

능동형 전압제어를 통한 교류 전기철도 급전망에 대한 전력손실 분석

A Power Losses Analysis of AC Railway Power Feeding Network using Adaptive Voltage Control

정 호 성[†] · 김 형 철* · 신 승 권* · 김 진 호* · 윤 기 용* · 조 용 현*

(Hosung Jung · Hyungchul Kim · Seongkuen Shin · Jinho Kim · Kiyong Yoon · Yonghyeon Cho)

Abstract - This paper compares power losses between voltage controlled before and after using power conversion device in AC feeding system. For this purpose we present voltage control procedures and criteria and model high speed line and train using PSCAD/EMTDC to compare power losses in various feeding condition. Power losses of the simulation result in power control before and after in single point feeding system was reduced maximum 0.37 MW(23.8 %) and average 0.23 MW(20.5 %) when one vehicle load operates maximum load condition. When three vehicles operate maximum load condition in one feeder section, power losses after voltage control was reduced 1.03 MW(49.5%) compared to before voltage control. And, power loss of parallel feeding system is reduced the average 0.08 MW(7.2 %) compared to the single feeding system. In conclusion, adaptive voltage control method using power conversion device can reduce power losses compared with existing method.

Key Words : AC railway feeding network, Adaptive voltage control, Power losses, Parallel feeding system, Single feeding system

1. 서 론

교류 급전계통은 전력공급사업자로부터 수전 받은 3상 교류전력을 스코트변압기를 통해 두 개의 단상 교류전력으로 변환하여 차량에 공급하고 있다. 일반적으로 철도차량은 대규모 이동부하로 철도차량의 운행으로 인한 부하전류로 선로에서 전압강하가 심하게 발생하며, 이로 인한 급전계통에서의 전력손실도 커지게 된다. 하지만 기존의 스코트변압기를 이용한 급전방식에서는 급전전압을 제어할 수 없는 수동적 전력공급 방식으로 전압강하를 제어할 수 없으며, 두 개의 단상간의 위상차가 발생하여 병렬급전방식을 적용할 수 없는 단점이 있다[1,2]. 최근 들어 대용량 고전압 전력변환장치를 이용한 전압제어가 가능한 능동형 공급방식이 연구되고 있으며, 이러한 능동형 전력공급 방식에서는 차량 운행으로 인해 발생하는 전압강하를 보상할 수 있으며, 양쪽의 변전소로부터 차량에 전력을 공급하는 병렬급전이 가능하여 급전계통에서 발생하는 손실을 최소화할 수 있으며, 변전소간의 위상차를 동기화할 수 있어 기존 전차선로에 설치되는 절연구간을 없앨 수 있는 장점이 있다[4-7].

본 논문에서는 능동형 전력공급방식에서의 전력변환장치를 활용하여 급전계통에서 허용하는 전압범위 내에서 급전전압을 제어하는 경우와 양쪽 변전소로부터 병렬급전을 수행하는 경우에 대해 기존의 전력공급방식과의 전력손실을

비교하였다. 이를 위해 전력해석 프로그램을 이용하여 기존의 스코트변압기 방식과 전력변환장치를 이용한 능동형 전력공급방식을 모델링하고 전압 제어에 따른 손실과 편단급전과 병렬급전시의 차량 운행에 따른 다양한 시뮬레이션을 통해 전력손실을 비교하였다.

2. 교류 급전계통 및 능동형 전력공급방식

2.1 교류 급전계통 및 급전전압

국내 교류 급전방식은 전력공급차로부터 교류 3상 154 kV를 수전 받은 후 스코트변압기를 이용하여 M좌, T좌의 2개의 단상 50 kV로 변환하고 급전선과 전차선 사이에 약 10 km 간격으로 설치되어 있는 AT(Autotransformer)를 이용하여 전차선에 25 kV 전력을 공급한다. 스코트변압기를 이용하는 방식의 경우 전압제어를 능동적으로 할 수 없는 수동적 방식으로 전압크기와 위상을 제어할 수 없기 때문에 그림 1과 같이 편단급전으로 운영하고 있다. 그리고 변전소와 변전소 중간에는 급전구분소(SP: sectioning post)를 설치하여 정상시에는 개방상태로 운영하다가 전력공급자 및 해당 변전소의 사고 등으로 인해 변전소에서 전력공급이 불가능한 경우에 급전구분소 내의 차단기를 동작하여 인근 변전소로부터 연장급전을 받도록 구성되어 있다[1,2].

