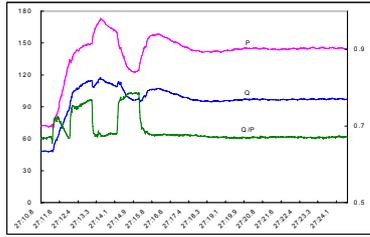


의 70%정도 이다(5).

$$P_{HVDC} = -(P_{HVDC0} + \lambda P_G) \quad (4)$$

$$Q_{HVDC} = 0.7 \times P_{HVDC} \quad (5)$$

$$Z_{HVDC} = P_{HVDC} + jQ_{HVDC} \quad (6)$$



<그림 2> 제주 C/S PQVF 동작 그래프

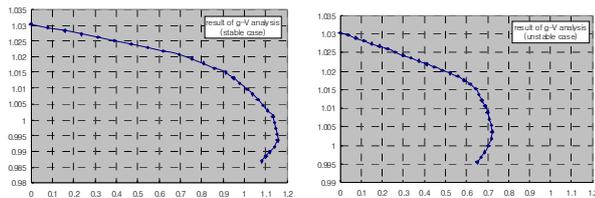
HVDC는 유효전력은 공급해주고 무효전력은 소모하는 부하로 모델링 하였다. 만일 정전력 부하모델을 사용하지 않는다면 전압의 변화에 따라 전송되는 유효전력의 양이 변화하기 때문에 HVDC를 부하로 모델링하는 것은 적절하지 않다. (이 경우에는 HVDC를 발전기로 모델링하면 문제점을 해결할 수 있다.)

$$Z = P_{HVDC} + jQ_{HVDC}$$

<그림 3> HVDC 모델링

3. 발전기 상정고장 해석

$P_{GO}=57MW$ 인 발전기가 탈락하는 경우 λ 가 1인 경우 해가 존재하기 때문에 안정하다고 판단할 수 있다. $P_{GO}=95MW$ 인 발전기 탈락시 λ 가 1인 경우 해가 존재하지 않는다. <그림 4>



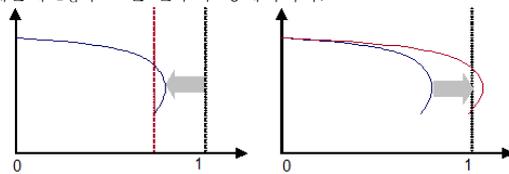
(a) $P_{GO} = 57MW$

(b) $P_{GO} = 95MW$

<그림 4> 발전기 고장시 검토결과

3.1 불안정 대책

발전기 탈락시 불안정한 경우 계통의 안정화를 위해서 다음 두 가지 방법을 생각할 수 있다. 하나는 해당 발전기의 출력값(P_{GO})을 감소시켜 사고의 정도(λ)를 줄이는 방법이고, 다른 하나는 무효전력원을 계통에 투입하여 GV curve가 오른쪽으로 이동하여 λ 가 1인 경우에도 해가 존재하도록 하는 방법이다. 대용량 발전기의 발전 단가는 상대적으로 값이 싸기 때문에 P_G 가 크면 클수록 경제적이다.



(a) 발전출력 제약

(b) 무효전력 공급

<그림 5> 계통안정화 방법

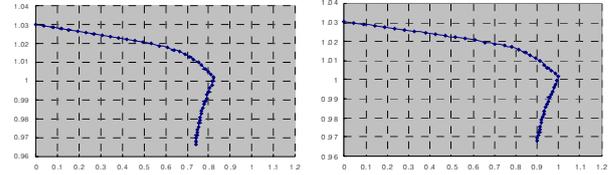
본 논문에서는 기존에 설치되어 있는 설비를 최대한 이용하여 안정도 조건을 만족시키는 방법에 관심이 있기 때문에, 발전기 출력을 감소시키는 방법을 이용하여 안정도 확보를 위한 발전기의 새로운 최대 유효전력 출력값(P_{Gmax}^*)을 찾고 상시운전 허용전압을 만족시키는 범위내에서 계통의 S.C를 추가적으로 투입하여 P_{Gmax}^* 를 보다 증가시켰다.

