

SK(주) 상압증류공정 실시간 최적화적용 사례

김도훈

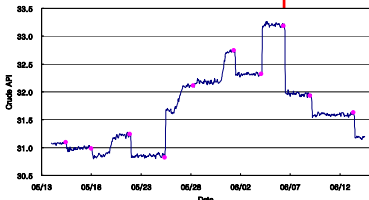
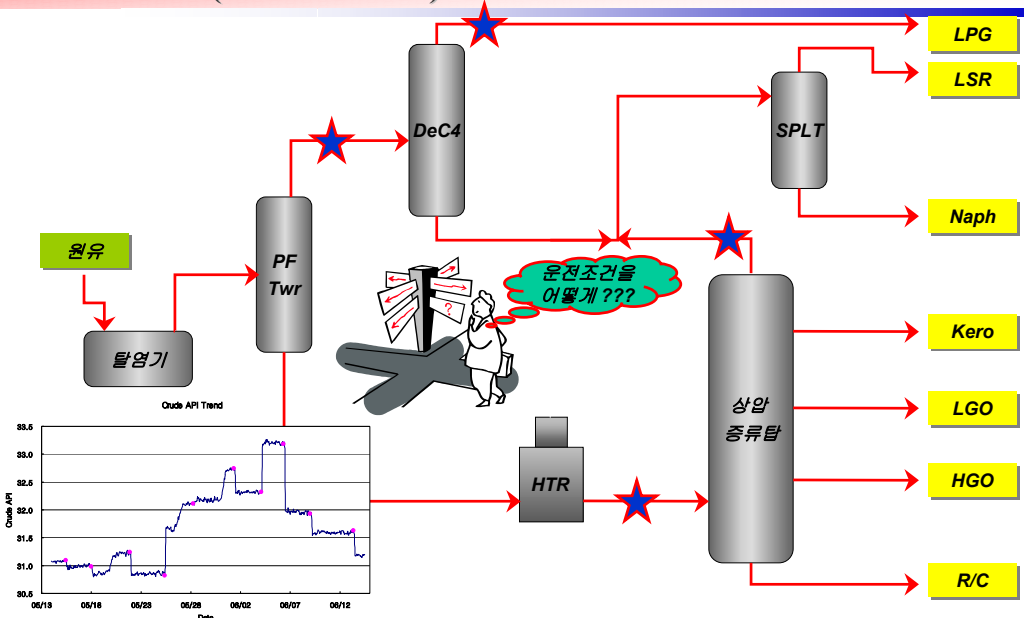
2003.10.24



목 차

1. 공정소개
 - 상압증류 공정
2. 실시간 최적화란 ?
 - 실시간 최적화의 구성
 - 실시간 최적화 Input/Output
 - 실시간 최적화 수행단계
3. SK 성공사례 소개
4. 향후계획

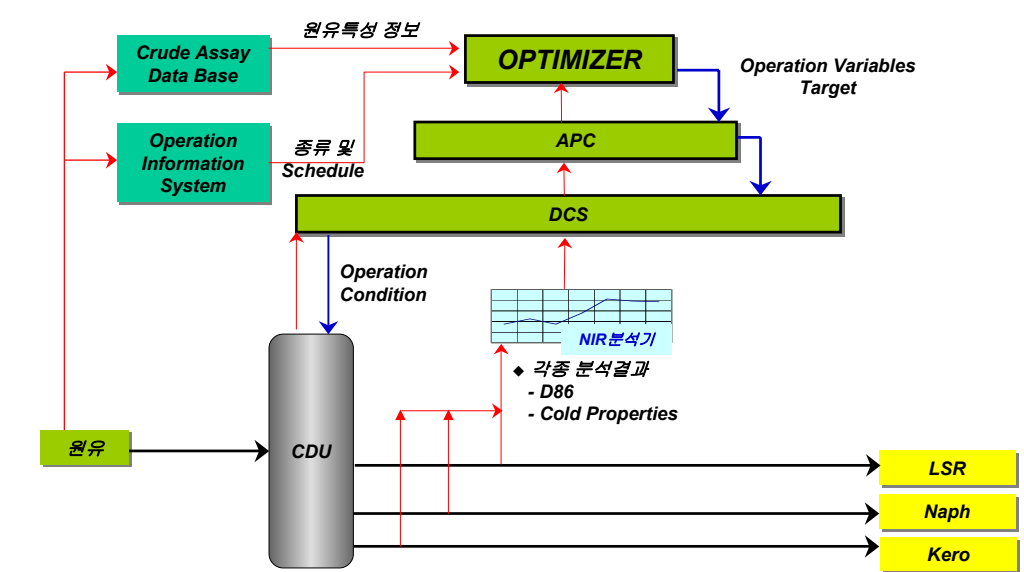
1. 공정 소개(상압증류공정)



화학공학의 이론과 응용 제9권 제2호 2003년

2. 실시간 최적화란 ?

