

수도권 전압안정도 향상을 위한 100MVA STATCOM 위치선정 연구

論 文

56-9-4

The Site Selection of 100MVA STATCOM for Voltage Stability Enhancement in Korean Metropolitan Area

張秉勳[†] · 金守烈^{*} · 韓正烈^{**} · 崔燉根^{***} · 宋和昌[§] · 李炳峻^{§§}
(Byung-hoon Chang · Soo-yul Kim · Jeong-yeol Han · Don-keun Choi ·
Hwa-Chang Song · Byong-Joon Lee)

Abstract - This paper reports a study on determination of the adequate location of 100 MVA STATCOM regarding the transfer capability enhancement on the metropolitan interface as well as the economy in system operation. The base case in the study was established considering a scenario of the energy support to North Korea from the KEPCO (Korea Electric Power Corporation) system through a HVDC interconnection. In the base case, the energy support was approximately modeled with a load of 1500 MW, and by the load addition, the system was weakened in terms of voltage stability and transfer capability. After a thorough investigation on the case, the location of the STATCOM was decided to compensate the reactive deficit of the modified system and to maximize the operational benefit which can be estimated by FV analysis.

Key Words : FACTS, STATCOM, Voltage Stability, KEPCO Power System, Operation Cost

1. 서 론

본 연구의 목적은 100 MVA STATCOM의 투입 위치를 결정하는 데 있으며, 이를 위해 대북 송전과 765kV 2회선 고장상황을 고려하였다. 주요 해석 방법으로 중장기 계통에 대하여 PV 해석 및 VQ 해석을 적용하여 FACTS [1]의 투입 후보지를 전압안정도 [2-5] 관점에서 결정하고, 이 투입 후보지에 대하여 100 MVA 병렬형 FACTS 투입에 따른 경제적 효과를 분석하기 위해 응용전력 해석 (FV 해석) [6]을 수행하였다.

본 연구의 검토 대상 중장기 계통은 중장기 (2008년~2020년) 계통이 해당하며, 연도별 계획계통은 100%, 90%, 80%, 70%, 60% 부하 수준의 네트워크 데이터를 포함하고 있다. 이러한 중장기 계획 계통에 대하여 대북 송전을 모의하기 위해 신덕은 (1350) 모선에 최대부하 시 기준으로 1500 MW의 부하를 추가적으로 투입하였으며, 현재 운영되고 있는 전류형 HVDC의 P/Q 비율을 적용하여 유효부하의 약 70% 무효부하를 투입하여 HVDC에 의한 송전을 정적인 측면에서 모의한다. 최대부하 외의 부하 수준에서는 최대 부하에 대한 비율에 따라 $1500\text{MW} \times (x\%)$ 의 형태로 유효 및 무효부하를 투입

한다. 본 연구에서는 이러한 방법을 통해 결정된 중장기 계통에 대하여 취약 개소를 결정하고 취약 모선에 100 MVA 병렬형 FACTS를 투입한 후 그 영향을 평가하고자 한다.

본 연구에서 적용한 상정고장 목록은 수도권 환상망과 윙통선로 고장을 기반으로 하여 구성하였으며, 345kV 선로에 대하여서는 2회선 루트 고장을 상정하였으며 765kV 선로에 대하여서는 1회선 고장을 상정하였다. 여기에서 발전기 인출 선로에 대한 고장은 제외하였으며, 이는 발전기 인출 선로 고장의 경우 본 연구에서 주로 고려하고자 하는 무효전력 불균형의 문제가 아닌 국부적인 유효전력 불균형에 의하여 유효 및 무효전력 여유가 제한되는 이유에서이다.

2. 해석 방법

2.1 PV 해석

본 연구에서 적용된 PV 해석의 목적은 심각한 상정고장을 선택하는 데 있다. PV 해석을 통해 결정되는 각 상정고장별 유효전력 여유는 시스템 전체에 대한 여유에 해당한다(그림 1 참조).