이러한 교류 급전계통에서는 스코트변압기, AT 및 전차선로에서 전력손실이 발생하기 때문에 철도차량 운행시 전압강하가 발생하게 된다. 이러한 전압강하를 포함한 급전계통에서의 발생하는 전압의 범위에 대해 국제 규격인 KS C IEC 60850에서는 표 1과 같이 건인공급시스템에서의 전압으로 규정하고 있다. 여기서, 비지속성 최저전압(Vmin2)는 10분 이내로 지속되는 최저전압이며, 비지속성 최고전압

* Korea Railroad Research Institute

[†] Corresponding Author : Korea Railroad Research Institute Senior Researcher

E-mail : hsjung@krii.re.kr

Received : September 9, 2013; Accepted : September 30, 2013

(Vmax2)는 5분 이내로 지속되는 최고전압이며, 공칭전압 (Vn)이 25 kV 시스템에서는 19.0 ~ 27.5 kV 전압을 유지해야 한다[3].

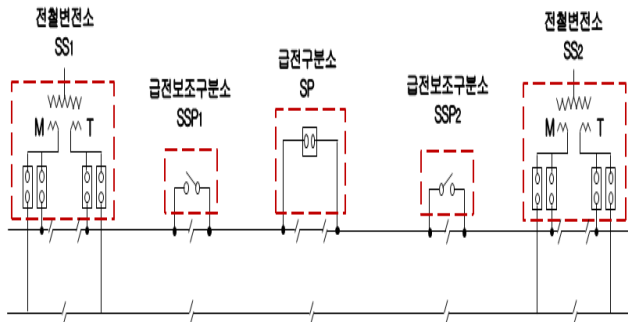


그림 1 편단급전 시스템 구성
Fig. 1 Single power feeding system configuration

표 1 견인공급시스템 전압
Table 1 Railway traction system voltage

단위 : [kV]

주파수 (Hz)	Vmin2 비지속성 최저전압	Vmin1 지속성 최저전압	Vn 공칭전압	Vmax1 지속성 최고전압	Vmax2 비지속성 최고전압
60	17.5	19.0	25	27.5	29

2.2 능동형 전압제어 전력공급방식

현재 교류 급전계통에서 적용중인 스코트변압기는 3상 전원을 단상으로 변환시 발생할 수 있는 3상측의 전압불평형을 최소화하는데 적합하지만 교류 급전계통에서 차량 운행에 따른 전압강하에 대응할 수 없어 일부 노선에서는 전압강하를 보상하기 위해 추가적인 보상설비를 설치 운영하고 있다. 하지만 최근 들어 전력용 반도체를 이용한 전력변환소자의 성능 향상으로 인해 고전압 대전력 계통에서의 전력변환소자의 이용이 확대되고 있다. 대표적으로 전력계통에서 장거리 대전력 송전시 송전손실을 줄이기 위한 직류송전(HVDC) 기술 분야 적용중이며, 독일 등 일부 유럽 국가에서 사용하고 있는 16²/₃ Hz 철도 급전계통에서 전력을 공급하기 위해 50 Hz의 전력계통 주파수를 철도 급전계통 주파수인 16²/₃ Hz로 변환하기 위한 converter substation에 적용되고 있다. 국내에서도 전압제어를 통한 급전계통에서의

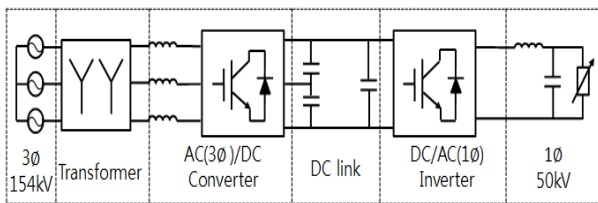


그림 2 전력변환소자를 이용한 능동형 전력공급시스템 구성
Fig. 2 Configuration of active power feeding system using power electronic devices

손실을 줄이고, 양쪽 변전소로부터 병렬급전을 수행하기 위해 전력변환소자를 이용한 능동형 전력공급장치에 대한 연구가 진행 중이다. 이러한 전력공급장치는 그림 2에서와 같이 컨버터, 직류링크 및 인버터로 구성되어 있으며, 철도부하 변화에 따라 급전전압을 적절한 크기의 전압으로 조정할 수 있어 급전계통에서 발생하는 전력손실을 줄일 수 있다 [4-7].

