程应用 [M]. 北京：中国电力出版社，2013.
[3] 王成山，许洪华. 微电网技术及应用 [M]. 北京：科学出版社，2016. 太阳能

(接第 49 页)

由表 1 可以看出，通风机运行控制方式改进后，在 11 月 21 日～12 月 20 日这段时间内节约电量约 7735 kWh，产生经济效益约 7735 元。结合运行经验，可以预测全年可以节约用电量约 7.5 万 kWh，再加上通风机维护量减少，产生的综合经济效益约 10 万元。

4 总结

通过对艾默生 SSL0500B 型光伏逆变器通风机运行情况进行跟踪研究，分析出原运行控制方式存在的不合理之处；在做了大量的统计研究分析后对通风机运行控制方式进行了改进，将原来的自动启停式改为由温度和功率共同控制的综合控制式；并且通过实践、观察和统计，发现通风机运行时间大幅度减少，总体运行情况良好，初步达到了降低通风机维护成本、节约用电量、提高发电效益的目的。SSL0500B 型光伏逆变器通风机运行控制方式改进的做法在正北沟光伏电站的成功实施，为同地区同类型的光伏发电企业提供了很好的借鉴。

致谢：此次通风机改造工作得到了上能电气股份有限公司研发工程师陈永康的大力支持，作者在此表示衷心感谢。

参考文献

[1] SSL0500B 光伏并网逆变器用户手册 V1.0[Z]. 艾默生网络能源有限公司，2012.
[2] 肖安昆. 自动控制系统及应用 [M]. 北京：清华大学出版社，2007. 太阳能

2018.02印刷.indd 53 2018-2-24 10:54:16