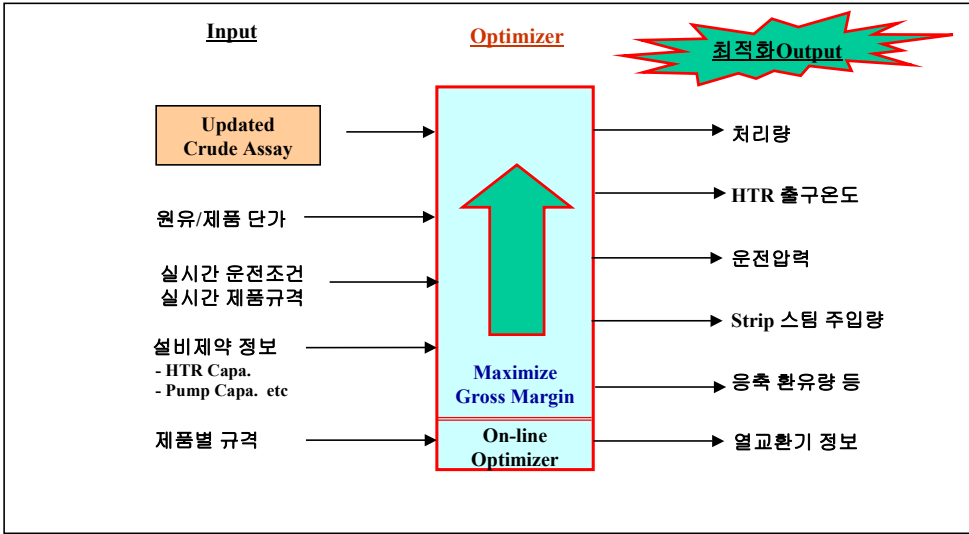
가. 구성



화학공학의 이론과 응용 제9권 제2호 2003년

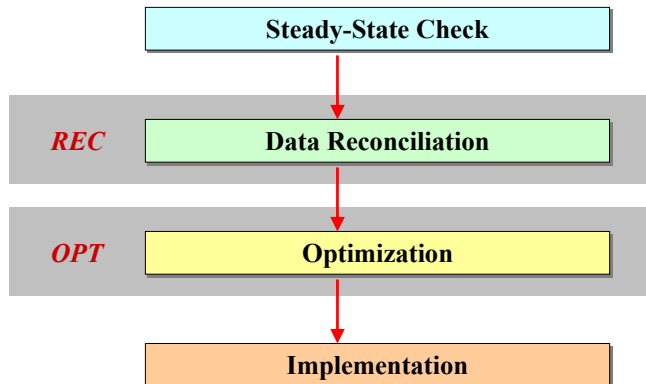
2. 실시간 최적화란 ?

나. Input/Output



2. 실시간 최적화란 ?

다. 수행 단계



2. 실시간 최적화란 ?

Steady-State Check

Data Reconciliation

Optimization

Implementation

다. 수행 단계

✓ Steady-State Check

• Check Method

- 1시간의 데이터 상태를 확인하여 통계적 방법 혹은 이력 (Historical) 방법을 통하여 Steady-State 상태 판정

• Check 변수 : (25개의 공정 주요변수 선정)

- 조업용량
- Heater 운전온도
- Tower의 Top온도 및 압력
- Pumparound flow
- Draw flow 등

2. 실시간 최적화란 ?

Steady-State Check

Data Reconciliation

Optimization

Implementation



2. 실시간 최적화란 ?

