පී.ටී. ඉන්දුසිමෙන්ට් ටන්ගල් ප්‍රකස්ර, ටී.බී.කේ.
P. T. INDOCEMENT TUNGGAL PRAKASRA, TBK

විකල්ප මාතෘකාව : මෝටර වල විදුලි පරිභෝජනය අඩු කිරීමට පංකා 12 හි විචල්‍ය වේග ධාවක (Variable Speed Drives, VSD)

විකල්පයේ සාරාංශය

ඉන්දුසිමෙන්ට් ඉන්දුනිසියාවේ ඇති විශාලතම සිමෙන්ති නිෂ්පාදන සමාගම්වලින් එකකි. මෙම සමාගම 1985 දී ස්ථාපනය කරන ලද අතර වර්තමානයේ කර්මාන්තශාලා 12 ක් ආශ්‍රිතව ක්‍රියාත්මක වේ. කර්මාන්තශාලා 12 න් 9 ක් සිතෙරයුප්, බොගොර් බටහිර ජාවා හි දෙකක් පලිමනාන්, සිරෙබන් සහ එකක් ටාර්ජුන්, කොටාබාරු, දකුණු තලිමන්තන් හිද පිහිටුවා ඇත.

සිමෙන්ති නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලියේදී # 6 වන යන්ත්‍රාගාරයේ විවිධ කාර්‍යයන් සඳහා පංකා 90 කට වැඩි ප්‍රමාණයක් යොදාගනී. වැඩ බිමෙහි භාවිතා කරන පංකාවලින් වැඩි ප්‍රමාණයක් පාලනය හා ඇගයීම මධ්‍යම පාලන කාමරය (Central Control Room) මගින් සිදු කරයි. මෙම පංකා පාලනය පිළිබඳව අධ්‍යයනය කරන කල ඒවාට ඇතුල්වීමේ පාලක පෙති (ඉන්ලෙට් ගයිඩ් වේන් / Inlet Guide Vane, IGV) හෝ ඩැම්පර් (Damper) පාලක තිබුනත් බොහෝවිට ඒවා යම් තරමකට වසා තිබීම නිසා උපරිම කාර්‍යක්ෂමතාවයෙන් ක්‍රියාත්මක නොවන බව කණ්ඩායම නිරීක්ෂණය කරන ලදී. # 6 යන්ත්‍රාගාරයේ පංකා බලශක්ති ඉතිරියට වැඩි හැකියාවක් දක්වයි. පංකාවල ක්‍රියාකාරිත්වය උපරිමකරණය සඳහා විකල්පයක් ලෙස පංකාවල විචල්‍යය භාරය පාලනය සඳහා විචලය වේග ධාවක (Variable Speed Driver) සවිකල හැක. මෙම ව්‍යාපෘතිය සඳහා මූලික ආයෝජනය Rp 1,250,000,000.00 හෝ දළ වශයෙන් ඇමරිකා ඩොලර් 136,000,00 (1 US$ =Rp 9,200). සක්‍යතා අධ්‍යනය (Feasibility Study) පෙන්නුම් කරන ආකාරයට නම් වාර්ෂිකව 5,530.120 kWh ක පමණ වාර්ෂික විදුලි ඉතිරියක් සිදු කල හැකි අතර මාස 5 ක ආපසු ගෙවීමේ කාල සීමාවක් සහිත වාර්ෂිකව මුදල් ලැබීම් Rp 2,942,023,799.3 හෝ දළ වශයෙන් ඇමරිකන් ඩොලර් 320,000 සහ හරිතාගාර වායු මුදාහැරීම 4608.4 MWh X 0.724 = 3,336.41 TCO_2 / yr පමණ වලකන බව නිරීක්ෂණය කර ඇත. ශ්‍රේට් 2 හා 3 හි නව පරිවර්ථක සයක් සවි කිරීම මාර්තු මස අවසානයේදී සිදුවන අතර ශ්‍රේට් 1 හි ඉතිරි පරිවර්ථක සය (6) 2005 වර්ෂයේ දෙසැම්බර් මාසය වන විට සවි කිරීමට සැලසුම් කර ඇත. VSD පුවරුව MCC ප්‍රදේශවල ස්ථානගත කරණු ලැබේ.