이러한 능동형 전력공급시스템은 공급전압을 제어할 수 있을 뿐만 아니라 전력변환소자를 통해 변전소에서 공급하는 급전전압의 위상과 크기의 제어가 가능하기 때문에 그림 3과 같이 두 변전소의 전압크기와 위상을 동기화하여 병렬급전을 할 수 있다. 이 방식의 경우 변전소 사이의 절연구분장치가 필요 없으며, 차량의 전력을 양쪽 변전소에서 공급할 수 있는 장점이 있다.

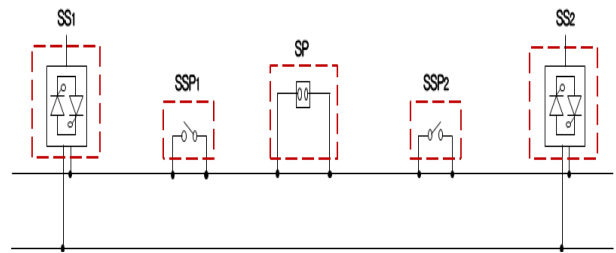


그림 3 병렬급전 시스템 구성
Fig. 3 Parallel power feeding system configuration

3. 전압제어절차 및 전력손실

능동형 전력공급시스템은 차량 운행에 따라 발생하는 전압강하를 공급전압 제어를 통해 보상할 수 있다. 급전계통의 부하인 철도차량은 이동하는 부하이며, 차량의 운전 상태에서 따라 전력의 사용 상태가 달라지며, 또한 한 급전구간에 여러 대의 차량이 운행될 수 있기 때문에 부하 지점에서 전압강하를 보상하기 위한 기준점을 선택하기 매우 어려운 상황이다. 따라서 일반적인 편단급전계통에서 전철변전소로부터 가장 멀리 위치한 급전구분소의 전압을 기준점으로 선정하는 것이 현실적이며, 전철변전소간의 위상 제어를 통해 병렬급전으로 운행하는 경우에도 양쪽 변전소를 연결하는 급전구분소의 전압을 기준으로 하여 공급전압을 제어하는 것이 적절하다. 따라서 본 논문에서는 급전구분소의 전압을 정격 전압인 25 kV로 유지하도록 변전소의 공급전압을 제어할 수 있도록 설계하였으며, 이를 위해 변전소와 급전구분소간의 전압 정보를 실시간으로 계측하고 차량이 급전구간에서 운행되는 경우 급전구분소의 전압이 정격전압을 유지할 수 있도록 제어하였다. 하지만 전압강하를 보상하기 위해 변전소 전압을 상승한 경우에 차량의 운행 상태 변경 등으로 인해 급전계통의 전압이 표 1에서 제시한 비지속성 최대전압 또는 지속성 최고전압을 초과할 수 있다. 이러한 경우에는 변전소의 전압이 허용전압 범위 내를 유지하도록 공급전압을 제어하였다. 그림 4는 전압제어를 위한 전압절차 순서를 제시한 순서도이며, 허용 전압 내에서 전압 제어를 위해 공급전압의 최대 범위를 비지속성 최고전압인 29 kV 이내에서 제어되도록 하였다.

차량의 공급전압 및 전류를 나타내며, V_{ss}^{PA} , V_{ss}^{PB} , I_{ss}^{PA} , I_{ss}^{PB} , V_{train}^P , I_{train}^P 는 병렬급전방식에서의 변전소 A와 변전소 B의 전압 및 전류와 차량의 공급전압 및 전류를 나타낸다.

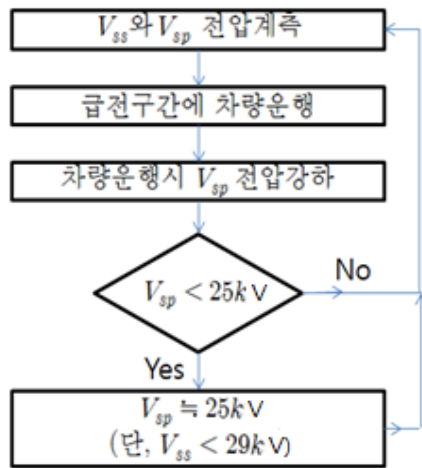


그림 4 전압제어 절차 및 기준
Fig. 4 Procedure and criteria of voltage control

교류 급전계통에서의 전압제어 전·후의 전력손실은 동일한 부하를 대상으로 하여 식 (1)과 같이 손실을 비교하였다. 1대 차량의 운행하는 조건에서는 최대 부하로 운행하는 경우에 대해 열차 위치에 따른 전력손실을 비교하였으며, 최대 운행조건의 경우에는 상행선, 하행선의 최대 부하 조건인 3대의 차량이 최대 선로 임피던스인 구간에 위치한 경우를 대상으로 전력손실을 비교하였다[8,9].