Steady-State Check

Data Reconciliation

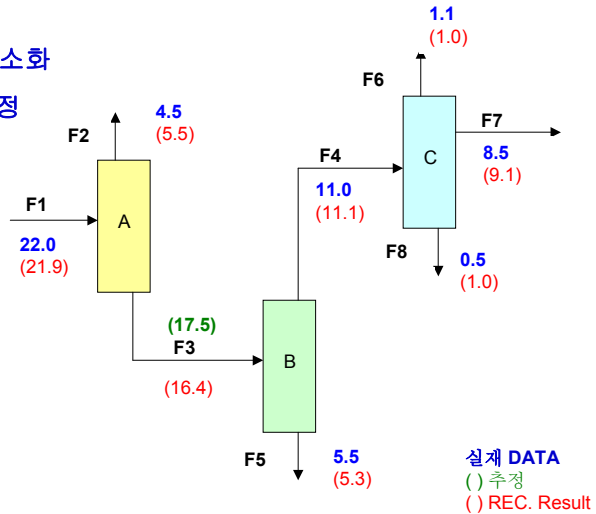
Optimization

Implementation

다. 수행 단계

✓ Data Reconciliation

- Objective Function
 - Offset(Plant – Model) 최소화
- Unknown Measurement 추정
- Balance
 - Material
 - Energy
 - etc



2. 실시간 최적화란 ?

Steady-State Check

Data Reconciliation

Optimization

Implementation

Data Reconciliation 결과 (부분)

Material Balance Summary Report for the CDU3 plant

Total Feed Rates

Tag Name	Description	Plant (KL/H)	Model (KL/H)	OFFSET (KL/H)
FC1501	FEED_RATE	1041.44	1041.44	0.00
FC1539	PFU_BTM_RATE	0.88	0.88	0.00
SUM	TOTAL_FEED_RATE	1042.32	1042.32	0.00

Total PROD Rates

Tag Name	Description	Plant (KL/H)	Model (KL/H)	OFFSET (KL/H)
FC1180	LPG_PROD	20.79	22.01	-1.22
F1213	LSR_PROD	92.98	95.97	-3.00
F1197	NAPH_PROD	99.43	88.42	11.01
FC1076	KERO_PROD	171.33	177.93	-6.60
FC1102	LGO_PROD	167.46	171.24	-3.78
FC1120	HGO_PROD	3.54	3.54	0.00
FC1097	RESID_PROD	491.78	482.15	9.63
SUM	TOTAL_PROD_RATE	1047.31	1041.26	6.04

Convergence summary

Status: Converged

2. 실시간 최적화란 ?

Steady-State Check

Data Reconciliation

Optimization

Implementation

Data Reconciliation 결과 (부분)

Tag	Description	UOM	Plant	Model	Offset	Pspec	Ospec
T1082	CHG_CRUDE_T	C	17.426	17.426	0.000	CONST	CONST
T1564	E1034S-O_T	C	49.219	48.045	1.174	MEAS	PARAM
T1527	E1002_IN_T	C	48.886	48.109	0.777	MEAS	PARAM
T1524	E1036S-O_T	C	48.655	48.400	0.254	MEAS	PARAM
T1528	E1001C-O_T	C	67.851	72.165	-4.315	MEAS	PARAM
T1529	E1005_IN_T	C	93.585	91.953	1.632	MEAS	PARAM
T1532	E1005_OUT_T	C	99.716	99.274	0.442	MEAS	PARAM
T1540	E1041_OUT_T	C	114.095	115.052	-0.957	MEAS	PARAM
T1530	E1038_OUT_T	C	80.724	80.408	0.317	MEAS	PARAM
T1553	E1047_IN_T	C	144.025	143.203	0.822	MEAS	PARAM
T1555	E1047_OUT_T	C	164.165	164.359	-0.194	MEAS	PARAM
T1554	E47-E48_OUT_T	C	159.286	159.186	0.100	MEAS	PARAM
T1558	E1044A_OUT_T	C	177.059	176.133	0.925	MEAS	PARAM
T1560	E1044E_OUT_T	C	175.629	174.314	1.314	MEAS	PARAM
TC1504	PF_FEED_T	C	176.258	173.692	2.566	MEAS	PARAM
TC1506	PF_TOP_T	C	105.317	108.317	-3.000	MEAS	RECON
T1521	E1034_OUT_T	C	76.750	77.405	-0.655	MEAS	RECON
T1522	E1035_OUT_T	C	33.688	31.866	1.823	MEAS	PARAM
T1508	PFR_BTM_T	C	33.760	30.956	2.804	CONST	RECON
T1577	DCD_BTM_T	C	37.033	32.348	4.686	MEAS	PARAM
T1507	PF_BTM_T	C	166.448	164.371	2.077	MEAS	PARAM
T1562	E1054_OUT_T	C	187.884	186.999	0.886	MEAS	PARAM
T1509	E1045_OUT_T	C	246.835	247.106	-0.272	MEAS	PARAM
TATFAVG	AT_HTR_AVG	C	348.164	348.164	0.000	MEAS	CONST
TC1002	AT_HTR_1_T	C	348.164	348.190	-0.026	MEAS	PARAM
TC1020	AT_HTR_2_T	C	348.185	348.185	0.000	MEAS	CONST

화학공학의 이론과 응용 제9권 제2호 2003년

2. 실시간 최적화란 ?