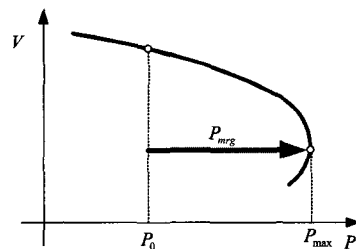


그림 1. 유효전력 여유 (Pmrg)의 개념
Fig 1. Concept of active power margin

† 교신저자, 正 會 員 : 한전전력연구원 선임연구원

E-mail : jang7@kepri.re.kr

* 正 會 員 : 한전전력연구원 선임연구원

** 正 會 員 : 한전전력연구원 일반연구원

*** 正 會 員 : 고려대학교 전기공학과 박사과정

§ 正 會 員 : 군산대학교 전기공학과 교수

§§ 正 會 員 : 고려대학교 전기공학과 교수

接受日字 : 2007年 6月 29日

最終完了 : 2007年 8月 23日

어떤 상태에 있는 계통에 대해 부하증가 및 발전증가의 시나리오를 가지고 위 그림과 같은 P-V 곡선을 작성하고 정적인 전압불안정점 P_{max} 를 구하였다고 하자. 여기에서 유효전력 여유 (P_{mrg})는 $P_{max} - P_0$ 으로 계산할 수 있다. 그리고 % 여유는 해당 계통 상태에 대하여 작성된 PV 곡선으로부터 결정된 P_{mrg} 의 P_{max} 에 대한 비율을 의미한다.

WECC 전압안정도 기준 [7]에 따르면, 'N-1 상정고장의 경우, 시스템은 5% 이상의 유효전력 여유를 가지고 있어야 한다'라고 하는 성능수준을 포함하고 있다. 그러나 본 연구에서는 가장 심각한 상정고장을 선택해야 하는 이유로 2.5% 미만의 유효전력 여유를 갖는 고장에 대한 경우에 대해서만 아주 심각한 고장으로 판단하고 추가적인 상세 해석을 수행한다. WECC 기준에서는 표 1과 같이 A-D에 해당하는 4가지의 성능수준에 대하여 계통의 안전도의 유지를 위한 유효전력 여유 및 무효전력 여유의 한계를 제시하고 있다.

표 1. WECC 전압안정도 기준

Table 1. Voltage stability standard of WECC

성능 수준	계통 외란	MW 여유	MVAr 여유
A	단일 상정사고	> 5%	1)
B	모선	> 2.5%	A수준의 50% 확보
C	이중 상정사고	> 2.5%	A수준의 50% 확보
D	선로, 모선, 발전기의 다중 사고	> 0	> 0

2.2 VQ 해석

다음으로 본 해석에서는 VQ 해석을 수행한다. VQ 해석의 목적은 PV 해석을 통해 결정된 심각한 상정고장에 대하여 무효전력 측면에서 취약 개소를 결정하고자 함이며, 이렇게 결정된 취약 개소는 병렬형 FACTS 기기의 투입 후보지로 선택된다. 일반적인 VQ 해석 방법은 해당 모선에 유효전력 출력값이 0이고 무효전력 발전의 한계가 존재하지 않는 (아주 큰 값을 갖는) 가상 발전기 (동기 조상기)를 투입하고 조류계산을 수행하여 VQ 곡선을 작성한다. VQ 곡선은 각 운전점에서 가상 발전기의 단자 전압과 가상 발전기의 무효전력 출력값을 이용하여 작성한다.

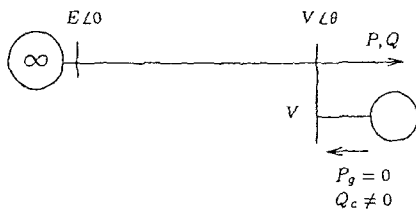


그림 2. VQ 해석을 위한 가상 발전기의 투입

Fig 2. Injection of assumptive generator for VQ analysis

- 1) 무효전력이 가장 부족한 모선에서도 가장 심각한 상정사고에 대한 예상 최대부하 또는 선로조류의 5%를 초과하는 증가를 충족시킬 만큼의 충분한 무효전력을 확보