또한 편단급전과 병렬급전의 전력손실의 경우에는 편단급전과 병렬급전의 경우 1대의 차량이 최대부하로 운행하는 경우 식 (2)와 같이 양쪽 변전소로부터 공급되는 전력량과 차량에서 소비되는 전력량의 차를 이용하여 전력손실을 비교하였다.

- 전압제어 전, 후의 전력손실 비교

$$\Delta P_{loss} = P_{loss} - P_{loss}^c = (P_{ss} - P_{trains}) - (P_{ss}^c - P_{trains}^c) = (V_{ss} I_{ss} - \sum_{n=1}^n V_{train} I_{train}) - (V_{ss}^c I_{ss}^c - \sum_{n=1}^n V_{train}^c I_{train}^c) \quad (1)$$

여기서, P_{loss} , P_{loss}^c , P_{ss} , P_{ss}^c , P_{trains} , P_{trains}^c 는 전압제어 전, 후의 전력손실, 변전소 공급전력 및 차량 소비전력을 나타낸 것이며, V_{ss} , V_{ss}^c , I_{ss} , I_{ss}^c 는 전압제어 전, 후의 변전소 전압, 전류이며, V_{train} , V_{train}^c , I_{train} , I_{train}^c 는 차량의 공급전압 및 전류를 나타낸다.

- 편단급전방식과 병렬급전방식에서의 전력손실 비교

$$\Delta P_{loss} = P_{loss}^S - P_{loss}^P = (V_{ss}^{SA} I_{ss}^{SA} + V_{ss}^{SB} I_{ss}^{SB} - V_{train}^S I_{train}^S) - (V_{ss}^{PA} I_{ss}^{PA} + V_{ss}^{PB} I_{ss}^{PB} - V_{train}^P I_{train}^P) \quad (2)$$

여기서, P_{loss}^S , P_{loss}^P 은 편단급전방식과 병렬급전방식에서의 전력손실이며, V_{ss}^{SA} , V_{ss}^{SB} , I_{ss}^{SA} , I_{ss}^{SB} , V_{train}^S , I_{train}^S 는 편단급전방식에서의 변전소 A와 변전소 B의 전압 및 전류와

4. 교류 급전계통 모델링 및 시뮬레이션

4.1 교류 급전계통 모델링

능동형 전력공급장치를 적용하여 전압제어 전, 후의 전력손실과 편단급전방식과 병렬급전방식에서의 전력손실을 비교하기 위해 그림 5와 같이 교류 급전계통 및 차량 운행 조건에 대해 전력해석 프로그램인 PSCAD/EMTDC를 이용하여 변전소(SS)에서 급전구분소(SP)까지 10 km 간격으로 보조급전구분소(SSP1, SSP2)가 2개소가 있는 급전계통을 모델링하였다. 모델 계통에 운행되는 차량부하는 그림 6과 같이 고속철도 차량의 속도별 전력 사용량을 임피던스 모델로 변환하였으며, 최대 운행조건은 그림 5에서와 같이 상행선에 2대, 하행선에 1대가 운행하도록 시뮬레이션을 수행하였다 [10,11].

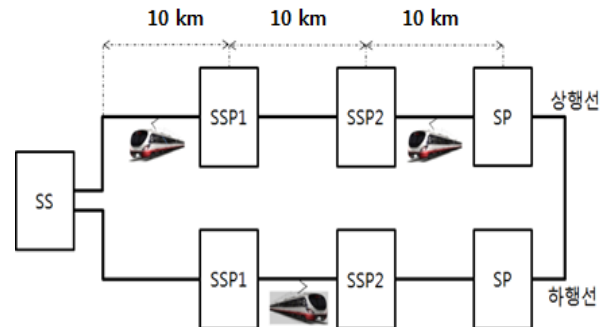


그림 5 모델 계통
Fig. 5 Model system

표 2 모델계통 파라미터
Table 2 Parameter of model system

설비	값
스코트변압기	90 MVA, %Z = 10
AT	10 MVA, j0.4 [Ω.]
전차선	0.1076 + j0.2614 Ω/km
레일	0.1052 + j0.4736 Ω/km
급전선	0.1180 + j0.4519 Ω/km
차량	고속철도차량모델