Steady-State Check

Data Reconciliation

Optimization

Implementation

다. 수행 단계

✓ Optimization

• Objective Function

MAX [

(LPG 물량 x LPG가격 + LSR물량 x LSR가격 +

NAPH물량 x NAPH가격 + KERO물량 x KERO가격 +

LGO 물량 x LGO가격 + HGO물량 x HGO가격 +

R/C 물량 x R/C가격) - (Feed물량 x Feed가격)]

화학공학의 이론과 응용 제9권 제2호 2003년

2. 실시간 최적화란 ?

Steady-State Check

Data Reconciliation

Optimization

Implementation

•Optimization 수행결과1

OPTIMIZATION SOLUTION MOVE REPORT 23-SEP-2003 13:56:55

Optimization Case

Optimization Target	OPT CTL	Parameter Value	Optimize Value	RTO Move	Description
P.VALUE_F_1611_	N/A ON	297.0	282.0	-15.00	KERO P/A PLANT OPT VALUE
P.VALUE_FC_1038	N/A ON	13.00	13.00	1.2083E-03	ATW STM OPT Value
P.VALUE_FC_1179	N/A OFF	82.08	82.08	0.0000E+00	HGO PA OPT Value
P.VALUE_FC_1211	N/A ON	322.3	318.0	-4.272	LGO PA D/O OPT Value
P.VALUE_FC_1504	N/A ON	170.2	170.0	-0.2070	TPA E1038 OPT Value
P.VALUE_FC_1505	N/A ON	482.0	452.0	-30.00	TPA E1008 OPT Value
P.VALUE_FC_1521	N/A ON	5974.	5774.	-200.0	PF STM OPT Value
P.VALUE_KERO_FZ	N/A ON	-47.74	-47.50	0.2372	Kero Freeze Opt Value
P.VALUE_LGO_95_	N/A ON	375.7	377.0	1.254	LGO 95% Opt Value
P.VALUE_PC_1128	N/A ON	0.3416	0.3400	-1.6450E-03	ATW Top P Opt Value
P.VALUE_TC_1041	N/A ON	104.3	105.8	1.528	ATW O/H TEMP Opt Value
P.VALUE_LPG_C5_	N/A ON	0.6339	0.3525	-0.2814	LPG C5% Opt Value
P.VALUE_LSR_95_	N/A ON	88.86	89.18	0.3183	LSR 95% Opt Value
P.VALUE_LSR_RVP	N/A ON	0.8112	0.8231	1.1824E-02	LSR RVP Opt Value
P.VALUE_TC_1174	N/A OFF	79.12	77.02	-2.100	DB Tray#6 Opt Move
P.VALUE_PC_1503	N/A ON	1.001	1.001	-8.7356E-05	PF O/H P Opt Value
P.VALUE_PFWA_95	N/A ON	125.2	125.2	3.9834E-03	PF O/H 95% Opt Value
P.VALUE_TC_1002	N/A ON	363.1	362.9	-0.1849	Heater(A) Opt Value
P.VALUE_TC_1020	N/A ON	363.0	362.9	-0.1849	Heater(B) Opt Value

화학공학의 이론과 응용 제9권 제2호 2003년

2. 실시간 최적화란 ?

Steady-State Check

Data Reconciliation

Optimization

Implementation

•Optimization 수행결과2

Profit Summary Report

Objective Function BreakDown

Description	initial Value (M\$/D)	Optimized Value (M\$/D)	Change (M\$/D)
CDU3 Total Profit	7832.45	7896.28	63.83
CDU3 Total Cost	-26341.01	-26341.01	0.00
CDU3 Total Product Value	34173.46	34237.29	63.83

Product Rates

Tag Name	Description	Plant Measured Value (kl/hr)	Optimized Value (kl/hr)	Move (kl/hr)
FC1180	DEC4_LPG	20.70	21.58	0.88
F1213	SPLTR_LSR	59.91	58.94	-0.97
F1197	SPLTR_NAPH	83.45	87.66	4.21
FC1076	KEROSENE	151.49	146.91	-4.57
FC1102	LGO	194.74	196.95	2.21
FC1120	HGO	0.78	0.78	0.00
FC1097	ATOM_RESID	346.81	346.01	-0.81

화학공학의 이론과 응용 제9권 제2호 2003년

2. 실시간 최적화란 ?