මූලික වචන

ඉන්දුනිසියාව , සිමෙන්ති පංකා සහ බිලෝවරය, විචල්‍ය වේග ධාවක (VSD)

නිරීක්ෂණ

සිමෙන්ති නිෂ්පාදන ක්‍රියාවලියේ #6 යන්ත්‍රාගාරය පුරා විවිධ කාර්‍යයන් සිදු කරන පංකා 90 කට වැඩි ප්‍රමාණයක් ඇත. පංකාවල ප්‍රමාණයන් <5kW සිට >400 kW දක්වා සැළකිය යුතු සේ වෙනස් වේ. යන්ත්‍රාගාරයේ නිරීක්ෂණය කර ඇති ආකාරයට පංකා ඩැම්පර් හෝ ඉන්ලෙට් ගයිඩ් වේන් (IGV) පාලනයක් සහිතව ඒකාකාර වේගයෙන් ක්‍රියා කරයි. මෙහි අදාල බලශක්ති පාරිබෝජනය අඩු කිරීමට, පංකා ක්‍රියාකාරිත්වය උපරිමකරණය අනගි අවස්ථාවක් සලසා දෙයි. ප්‍රදේශයේ ඇති බොහෝ පංකා ඇගයීම සහ පාලනය සිදු කරනු ලබන්නේ මධ්‍යම පාලක කාමරය (Central Cotoral Room) මගිනි පංකා පාලනය පිළිබඳ අධ්‍යනය කරන කල එහි ඉන්ලෙට් ගයිඩ් වේන් සහ ඩැන්පර් සවිකර තිබුණත් ඒවා බොහෝ දුරට යම් ප්‍රමාණයකට වසා තිබීම නිසා උපරිම කාර්‍යක්ෂමතාවයකින් ක්‍රියා නොකරන බවත් කණ්ඩායම නිරීක්ෂණය කරන ලදී. එක් එක් යොදා ගැනීම් වලදී පංකා භාරය විචල්‍යය වීම නිසා වෙනස් කල හැකි IGV (Inlet Guide Vane) හෝ ඩැම්පර්ස් අවශ්‍ය වේ. මෙම එක් එක් අවස්ථාවන්හිදි IGV හෝ ඩැම්පර් පාලක පරාමිතියකට සම්බන්ධ කර තිබීම නිසා පංකා භාරය අවශ්‍ය පරිදි සකස් කර ගත හැක.

6 යන්ත්‍රාගාරයේ ශක්ති ඉතිරිය සඳහා ඇති උපරිම හැකියාව සහ සියලු පංකාවල ලබාගත හැකි ක්ෂේත්‍ර දත්ත පහත වගුවෙන් ලබා ගත හැක.

වගුව 1 : # 6 යන්ත්‍රාගාරයේ බලශක්ති ඉතිරිය සඳහා ඇති උපරිම හැකියාව

පංකා අංකය	IGV /Damper හි විවෘත කර ඇති %	මෝටරයේ ප්‍රමාණය (kW)	සත්‍ය බලශක්ති පාරිභෝජනය (kW)	සත්‍ය ගලායාමේ සීඝ්‍රතාවය (m^3/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	-

විකල්ප

ඉහත නිරීක්ෂණයන්ගෙන් එළඹිය හැකි විකල්පයන් නම්

* පංකාවක පරිමාමිතික ගලායාමේ සීඝ්‍රතාවය මෝටරයේ වේගයට අනුලෝමව සමානුපාතික වේ. එනයින් පංකාවේ වේගය පාලනය කිරීම මගින් එහි ගලායෑම පාලනය කිරීම කාර්යක්ෂම ක්‍රමයයි.
* තවද පංකා මෝටරය පරිභෝජනය කරන ලද බලය, මෝටරයේ වේගයේ තුනෙහි බලයට (වේගය^3) සමානුපාතික වේ. එනම් මෝටරයේ වේගයෙහි ඉතා කුඩා අඩුවීමකට බලය විශාල වශයෙන් අඩු වීමක් සිදු වේ.
* IGV වෙනුවට විචල්‍ය වේගය පාලකයන් යොදා ගැනීමෙන් බලශක්ති ඉතිරිය 59% දක්වා වැඩි කරගත හැකි බවද , ඩැම්පර් වෙනුවට විචලය වේග පාලකයන් යොදා ගැනීමෙන් 69% ශක්ති ඉතිරියක් ලබාගත හැකි බවද ඇස්තමේන්තු කර ඇත.
* එම නිසා පරීක්ෂණයකින් සාර්ථකව සිදුකල හැකි බව පෙන්වා ඇති අවස්ථාවලදී, පංකාවල වේග පාලනය සඳහා විචලය වේග ධාවක (VSD) සවිකර ඇත. මෙමගින් ඇතුල්වීමේ පාලක පංකා (Inlet Guide Fans) හෝ ඩැම්පරයක් 100 % විවෘතව තිබියදී භාර අවශ්‍යතාවයන්ට ගැලපෙන පරිදි මෝටරයේ වේගය හැසිරීම මගින් සැළකිය යුතු ප්‍රමාණයේ බලශක්ති ඉතිරියක් සිදුවේ. මෙය යොදා ගත යුත්තේ පංකා භාරයේ විශාල වෙනසක් සිදුවුව හොත් පමණි. එනම්