그림 6은 고속철도 차량 역행시(6개 모터 동작 조건) 속도에 따른 임피던스 모델을 시뮬레이션을 수행하여 측정된 속도에 따른 유효전력, 무효전력 및 피상전력을 나타낸 것이다. 차량 1대 운행시의 최대 부하시점은 220 km/h 속도에서 최대 부하특성(유효전력: 12.23 MW, 무효전력: 5.0 MVar, 피상전력: 13.22 MVA, 역률: 0.93)을 보여주고 있다.

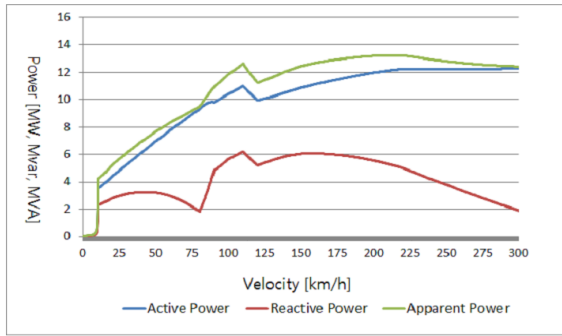
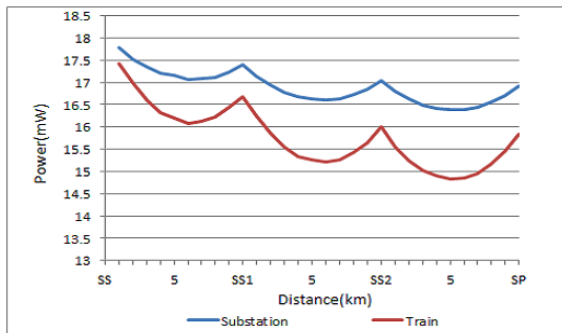
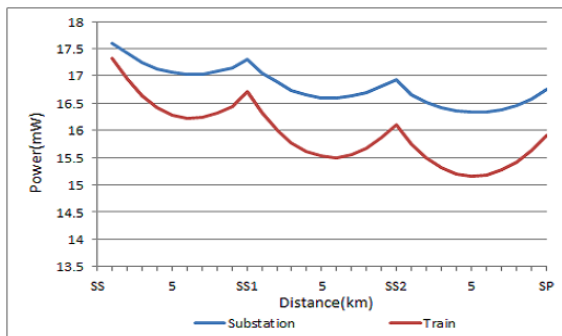


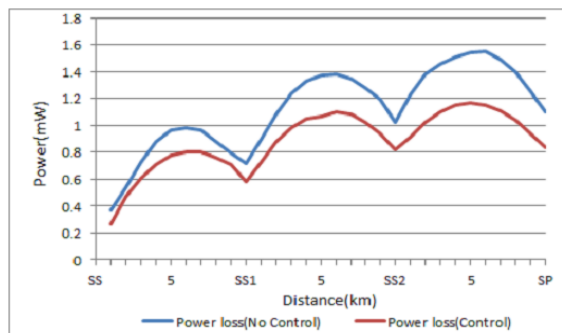
그림 6 차량모델 전력량 시뮬레이션 결과
Fig. 6 Power simulation output of train model



(a) 전압제어 전 전력사용량



(b) 전압제어 후 전력사용량



(c) 전력손실 비교

그림 7 전압제어에 따른 전력 및 전력손실 비교
Fig. 7 Comparison of the power and power losses to the voltage control

4.2 전압제어에 따른 손실 분석

전압제어에 따른 전력손실을 비교하기 위해 차량 1대가 변전소로부터 급전구분소까지 최대 부하로 운행시 변전소 공급전력, 차량 소비전력 및 전력손실을 비교하였다. 그림 7은 변전소로부터 차량 위치에 따른 전압제어 전과 후의 전력 및 전력손실을 비교한 것으로 변전소로부터 멀어질수록 전력손실이 커짐을 확인할 수 있다.