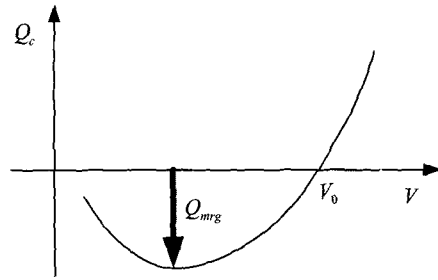


그림 3. VQ 곡선 및 무효전력 여유 (Q_{mrg})의 개념

Fig 3. Concept of VQ curve & reactive power margin

VQ 곡선으로부터 무효전력 여유 (Q_{mrg})를 구할 수 있으며 이는 해당 모선 (지역 모선)에서 무효전력을 어느 정도 더 소모할 수 있는 가를 의미한다. 즉 무효전력 여유는 PV 해석과는 달리 지역적인 개념이며 각 모선에서 다른 무효전력 여유를 갖는다. 따라서 심각한 고장에 대하여 각 모선에서 무효전력 여유를 계산하고 낮은 무효전력 여유를 갖는 모선 또는 지역을 무효전력 측면에서의 취약 개소로 선택할 수 있다.

2.3 취약 개소 선정

본 연구에서는 위에서 언급한 유효전력 여유 및 무효전력 여유해석의 수행 후 이 결과를 토대로 전압안정도 측면에서 취약 지역을 선정한다. PV 해석 (또는 FV 해석)를 통해 결정된 심각한 상정사고에 대하여 각 중요 모선 별로 VQ 해석을 수행한다. 여기에서 무효전력 여유 기준에 미치지 못하는 모선 또는 충분한 여유를 갖지 못하는 모선을 취약위치로 선정한다. 다음은 적용된 취약 모선 선정에 관한 절차를 간략하게 설명하고 있다.

- 1) PV 해석을 통한 심각한 상정사고 결정
- 2) 기본 상태에서 VQ 해석
 - 본 연구에서는 200MVAr 미만의 모선을 취약 모선으로 선정
- 3) PV 해석 후 조류계산이 수행되는 경우에 대해 FV 해석을 수행함
 - 율통전력 여유에 의한 심각한 사고 결정
- 4) 기본 상태에서의 VQ 해석
- 5) 유효전력 여유 해석에서 계산되지 않는 경우에 Y-V 해석을 통한 취약 모선 선정

2.4 YV 해석 [8]

다음으로 본 연구에서 PV/VQ 해석을 수행할 때 상정고장 적용 후 조류계산 수렴이 되지 않을 때 더 이상 해석을 진행하기 어려운 경우가 존재하였다. 이를 위해 본 연구에서는 YV 해석 방법을 적용하였다. YV 해석은 고장 선로에 대한 탈락 여부를 어떠한 하나의 파라미터 (μ)로 모델하고 이 파라미터의 변화에 따른 조류해의 경로를 추적하는 해석 방법이다. YV 해석을 위하여 해당 선로 (1회선 고장의 예)를 다음과 같이 모델화하여 연속조류계산 (CPF)에 포함시켜 μ 변화에 따른 조류해를 추적한다. YV 해석 모듈을 포함하고 있는 PS Solution VSA는 루트 고장을 함께 해석할 수 있도록 구성되었다.