Steady-State Check Data Reconciliation Optimization Implementation

다. 수행 단계

✓ Implementation

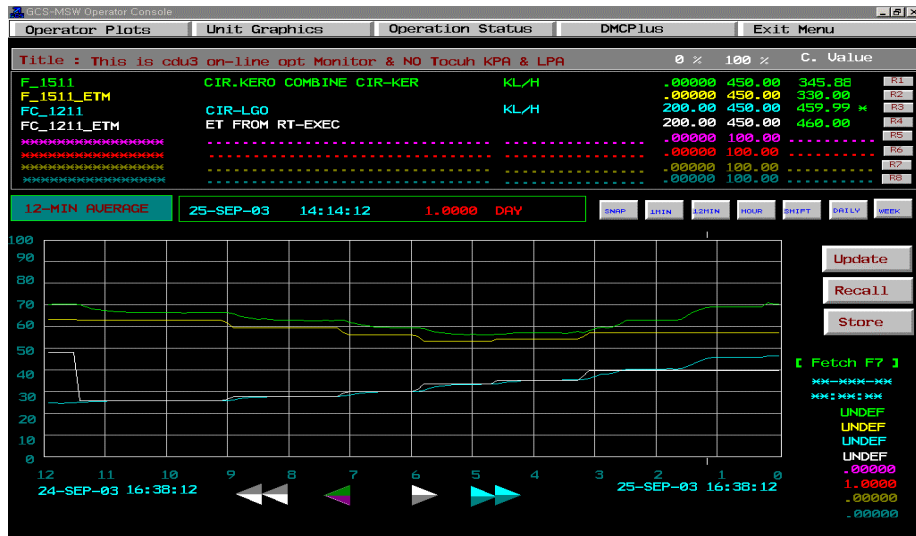
GCS-MSW Operator Console												
CDU3 OPT MONITORING												
RTE STATUS 1.0000												
MASTER SWITCH RTWR PDS												
OPT S/W 1.0000 1.0000												
APC S/W 1.0000 1.0000												
OPT	TAG	LOW	PU	HI	ET	ET CHECK	LP TGT	ACTIVE	APC S/W	OPT SW	OPT ST	MOUE
MV	FC_1501	1125.0	1125.9	1126.0	1127.0	1126.0	1126.0	20.000	-0.0000	1.0000	-0.0000	-0.00351
	PC_1128	.32000	.40000	.42000	.39900	.39900	.39960	21.000	-0.0000	1.0000	-0.0000	-0.00003
	FC_1504	300.00	310.40	310.00	310.00	310.00	310.00	1.0000	-0.0000	1.0000	-0.0000	-0.00287
	FC_1505	580.00	616.27	610.00	610.00	610.00	610.00	1.0000	-0.0000	1.0000	-0.0000	-0.00221
	FC_1509	83.000	109.82	110.00	110.00	110.00	110.00	1.0000	-0.0000	1.0000	-0.0000	-0.00132
	FC_1211	370.00	398.14	450.00	392.03	392.03	397.38	21.000	-0.0000	1.0000	-0.0000	-0.06794
	FC_1038	10.000	11.046	14.000	11.026	11.026	11.026	20.000	-0.0000	1.0000	-0.0000	-0.00107
	FC_1521	4000.0	6052.1	6100.0	6100.0	6100.0	6100.0	1.0000	-0.0000	1.0000	-0.0000	-5.3199
	PC_1503	1.2000	1.2020	1.5000	1.2000	1.2000	1.2000	2.0000	-0.0000	-0.0000	-1.0000	-0.00001
	PC_1188	9.0500	9.3771	10.400	10.199	10.199	9.3727	8.0000	1.0000	-0.0000	-1.0000	-0.00000
CV	TC_1041	104.00	104.87	115.00	105.00	105.00	105.00	20.000	-0.0000	1.0000	-0.0000	-0.00000
	ATNA 95%	140.00	148.78	151.00	142.08	142.08	148.82	-0.0000	-0.0000	-1.0000	-1.0000	-0.00000
	KERO_FL	35.000	34.885	47.000	41.432	41.432	40.321	-0.0000	-1.0000	-0.0000	-1.0000	-0.00000
	KERO_FZ	-55.000	-51.058	-51.000	-51.000	-51.000	-51.000	20.000	-0.0000	1.0000	-0.0000	-0.00000
	KERO 95%	230.00	269.01	275.00	274.50	274.50	260.18	-0.0000	-1.0000	1.0000	-1.0000	-0.00000
	LGO 95%	359.00	378.85	370.00	370.00	370.00	370.00	20.000	-0.0000	1.0000	-0.0000	-0.00000
	LGO CLOUD	-10.000	12.172	20.000	10.000	10.000	8.5450	-0.0000	-1.0000	-0.0000	-1.0000	-0.00000
	PFNA 95%	132.00	135.91	136.00	135.40	135.40	135.40	20.000	-0.0000	1.0000	-0.0000	-0.00000
	CS IN LPA	-0.0000	-25.408	-1.0000	-1.0000	-1.0000	-25.260	11.000	-0.0000	1.0000	-0.0000	-0.00000
	LSR RUP	-70.000	1.0654	1.2000	1.1129	1.1129	1.0640	22.000	-0.0000	1.0000	-0.0000	-0.00000
LSR 95%	93.000	94.179	94.000	93.000	93.000	93.000	20.000	-0.0000	1.0000	-0.0000	-0.00000	