IGV සහ ඩැම්පරයන් සහිත පංකාවල සැකැස්ම නිරතුරුව හා අඛණ්ඩව වෙනස් වුවහොත් පමණි. IGV සැකැස්ම සියලුම තත්වයන්හිදී සමාන්‍යයෙන් ඒකාකාරී නම්, කප්පි අනුපාතය (Pulley ratio) හෝ බහු වේග මෝටර (Multi Speed Motor) ඇතුලුව වෙනත් විකල්ප ගවේශණය කල යුතුය.

- VSD සවි කිරීම සුදුසු පංකා කෙළින්ම මෝටරයට බද්ධ කිරීමෙන් වැඩිපුර වාසි ලබා ගත හැක. දැනට පංකා වැඩි ගණනක් පටි ආධාරයෙන් ධාවනය වන අතර මෙහි ප්‍රතිඵලයක් ලෙස පටි ලිස්සායාම තුලින් 2-3 % ජව හානියක් සිදුවේ.

ප්‍රතිඵල

1R 75 kW සිසිලන පංකාවේ පරිවර්තක පරීක්ෂාවේ ප්‍රතිඵල පහත දැක්වේ

වගුව 2: පරිවර්තක පරීක්ෂාවේ දත්ත

“හිටාචි” (Hitachi) වෙළඳ නාමය
සිසිලන පංකාවේ පරිවර්තකය (inverter) භාවිතා කිරීමට
පෙර හා පසු සංසන්දනය (සිසිලන පංකා 1R 75 kW)

No.	පෙර					පසු				වෙනස	
	ඩැම්පර් (%)	ගැලීම (m^3/m)	ධාරාව (A)	Cos j	බලය (KW)	ධාරාව (A)	Cos j	සංඛ්‍යාතය (Hz)	බලය (KW)	බලය (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**

පරීක්ෂණය 19/05/2003 සිදු කර ඇත.
P_6 විද්‍යුත් පාර්ශවය සහ හිටාචි

පංකාවල VSD සවිකිරීම , CP කණ්ඩායමට එතරම් අපහසු කාර්යයක් නොවේ.

වගුව 3 : ශක්ති ඉතිරියට එරෙහිව ඩැම්පර විවරය (දත්ත ප්‍රතිඵල)

වගුව 3 a : අතරමැදි ශක්ති ඉතිරිය

1R 75 kW පංකාවෙහි දත්ත ප්‍රතිඵල

ඩැම්පර විවරය (%)	ශක්ති ඉතිරිය (%)
0	98,400
5	97,625
10	96,850
15	96,075
20	95,300
25	84,225
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

වගුව 3b: VSD සාදා සහ ඩැම්පරයන් % සත්‍යවශයෙන්ම විවෘත කල හොත් ශක්ති ඉතිරිය

උපකරණය	ඩැම්පර විවරය සත්‍ය (%)	ශක්ති ඉතිරියට (%)	VFD හැදුවට පසු ශක්ති භාවිතය
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
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

වගුව 4 : 6 වන යන්ත්‍රාගාරයේ ග්‍රේට් කුලරයේ (Grate Cooler) හි සිසිලන පංකාවේ ශක්ති ඉතිරිය ගණනය කිරීම

<u>උපකල්පනය:</u>

1. (%) ශක්ති ඉතිරිය: 3b වගුව පාදක කොට
2. ජව සාධකය : 0.8 (Pf පාදක භාරය සමග විචලනය, – 0.3 ~ 0.95)
3. වෝල්ටීයතාවය : 400 V
4. ධාවක පැය : දින **300** එක් වර්ෂයකට
5. ශක්ති සීඝ්‍රතාවය : IDR 532 / kWh

අනු අංක	උපකරණය	තක්සේරු ගත		භාවිතය			% ඩැම්පර විවරය	පරිවර්තකය සමග		බල ඉතිරිය (KW)	ශක්ති ඉතිරිය			අවුරුදුපතා මුදල් ඉතිරිය (IDR)
		ජවය (kW)	ධාරාව (Amp.)	ධාරාව		ජවය (kW)		ජවය (kW)	ධාරාව (Amp.)		දිනපතා	මාස්පතා		
				(Amp.)	% Oper.						(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**