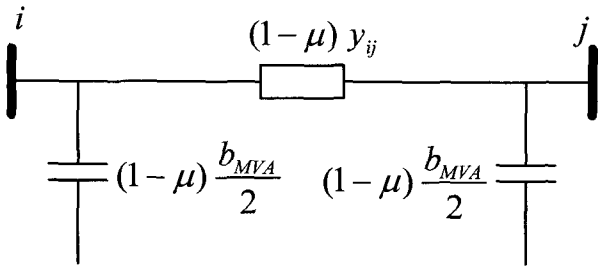


그림 4. YV 해석을 위한 해당 모선의 모델
Fig 4. Bus model for YV analysis

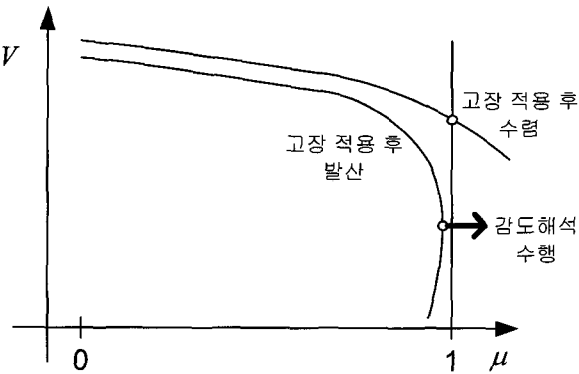


그림 5. YV 곡선의 두 가지 경우
Fig 5. Two case of YV curve

여기에서 탈락 파라미터에 해당하는 μ 가 0일 때는 계통에 아무 고장이 적용되지 않는 정상상태를 의미하며, μ 가 1일 때 해당 선로 (또는 루트)가 탈락된 상태를 나타낸다. 따라서 위 그림에서 YV 곡선 (또는 μ -V 곡선)이 해당 선로 (또는 루트)의 탈락을 의미하는 1을 지나치는 경우는 해당 고장 적용 시 조류해가 수렴하는 경우이며, μ 가 1을 지나치지 않는 경우는 해당 고장 적용 시 조류해가 존재하지 않는 경우를 의미한다. 본 연구에서는 2012년, 2020년의 경우 이러한 조류해의 비 수렴 문제가 발생할 때 YV 해석을 이용하여 YV 곡선을 작성한 뒤, YV 곡선의 꼭지점에서의 감도를 계산하여 취약 모선을 선택하는 데 이용하였다.

2.5 FV 해석을 통한 FACTS 투입에 따른 운전비용 저감 효과 산정

여기에서는 용통전력 해석을 통한 FACTS 투입에 따른 운전비용 저감 효과를 산정하는 방안에 대하여 설명하고자 한다. 아래 표와 같이 해당 부하 수준에 대한 전력수급조건을 고려한 발전력 패턴을 A라고 하자(표 2 참조). A상태는 전력수급조건을 만족하지만 실질적으로 계통이 운전될 때는 여러 가지 제약으로 인하여 A와는 다른 발전력 패턴을 갖게 된다. 제약조건은 발전단이 서로 분리되어 입찰하는 과정에서 시장 원리에 따라 A와 다른 발전력 패턴을 갖게 될 때 발생할 수 있으며, 또한 A의 상태로 계통이 운전될 때 안정도 측면에서 문제가 발생할 여지가 있다면 패턴 A와는 다른 B의 상태로 계통이 운전될 것이다.

표 2. 부하수준별 발전력 패턴 비교

Table 2. Comparison of generation pattern at each load level

분 류	제약조건	구분
Notional Dispatch	전력수급조건	A
Base Case 제약급전계획	계통제약조건	B
FACTS 포함 제약급전 계획	계통제약조건	C

• FACTS 적용시 운전비용 경감액 : $f(B) - f(C)$
 $f(\cdot)$: 해당 상태에 대한 운전비용

우리나라 계통의 경우 비수도권 지역의 발전단가가 수도권 지역의 발전단가보다 값이 싸기 때문에 비수도권에서 수도권 지역을 연결해주는 6개의 용통선로에 흐르는 수도권 용통전력의 양이 하나의 경제성을 평가하는 척도로 적용될 수 있다 [6]. 따라서 본 연구에서는 FACTS 투입에 따른 운전비용 감소를 용통전력 해석 (FV 해석)을 통하여 평가하였다.

용통전력의 양이 증가하면 할수록 운전비용이 저감되나, 반대로 수도권 지역의 무효전력 부족으로 인한 전압안정도 문제가 발생하게 됨으로 어떠한 한계를 갖게 됨은 자명하다. 만일 수도권 지역에 동적인 무효전력원에 해당하는 FACTS가 투입된다면 수도권 용통전력의 한계가 증가될 수 있으며, 위 표에서 C와 같은 발전 패턴을 갖게 될 것이다. 이때의 발전 비용을 계산하여 B상태의 발전비용과의 차액을 구한다면 이것이 바로 FACTS 투입에 따른 운전비용의 경감액이 되며, 이는 FACTS 투입에 의한 경제적인 효과로 이용될 수 있다.

