



## P. T. INDOCEMENT TUNGGAL PRAKASRA, TBK

方案:在 12 个风机上安装变速驱动(VSD)装置以降低电动机能耗

### 摘 要

Indocement 公司是印度尼西亚最大的水泥生产企业之一，成立于 1985 年，目前有 12 个工厂，其中 9 个工厂位于爪哇岛西部茂物市的 Citeureup，2 个位于爪哇岛西部井里汶市 Palimanan 乡，1 个位于南加里曼丹州哥打巴鲁市的 Tarjun。在 6 号工厂中使用了 90 多台风机，它们在水泥生产过程中承担各种各样的任务。在现场使用的很多风机都是由中央控制室(CCR)控制和监测的。在观察一些风机的控制时，我们的团队发现很多风机的进气导叶(IGV) 或挡板控制器已接近于某种极限，使得风机在运行时无法达到其最佳效率。6 号工厂的风机具有最大的节能潜力。优化风机使用的方案是安装变速驱动(VSD)装置来控制带交变负荷的风机。该方案的最初投资为 1,250,000,000.00 印尼卢比，或约 136,000,00 美元(1 美元 =9,200 卢比)。可行性研究表明，采用此方案节省的电能每年可达 5,530,120 kWh，每年的现金流为 2,942,023,799.30 印尼卢比，或约 320,000 美元，资金回收期为 5 个月，温室气体排放量为  $4,608.4 \text{ MWH} \times 0.724 = 3,336.41$  吨  $\text{CO}_2$ /年。三月前将为 2 号和 3 号炉栅安装 6 台换相器，在 2005 年 12 月前还将为 1 号炉栅安装 6 台换相器。变速驱动 (VSD) 控制盘将被安装在 MCC 上。

### 关 键 词

印度尼西亚，水泥，风机和吹灰器，变速驱动 (VSD)

### 观察结果

6 号工厂有 90 多台风机，它们在水泥生产过程中承担各种各样的任务。风机的大小从 5kW 以下到 400kW 以上不等。对这些风机的性能进行优化为减少工厂的单位功率能耗提供了契机，因为据观测，很多风机是在挡板控制器和进气导叶(IGV)的流量调节下做恒速运转。很多在现场使用的风机都是由中央控制室 (CCR) 监控。在观测一些风机的控制时，我们的团队发现很多风机的进气导叶(IGV) 或挡板控制器已接近于某种极限，这使风机在运行时无法达到其最佳效率。由于在运行中风机存在负荷变动，因此需要安装可调节的进气导叶(IGV) 或挡板。在各种运行状况下使进气导叶(IGV) 或挡板的控制与一个进程参数相连接，这样就使得风机的负荷能根据进程的需要进行调节。在下表中，列出了可以节能的最大潜力以及在 6 号工厂中能得到的所有风机的一些现场资料：



表 1: 6 号工厂节能的最大潜力

设备编号.	% IGV 开度 / 挡板	电机功率 (kW)	实际能耗(kW)	实际流量 (m <sup>3</sup> /min)
422-FN1	71	375	227	-
423-FN1	70	375	222	-
426-FN1	68	470	350	-
426-FN2	60	470	369	-
451-FN1	53	2000	-	-
452-FN1	47	2000	-	-
471-FN4	60	110	58	41,312
471-FN5	55	110	58	39,262
471-FN6	55	110	50	41,452
471-FN7	70	110	50	44,125
471-FN8	57	110	-	32,748
471-FN9	40	55	-	27,697
471-FN10	45	45	-	24,835
471-FND	52	-	-	688
471-FNE	52	-	-	380
471-FNF	30	-	-	200
471-FNG	52	-	-	455
471-FNH	44	-	-	446
471-FNI	24	-	-	171
471-FNJ	46	-	-	320
471-FNK	36	-	-	300
521-FN1	60	-	75	-
522-FN1	65	-	75	-

## 方 案

从上述现象中所得的方案如下:

- 风机的容积流率与电动机转速直接成比例，因此，控制风机输出量最有效的方法是控制风机的转速。
- 此外，风机的电动机消耗的电能与电动机转速的三次方成正比，即电动机转速只要降低一点，它所耗功率就会随之大大降低。
- 据估计，通过将进气导叶改为变速控制可节省高达 59% 的电量，而将挡板改为变速控制后可节省的电量则高达 69%。
- 由于调查研究表明，在风机的电动机上安装变速驱动装置(VSD's)来控制风机转速是可行的，因此推荐使用该方法。该方法允许进气导叶或挡板保持 100% 全开状态，通过并调节电动机转速，使其符合负荷要求，从而达到节能目的。但此方法只有在风机的负荷有很大变化时才能使用，即适用于风机的负荷的改变是靠进气导叶或挡板连续或有规律的改变的情况。若进气导叶的运行参数在所有运行工况下都是常数时，就应考虑其它方案，如改变滑动比率或使用变速电动机。
- 在风机上安装 VSD 时，若将电动机直接与风机耦合连接，则会得到其它一些好处。现在许多的风机都是皮带驱动，而皮带的打滑会造成 2-3% 的能量损失。