화학공학의 이론과 응용 제9권 제2호 2003년

2. 실시간 최적화란 ?

Steady-State Check Data Reconciliation Optimization Implementation

-Implementation 예



화학공학의 이론과 응용 제9권 제2호 2003년

3. SK 성공사례 소개



화학공학의 이론과 응용 제9권 제2호 2003년

3. SK 성공사례 소개

경제성 검토 결과 (1)

APC 효과

	LPG	LSR	NAPH	KERO	LGO	HGO	RC
APC Off	1.91	8.70	10.62	15.47	17.88	0.33	44.96
APC On	1.90	8.61	10.91	15.81	17.93	0.33	44.39
delta	-0.01	-0.09	+0.29	+0.34	+0.05	-	-0.58
가격(\$/B)	36.55	39.50	37.50	46.60	37.90	31.10	31.10

경제성 = 10,572 \$/Day

OPT 효과 (1)

	LPG	LSR	NAPH	KERO	LGO	HGO	RC
APC	1.85	8.36	10.22	15.58	17.88	0.33	45.67
OPT	1.98	8.44	9.90	15.92	17.86	0.33	45.47
delta	+0.13	+0.08	-0.32	+0.35	-0.03	-	-0.20
가격(\$/B)	39.80	38.90	36.90	47.60	38.40	30.40	30.40

경제성 = 8,694 \$/Day

화학공학의 이론과 응용 제9권 제2호 2003년

3. SK 성공사례 소개

경제성 검토 결과 (2)

OPT 효과 (2)

	LPG	LSR	NAPH	KERO	LGO	HGO	RC
APC	1.87	8.20	9.64	15.14	16.89	0.33	47.84
OPT	1.89	8.13	9.37	15.51	17.57	0.32	47.13
delta	+0.01	-0.07	-0.28	+0.37	+0.68	-0.01	-0.71
가격(\$/B)	39.80	38.90	36.90	47.60	38.40	30.40	30.40

경제성 = 7,142 \$/Day

OPT 효과 (3)

	LPG	LSR	NAPH	KERO	LGO	HGO	RC
APC	1.92	7.48	10.87	15.19	18.30	0.31	45.82
OPT	1.85	7.86	10.64	16.07	17.95	0.31	45.41
delta	-0.08	+0.38	-0.24	+0.88	-0.35	-	-0.59
가격(\$/B)	38.80	36.80	34.70	42.40	35.30	28.80	28.80

경제성 = 8,541 \$/Day

화학공학의 이론과 응용 제9권 제2호 2003년

4. 향후계획

- ✓ 수행중인 과제
 - Crude Distillation Unit 1기
 - FCC(Fluidized Catalytic Cracking Unit)
- ✓ 수행 예정 과제
 - NCC(Naphtha Cracking Center)

화학공학의 이론과 응용 제9권 제2호 2003년