위의 설명은 어느 한 부하수준(snapshot)에 대한 비용 감을 구할 수 있게 되며, 이를 확장하여 연간 운전비용 산정 및 FACTS 운전비용 저감 효과를 살펴보기 위해서 본 연구에서는 Load duration (연중 부하시간)의 개념을 적용하였다.

각 대표 부하 수준별 연중 시간의 개념을 적용했을 때, 연간 운전비용은

$$f_C(P_G) = \sum_{k=1}^n f_{C,k} h_k$$

$f_{C,k}$: 대표 부하수준 k에 대한 총발전비용
 h_k : 대표 부하수준 k의 연중 시간

으로 표현될 수 있다.

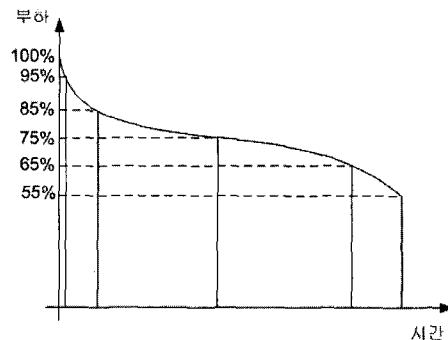


그림 6. 연간 Load duration 곡선
Fig 6. Load duration curve

FACTS 투입에 따른 연간 운전비용 경감액을 산정하기 위해서는 우선적으로 어느 상정고장에 의해서 수도권 유통전력의 한계가 결정되는 가를 판단하여야 한다. (아래 그림 참조) 유통전력 해석 측면에서 가장 심각한 고장에 의하여 수도권 유통전력의 한계가 결정될 것이고, 이 때의 발전 패턴 (B)으로 계통은 운전될 것이다. 다음으로 아래 그림과 같이 FACTS를 투입하는 경우 아래 그림과 같이 수도권 유통전력의 한계가 증가하게 되며 이 상태에 해당하는 정상상태의 발전패턴을 B라고 하자. 그러면 FACTS 투입에 의한 운전비용 경감액은 두 발전 패턴의 운전비용의 차이 ($f(B) - f(C)$)가 될 것이다.

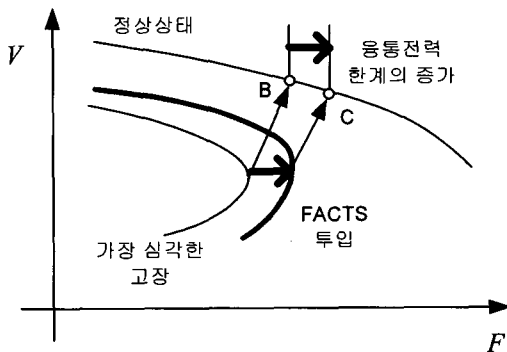


그림 7. FACTS 투입에 따른 유통전력 한계의 증가
Fig 7. Increase of transfer power margin at FACTS injection

FACTS 투입에 따른 운전 이익 극대화를 위해서 우선적으로 FACTS 투입 위치를 선정하는 절차가 진행되어야 한다. 본 연구에서는 위에서 설명한 PV, VQ 및 YV 해석을 적용하여 FACTS 투입 후보지를 결정한다. 이는 FACTS 투입은 동적인 무효전력원에 해당하므로 후보지로 안정도 측면이 우선적으로 고려될 필요가 있기 때문이다.

FACTS 투입 후보지가 선택으로 결정된 FACTS 투입 시나리오에 대한 유통전력 측면에서의 투입 효과를 산정하기 위해 각 대표 부하수준과 함께 각 부하수준의 연중 시간 (아래 표 참조) 을 이용하여 해당년도의 FACTS 투입에 따른 운전이익을 산출할 수 있다.