## 结 果

下图是在 1R 75 kW 冷却风机上所做的变频器测试结果:

表 2: 变频器测试数据

商标 "日立" 将变频器运用到冷却风机的前后的比较 (冷风机 1R 75 KW)											
序号	运用前					运用后				差值	
	挡板 (%)	流量 (m <sup>3</sup> /m)	电流 (A)	Cos j	Daya (KW)	电流 (A)	Cos j	频率 (Hz)	Daya (KW)	Daya (KW)	%
1	0	40	62	0,53	22,74	3	0,18	8,00	0,37	22,37	98,4
2	20	164	78	0,71	38,32	13	0,20	25,61	1,80	36,52	95,3
3	40	265	100	0,81	56,05	63	0,63	43,80	27,47	28,59	51,0
4	60	295	111	0,83	63,75	81	0,76	47,84	42,60	21,15	33,2
5	80	300	116	0,84	67,43	86	0,80	48,94	47,61	19,82	29,4
6	100	300	119	0,84	69,17	97	0,80	50,00	53,70	15,47	22,4

测试在 19/05/2003 进行  
P6 电协会和日立

- 技术上 GP 团队发现在风机上安装变频驱动装置并不困难。

表 3. 节能与改变挡板开度(结果数据)

挡板开度 (%)	节省能量 (%)
0	98,400
5	97,625
10	96,850
15	96,075
20	95,300
25	84,225

设备编号	挡板开度 (%)	节省能量 (%)	安装 VSD's 后所耗能
471FN8MO1	68	31,680	0,683
471FN9MO1	25	84,225	0,158
471FNFMO1	26	82,010	0,180
471FNIMO1	20	95,300	0,047
471FN4MO1	65	32,250	0,678
471FN5MO1	65	32,250	0,678



30	73,150
35	62,075
40	51,000
45	46,550
50	42,100
55	37,650
60	33,200
65	32,250
70	31,300
75	30,350
80	29,400
85	27,650
90	25,900
95	24,150
100	22,400

471FN6MO1	65	32.250	0,678
471FN7MO1	75	30.350	0,697
471FNEMO1	33	66.505	0,335
471FNHMO1	41	50.110	0,499
471FNKMO1	43	48.330	0,517
471FNGMO1	37	57.645	0,424
471FNJMO1	38	55.430	0,446

表 4: 6 号工厂的炉栅冷却器上的冷却风机的节能计算  
假设:

1. (%) 节省能量 :以 3b 为准
2. 功率系数 r: 0.8 (PF 随负荷的变化而变化, 范围 0.3~0.95)
3. 电压: 400 V
4. 运行时间: 1 年运行 300 天
5. 能率: IDR 532 / KWH

序号	设备编号	额定参数		运行参数			% 挡板开度	有变频器		节能 (KW)	节省能量			每年节省资金 (IDR)	
		功率 (kW)	电流 (Amp.)	电流		功率 (kW)		功率 (kW)	电流 (Amp.)		节能 (KW)	每天	每月		每年
				(Amp.)	% 运行							(KWH)			
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	
1	471FN8MO1	55	98	54	55,102	29,8944	68	36,89	20,42	9,47	227,29	6.818,79	81.826	43.531.174,91	
2	471FN9MO1	55	98	48	48,980	26,5728	25	7,73	4,28	22,30	535,09	16.052,68	192.632	102.480.326,42	
3	471FNFMO1	75	140	132	94,286	73,0752	26	16,96	9,39	63,69	1528,44	45.853,23	550.239	292.726.997,95	
4	471FNIMO1	75	140	90	64,286	49,824	20	3,02	1,67	48,15	1155,63	34.668,96	416.028	221.326.658,15	
5	471FN4MO1	110	195	123	63,077	68,0928	65	42,73	23,66	44,43	1066,44	31.993,14	383.918	204.244.206,94	
6	471FN5MO1	110	195	123	63,077	68,0928	65	42,73	23,66	44,43	1066,44	31.993,14	383.918	204.244.206,94	
7	471FN6MO1	110	195	100	51,282	55,36	65	34,74	19,23	36,13	867,02	26.010,68	312.128	166.052.200,76	
8	471FN7MO1	110	195	85	43,590	47,056	75	30,36	16,81	30,25	725,97	21.778,96	261.348	139.036.910,50	
9	471FNEMO1	110	195	140	71,795	77,504	33	24,05	13,31	64,19	1540,59	46.217,66	554.612	295.053.555,66	
10	471FNHMO1	132	242	132	54,545	73,0752	41	27,21	15,06	58,01	1392,25	41.767,37	501.208	266.642.881,21	
11	471FNKMO1	132	242	138	57,025	76,3968	43	29,46	16,31	60,09	1442,04	43.261,30	519.136	276.180.126,53	
12	471FNGMO1	160	294	155	52,721	85,808	37	22,33	12,36	73,45	1762,71	52.881,19	634.574	337.593.541,61	
13	471FNJMO1	160	294	182	61,905	100,7552	38	27,59	15,27	85,48	2051,54	61.546,21	738.555	392.911.011,72	
		1.394							191	640	15.361	460.843	5.530.120	2.942.023.799	