ගණනය කරන ආකාරය

F තීරුව : භාවිතය **%** = (භාවිතය ඇම්පියර් - තක්සේරු ගත ඇම්පියර්) x 100% = (තීරුව E / තීරුව D) x 100%

G තීරුව :භාවිත ජවය (kW) = (v^3 X V X I X Pf) / 1000 = 1.73 X 400 X E තීරුව 0.8) / 1000

I තීරුව : ඇම්පියර් පරිවර්තකය සමග = (100-% ශක්ති ඉතිරිය) x භාවිත ඇම්පියර්= (100 - % ශක්ති ඉතිරිය) x තීරුව E

H තීරුව : දත්ත විවෘත ඩැම්පරය

J තීරුව : පරිවර්තකය සමග ජවය (kW) = (v^3 X V X I X PF) / 1000 = (1.73 X 400 X I තීරුව x 0.8) / 1000
K තීරුව : ජව ඉතිරිය (kW) = භාවිත ජවය - පරිවරතකය සමග ජවය = G තීරුව - J තීරුව
N තීරුව : වාර්ෂික ශක්ති ඉතිරිය (kWh) = 24 x 25 x 12 x ජව ඉතිරිය = 24 x 25 x 12 x k තීරුව
O තීරුව : මුදල් ඉතිරිය (IDR) වාර්ෂික = වාර්ෂික ශක්ති ඉතිරිය x IDR 532 = 532 X N තීරුව

ව්‍යාපෘතිය සඳහා මූලික ආයෝජන Rp 1,250,000,000.00 හෝ ඇමරිකන් ඩොලර් 136,000 දළ වශයෙන් (1US$ = Rp 9,200). උපකල්පන කිහිපයක් සහිතව හේතු සහිතව කරන ලද මිනුම් පහත දැක්වේ.

- ශක්ති පිරිවැය = Rp 532 / kWh
- යන්ත්‍රාගාර ක්‍රියාකාරිත්වය = දින 300
- ශක්ති ඉතුරුම් සාධකය (%) = 3 වගුව බලන්න

(සාධක ගණනය කිරීමේ ප්‍රතිඵලවල උපකල්පනය)

මූල්‍ය ප්‍රතිලාභ

- වාර්ෂික මුදල් ලැබීම් වාර්ෂිකව = Rp 2,942,023,799.30 හෝ ඇ. ඩොලර් 320,000.00
- ආපසු ගෙවීමේ කාල සීමාව = Rp 1,250,000,000 / Rp 2,942,023,799,30/YR = මාස 5

පාරිසරික ප්‍රතිලාභ

- ජව පාරිභෝජන = 1394 kW
- ජව ඉතිරිය = 640 kW
- ශක්ති ඉතිරිය දිනකට = 640kW x Rp 532/kWh X 24h = Rp 8,172,288.33

වාර්ෂික ශක්ති ඉතිරිය = 640 kW x Rp 532 / kWh x 24 h x දින 300
GHG / හරිතාගාර වායු මුදා හැරීම 4,608.4 MWh X 0.724* = 3,336.41 TCO_2 /y

* ප්‍රභවය UNEP GHG ගණනය = www.uneptie.org/energy/tools/ghgrn

වැඩිදුර විස්තර සඳහා

Dr. Ir. Tusy A. Adibroto,
Or
Ms Widiatmini Sih Winanti
BPPT - Jl. MH Thamrin 8, BPPT II building 20th floor
Jakarta Indonesia
Ph: +62 (21) 316 9758/68; Fax: +62 (21) 316 9760;
Ee-m@il:tusyaa@ceo.bppt.go.id; widiatmini@yahoo.com,

Team Leader: Gunawan Purwadi
General Manager
PT. Indocement Tunggal Prakasa.Tbk
Ph: head office +62 21 2512121; plants +62 23 8752812; +62 231 343760; +62 518 61000
Fax: head office +62 21 5701693; Plants +62 21 8752956; +62 231 343617; +62 518 61090
E-m@il address: Gunawan@indocement.co.id

Disclaimer:
This case study was prepared as part of the project "Greenhouse Gas Emission Reduction from Industry in Asia and the Pacific" (GERIAP). While reasonable efforts have been made to ensure that the contents of this publication are factually correct, UNEP does not accept responsibility for the accuracy or completeness of the contents, and shall not be liable for any loss or damage that may be occasioned directly or indirectly through the use of, or reliance on, the contents of this publication. © UNEP, 2006.