표 3. 부하수준별 연중시간
Table 3. Duration hour at each load level

구분 (%)	정의	연중시간 (h/year)
100	peak 대비 100%~96%대 부하수준	78
90	peak 대비 95%~86%대 부하수준	1,044
80	peak 대비 85%~76%대 부하수준	3,112
70	peak 대비 75%~66%대 부하수준	2,712
60	peak 대비 65% 이하의 부하수준	1,814

3. FACTS 적용 효과 해석 절차 및 결과 분석

3.1 해석 절차

그림 8은 본 연구에서 수행한 해석 및 FACTS 적용 효과 분석을 위한 절차를 설명하고 있다.

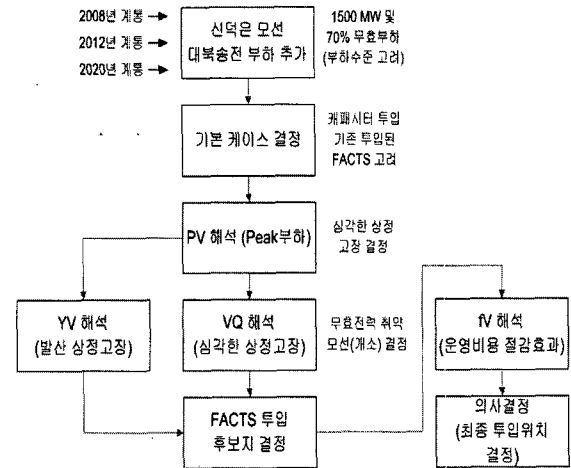


그림 8. 계통 해석 절차
Fig 8. Flow chart of power system analysis

3.2 해석 결과 분석

앞 절에서 설명한 절차를 따라 대복 송전을 고려한 중장기 계통 (2008년, 2012년, 2020년) 에 대한 해석을 수행하고 적절한 FACTS 투입 후보지 선택 및 그 투입 효과에 대한 정량화하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

본 연구의 목적은 중장기 계통에 대한 대복 송전의 불확실성을 고려한 FACTS 투입 위치를 결정하고 100 MVA FACTS 투입에 대한 효과를 산정하는 것이다. 본 연구에서는 FACTS 투입 효과를 검토하기 위해 유통전력 해석 및 대표 부하수준에 대한 연중 부하시간을 이용한 운전비용을 결정하는 해석을 수행하였으며, 이것을 통해 FACTS 투입에 의하여 얼마만큼의 운전비용을 저감할 수 있는 지에 대한 근사적인 정보를 얻을 수 있다.

다음 그림은 2008년 계통에 대한 각 후보지 별 100 MVA FACTS 투입 시 얻을 수 있는 운전 이익을 설명하고 있다.

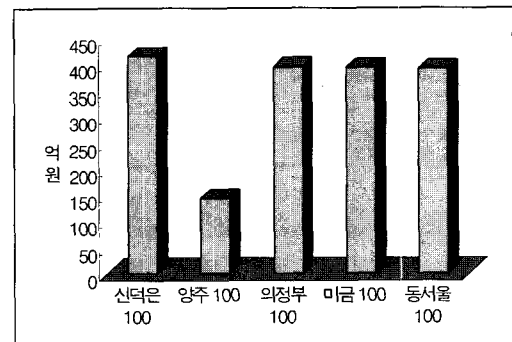


그림 9. FACTS 투입 후보지 별 운전이익(2008년 계통, 100 MVA 투입)
Fig 9. FACTS operation cost saving at each site(100MVA FACTS operation case at 2008)

위 그림으로부터 신덕은, 의정부, 미금, 동서울 등 4개의 투입 위치에 대한 100 MVA FACTS 투입에 따른 운전이익은 거의 비슷한 값을 가지고 있는 것으로 나타났다. 2008년에서 가장 투입 효과가 좋은 위치는 신덕은 모선에 해당한다. (414억원)

다음은 2012년 계통에 대한 투입 후보지 별 운전이익을 나타내고 있다. 여기에서 신용인, 신성남, 동서울, 미금 등의 순으로 100 MVA FACTS 투입에 의한 운전이익이 분포되고 있음을 알 수 있다.