GV 해석에서 사고가 λ_{max} 만큼 진행되는 동안까지는 해가 존재하기 때문에 발전기의 새로운 최대 출력값은 식(7)이라고 판단할 수 있다.

$$P_{Gmax}^* = \lambda \times P_{Gmax0} \quad (7)$$

따라서, 95MW로 운전하던 발전기의 용량은 약 70MW(95×0.73)로 운전해야 한다. 위험 발전기를 70MW로 운전하는 경우 부족한 유효전력은 제주 계통내의 다른 발전기들이 공급해야 한다. 이미 켜진 발전기로 부족한 유효전력을 공급할 수 없는 경우, 값이 비싼 새로운 발전기를 운전해야 한다. 새로운 발전기를 운전하는 경우 계통에 새로운 무효전력 공

급원이 동시에 생기기 때문에 P_{Gmax}^* 값은 예상값 보다 증가할 것이다. 실제 시뮬레이션 결과에서도 유효전력 보상을 위해 새로운 발전기 2기를 투입하였다. 새로운 발전기 투입으로 계통의 무효전력 공급능력이 증가하였고 그 결과 예상대로 P_{Gmax}^* 이 예상값보다 크게 되었음을 확인하였다. 새로운 P_{Gmax}^* 를 구하기 위해서 발전력이 재분배된 계통에 대하여 GV 해석을 하였다. 계산된 새로운 P_{Gmax}^* 는 78MW($0.82 \times 95MW$)이고 이를 적용한 결과는 <그림 6>에 나와 있다. 계통의 안정도를 유지하면서 출력할 수 있는 최대 P_{Gmax}^* 값은 78MW라고 판단할 수 있다.



<그림 6> 발전기 제약운전 전 SC 투입 검토결과

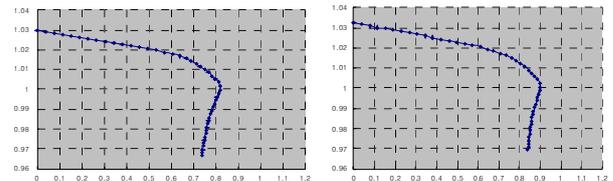
3.2 제약운전 개선방안

전력시장운영규칙에 정의된 전력계통 운영기준(표 1) 한도 내에서 제주 계통내에 투입할 수 있는 S.C를 투입하여 P_{Gmax}^* 을 증가하였다. 전압불안정점에서의 참여인수가 가장 큰 모선에 설치되어 있는 S.C를 우선 순위로 투입하였다.

<표 1> 운전전압 기준 변경

변경 전	변경 후	비고
156±4kV	160±4kV	중부하시
	157±4kV	부하변동시
	156±4kV	경부하시

계통운영기준전압을 만족시키는 범위 내에서 2개 변전소에서 2개의 S.C를 투입하여 20MVar($5MVar \times 2 \times 2$)를 투입할 수 있었고, 이를 투입하여 GV를 해석한 결과는 <그림 7>과 같다. 피크부하시 S.C를 투입하여 부하모선의 전압을 약간 높게(160kV 이내) 운전하는 경우 P_{Gmax}^* 를 85MW까지 증가시킬 수 있다.



<그림 7> SC 운전 전 SC 투입 검토결과

4. 결 론

제주도 계통에서 부하수요 증가에 대비하여 효율적인 대규모의 발전기를 설치하였으나, 발전기 상정고장시 안정성 확보를 위해 발전기에 대한 제약운전을 시도하도록 하였다. 발전기 제약운전에 대한 적정성 검증을 위해 발전기의 유효전력과 HVDC 유무효 전력사용 형태를 파라미터화하여 CPF를 적용하는 GV해석을 도입하였다. 제주계통의 무효전력 안정도 향상을 위해 크게 대규모 발전기의 유효전력 출력을 감소시키는 방법과 무효전력 설비를 투입하는 방법이 있다. 본 논문에서는 이미 설치되어 있는 기기만을 사용하여 안정도를 유지하는 방법에 대해서 논의하였다. 이를 위해서 발전기의 유효전력 출력을 감소시키는 방법을 우선적으로 이용했으며 GV해석 방법을 이용하여 P_{Gmax}^* 를 계산하였다. 또한 전력계통 운영기준을 만족시키는 범위 내에서 S.C를 추가적으로 운전함으로써 P_{Gmax}^* 를 증가시킬 수 있었다. 향후에는 전압불안정점에서의 참여인수와 같은 정보를 분석함으로써 순동무효전력원 및 S.C의 추가적인 투입을 통해 P_{Gmax}^* 를 극대화하는 방안에 대한 연구가 필요할 것이다.

[참 고 문 헌]

[1] V.Ajjarapu and C. Christy, "The continuation power flow: A tool for steady-state voltage stability analysis", IEEE Trans. Power Syst., vol 7, pp. 416-423, Feb. 1992
 [2] C. A. Canizares and F.L.Alvarado, " Point of collapse and continuation methods for large AC/DC systems," IEEE Trans. Power Syst, vol. 8, pp.1-8, Feb. 1993
 [3] C. W. Taylor, Power System Voltage Stability. New York: McGraw Hill, 1994
 [4] P.Kunder, Power System Stability and Control. New York: McGraw Hill, 1994