**计算方法:**

- F 栏: %运行 = (Amp. 运行 / Amp. 能率) X 100% = (E 栏 / D 栏) X 100%
- G 栏:运行功率 (kW) = (√3 x V x I x PF)/1000 = 1.73 x 400 x E 栏 x 0.8)/1000
- I 栏:变频器电流 = (100-% 节省能量) x 运行电流 = (100-% 节省能量) x E 栏
- H 栏: 挡板开度数值



## P.T. INDOCEMENT TUNGGAL PRAKASRA, TBK: *Install VSD on 12 fans*

J 栏: 变流器功率 (kW) =  $(\sqrt{3} \times V \times I \times PF) / 1000 = (1.73 \times 400 \times I \text{ 栏} \times 0.8) / 1000$

K 栏: 节省功率 (kW) = 运行功率 - 变流器功率 = G 栏 - J 栏

N 栏: 每年节省的能量 (kWh) =  $24 \times 25 \times 12 \times \text{节省能量} = 24 \times 25 \times 12 \times K \text{ 栏}$

O 栏: 每年节省资金 = 每年节省能量  $\times$  IDR 532 =  $532 \times N \text{ 栏}$

改项目的初期投资为印尼卢比 1,250,000,000.00 或大约 136,000 美元(1 美元 = 9,200 印尼卢比)。根据一些假设合理的测算如下所示:

能量成本 = 印尼卢比 532 per kWh

- 工厂运行 = 300 days
- 节能系数 (%) = 见表. 3

(由平均计算结果中得到假设)

### 经济效益

- 每年资金回收 = 印尼卢比 2,942,023,799.30 或 320,000.00 美元
- 回收期 =  $\frac{Rp.1.250.000.000}{Rp.2.942.023.799,30 / yr} = 5 \text{ 个月}$

### 环境效益

- 功率消耗 = 1394 kW
- 功率节省 = 640 kW
- 每天节能 =  $640 \text{ kW} \times Rp \ 532/kWh \times 24 \text{ h}$   
= Rp 8,172,288.33
- 每年节能 =  $640 \text{ kW} \times Rp \ 532/kWh \times 24 \text{ h} \times 300 \text{ 天}$
- 温室气体排放量:  $4,608.4 \text{ MWH} \times 0.724^* = 3,336.41 \text{ TCO}_2/\text{年}$

\*资料来自 UNEP GHG 计算网: [www.uneptie.org/energy/tools/ghgin/](http://www.uneptie.org/energy/tools/ghgin/)

如需要更多信息, 请联系



Ir. Tussy A. Adibroto 博士

或

Msi Widiatmini Sih Winanti

BPPT - Jl. MH Thamrin 8, BPPT II 大厦 20 层

Jakarta Indonesia

电话: +62 (21) 316 9758/68; 传真: +62 (21) 316 9760;

Ee-m@il:tusyaa@ceo.bppt.go.id; widiatmini@yahoo.com,

项目组长: Gunawan Purwadi

总经理

PT. Indocement Tunggul Prakasa.Tbk

电话: 总部: +62 21 2512121; 工厂 +62 23 8752812; +62 231

343760; +62 518 61000

传真: 总部 +62 21 5701693; 工厂 +62 21 8752956;

+62 231 343617; +62 518 61090

E-m@il 地址: Gunawan@indocement.co.id

### 免责声明:

本案例研究是“亚太地区工业温室气体排放削减计划”(GERIAP)的一部分。尽管UNEP为保证此出版物的内容的正确性做出了不懈的努力,但是UNEP不承担其内容的准确性和完整性的责任,对任何通过使用或者依赖该出版物内容而遭受的损失或者伤害,UNEP概不负责。©UNEP, 2006