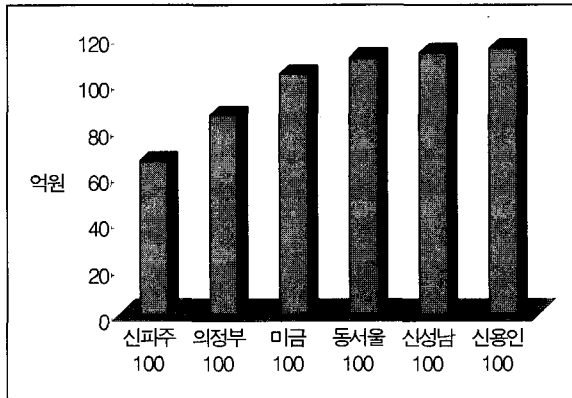


그림 10. FACTS 투입 후보지 별 운전이익 (2012년 계통, 100 MVA 투입)

Fig 10. FACTS operation cost saving at each site(100MVA FACTS operation case at 2012)

2012년 계통 해석에서 주의해야 할 점은 고장 적용 시 조류계산이 발산하는 상정고장의 경우 100 MVA의 FACTS를 후보지에 투입하더라도 조류계산을 수렴시킬 수 없으므로, 해당 고장을 제외하고 유통전력 해석을 수행한 결과라는 것이다. 본 연구에서는 이러한 심각한 고장의 경우 고장 파급 방지 장치가 적용된 상황을 상정하여 해당 고장을 유통전력 해석 시 상정고장 목록에서 제외시켜 계산하였다.

2020년의 경우 PV/ VQ/ YV 해석을 통해 신파주, 의정부, 미금, 동서울, 신성남, 신용인 등 6개소에 해당하는 FACTS 설치 투입 후보지를 결정할 수 있었으나, 유통전력 해석 결과 FACTS 투입에 따른 운전이익이 모든 위치에서 아주 미미한 것으로 나타났다.

본 연구에서는 중장기 계통에 대한 대북 송전의 불확실성을 고려한 FACTS 투입 위치 및 효과 산정 연구를 수행하였다. 대북송전은 국내 계통의 안정성을 위해 HVDC를 이용해서 송전하는 상황 (1500 MW, 신덕은 모선)을 상정하였으며 이러한 대용량의 전력을 전송하기 위해 전류형 HVDC가 적용될 것으로 판단하여 유효전력 전송량의 약 70%의 무효전력을 소비하는 특성을 이용하여 부하로 중장기 계통에 추가로 투입하였다. 본 연구에서는 PV 해석을 통해 2.5% 이하의 여유를 갖는 심각한 상정고장을 선택하고 VQ 해석을 통해 각 모선의 무효전력 여유를 산정한 뒤 FACTS 투입 후보지를 결정하였다. 상정고장 중 PV 해석에서 초기 조류계산이 발산하는 고장에 대해서는 YV 해석을 적용하였으며 이를 통하여 취약 모선 (투입 후보지)을 결정할 수 있었다. FACTS 투입 후보지가 결정된 후, 본 연구에서는 대표 부하

수준에 대하여 유통전력 해석을 수행함과 아울러 연중 시간을 고려한 운전비용을 근사적으로 산정하는 방안을 적용하여 각 후보지에 대한 100 MVA FACTS 투입에 따른 운전이익을 산정하였다.

3. 결 론

중장기 계통에 대한 대북 송전의 불확실성을 고려한 FACTS 투입 위치 및 적용효과 분석연구를 수행하였다. 신덕은(1350) 모선에 1500MW 추가부하 처리하였으며, HVDC 송전을 가정하여 무효전력 부하는 유효부하의 70%로 모의하였다. 2008, 2012, 2020년 계통에 대한 해석 결과, 100MVA STACOM 투입 후보지는 345kV 신덕은, 의정부, 미금, 동서울 모선으로 선정되었다. 적용효과 분석을 위한 F-V 해석 (유통전력 해석)에 따르면, 운전이익 측면에서의 100MVA STACOM 투입 효과는 신덕은, 의정부, 미금, 동서울 순이며, 그 차이는 크지 않았다.

또한, 중장기 계통에 대한 765kV 선로 2회선 고장모의가 765kV 신가평-신태백 및 신안성-신서산 선로에 대해 수행되었다. 조류해가 수렴되지 않을 경우 Y-V 해석을 수행하였으며, Y-V 해석 감도 우선 순위에 따라 100MVA STACOM 투입 후보지는 345kV 미금, 동서울, 의정부, 신용인, 양주, 신성남, 신파주 모선 순으로 나타났다. STATCOM 투입시 전압안정도 마진 개선효과 분석에 의해 765kV 신태백-신가평, 신안성-신서산 루트사고시 모두 투입위치 345kV 미금모선이 가장 적용효과가 우수한 것으로 분석되었다. 계통안정화를 위한 적정용량으로 STATCOM + TSC 조합에 의한 투입용량이 최소 1000MVar가 필요한 것으로 나타났으며, 765kV 신태백-신가평 루트사고시 순동 무효전력 보상 안정 가능하며, 765kV 신안성-신서산 루트사고시에는 순동 무효전력 보상 외에 부하차단과 같은 추가조치가 필요한 것으로 분석되었다.

위의 결과를 종합적으로 분석하여 100MVA SATCOM을 345kV 미금 변전소에 설치할 경우 대북 추가 송전시 운전비용 저감, 765kV 2회선 고장시 수도권 전압 안정도 향상 등에 기여할 수 있는 것으로 결론을 도출 하였다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지원 전력IT 국가전략과제의 일환으로 전력 연구원 주관으로 수행된 결과의 일부임.

참 고 문 헌

[1] CIGRE FACTS SOCIETY, "FACTS OVERVIEW", CIGREL, 95 TP 108, 1995. 4
 [2] CIGRÉ Task Force 38-01-03, "Planning against voltage collapse," Electra vol. 111, 1987, pp. 55-75.
 [3] P. Kundur, *Power System Stability and Control*, McGraw-Hill, 1994.

- [4] C. W. Taylor, *Power System Voltage Stability*, McGraw-Hill, 1994.
- [5] T. Van Cutsem, C. Vournas, *Voltage Stability of Electric Power Systems*, Kluwer Academic, 1998.
- [6] B. Lee, H. Song, S. Kim, S.-H. Kwon, G. Jang and V. Ajarapu, "A study on determination of interface flow limits in the KEPCO system using the modified continuation power flow(MCPF)," *IEEE Trans. Power Systems*, vol. 17, no. 3, Aug. 2002, pp. 557-564
- [7] *Voltage stability criteria, undervoltage load shedding strategy, and reactive power reserve monitoring methodology*, WSCC Final Report, May 1998.
- [8] S. Seo, B. Lee, T.-K. Kim, H. Song, "A Study on the method of the vulnerable area investigation in severe contingencies using branch parameter continuation power flow (BCPF), *KIEE Int'l Trans. Power Engineering*, vol. 5-A, 4, 2005, pp. 390-305.

저 자 소 개



장 병 훈 (張秉勳)

1964년 3월 21일생. 1989년 고려대 공대 전기공학과 졸업. 1992년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 한전 전력연구원 전력계통연구소 선임연구원



최 돈 근 (崔燉根)

1979년 4월 15일생. 2002년 고려대 공대 전기전자전파공학부 졸업. 2006년~현재 동 대학원 전자전기공학과 박사과정.



김 수 열 (金守烈)

1968년 2월 29일생. 1990년 중앙대 공대 전기공학과 졸업. 95년 동 대학원 전기공학과 석사 졸업. 현재 한전 전력연구원 전력계통연구소 선임연구원



송 화 창 (宋和昌)

1973년 1월 24일생. 1997년 고려대 공대 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 석사 졸업. 2003년 동 대학원 전기공학과 박사 졸업. 현재 군산대 전기공학과 조교수



한 정 열 (韓正烈)

1980년 2월 15일생. 2002년 전북대 공대 전자정보공학부 졸업. 2006년 한국전력공사 입사. 현재 한전 전력연구원 전력계통연구소 일반연구원



이 병 준 (李炳峻)

1961년 7월 16일생. 1987년 고려대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 아이오와 주립대 전력계통 석사 졸업. 1994년 동 대학원 전력계통 박사 졸업. 현재 고려대 전기공학과 정교수.