표 3과 4는 전압제어 전, 후에 대한 최대 전력손실 지점과 구간별 평균 전력손실을 비교한 것이다. 표 3에서 전압제어 전에는 차량 운행으로 인한 전압 강하로 인해 변전소 공급전압이 23.24 kV가 나타났으며, 계통에서 발생한 손실이 1.55 MW가 발생하였으나, 전압제어 후에는 변전소의 전압이 26.42 kV로 상승하였으며, 이로 인한 최대 손실은 1.18 MW로 0.37 MW(23.8 %)가 절감됨을 확인하였다. 또한 표 4에서와 같이 구간별 전력손실의 평균값을 볼 때 최대 부하로 운전하는 경우 평균 0.23 MW(20.5 %)의 전력손실이 저감되었으며, 차량의 위치가 변전소로부터 멀어질수록 전압제어를 통해 전력손실을 절감할 수 있음을 확인하였다.

표 5는 급전구간에 최대 부하조건인 3대(상행선 2대, 하행선 1대)의 차량이 운전하는 경우에 전압제어 전과 전압제어 후의 전력손실을 비교하였다. 차량 3대가 운전하는 경우 급전구분소 전압이 17.79 kV까지 강하하였으며, 변전소에서

표 3 전압제어에 따른 최대 전력손실 크기 비교

Table 3 Comparison of the maximum power losses to the voltage control

	전압제어 전	전압제어 후
변전소 전압 (kV)	23.24	26.42
변전소 공급전력 (MW)	16.40	16.34
차량 전압 (kV)	21.7	24.51
차량 소비전력 (MW)	14.85	15.16
전력손실 (MW)	1.55	1.18
차량위치	(보조급전구분소 2 - 급전구분소 구간의 67 % 지점)	(보조급전구분소 2 - 급전구분소 구간의 48 % 지점)

표 4 차량 위치에 따른 평균 전력손실 크기 비교

Table 4 Comparison of the average power losses to the train location

차량 위치	전압제어 전 평균 손실 (MW)	전압제어 후 평균 손실 (MW)	평균 저감 손실 (MW)
변전소 - 보조급전구분소 1	0.77	0.65	0.12
보조급전구분소 1 - 보조급전구분소 2	1.20	0.97	0.23
보조급전구분소 2 - 급전구분소	1.39	1.04	0.35
전체 구간	1.12	0.89	0.23

가장 먼 구간에 위치한 차량의 경우에도 17.57 kV로 일시적 최저전압 부근까지 전압강하가 나타났다. 또한 이때의 급전계통에서 손실되는 전력손실은 2.08 MW가 발생하였다. 급전구분소 전압을 25 kV로 유지하기 위해 변전소 전압을 25.55 kV로 제어한 후에는 변전소와 가장 인근에 위치한 차량에는 25.27 kV, 그리고 두 번째 차량에는 24.76 kV 그리고 세 번째 차량에는 24.47 kV가 유지되어 허용범위 내의 급전전압을 유지할 수 있었으며, 이때의 전력손실은 1.05 MW로 대략 1.03 MW(49.5 %)가 감소하였다.

표 5 최대부하조건에서의 전력손실 비교

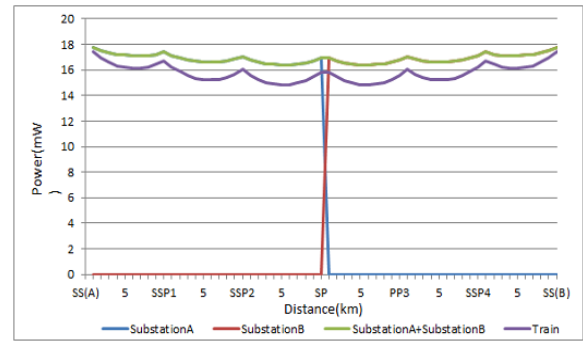
Table 5 Comparison of the power losses in the maximum operation condition

		전압제어 전	전압제어 후
변전소 전압 (kV)		18.95	25.55
급전구분소 전압 (kV)		17.79	24.78
변전소 공급전력 (MW)		34.47	33.29
차량1 (상행선1)	차량 전압 (kV)	18.75	25.27
	차량 소비전력 (MW)	11.68	12.01
차량2 (하행선1)	차량 전압 (kV)	17.85	24.76
	차량 소비전력 (MW)	10.59	10.37
차량3 (상행선2)	차량 전압 (kV)	17.57	24.47
	차량 소비전력 (MW)	10.12	9.86
전체 차량소비전력 (MW)		32.39	32.24
전력손실 (MW)		2.08	1.05
전력손실 저감량 (MW)		1.03	

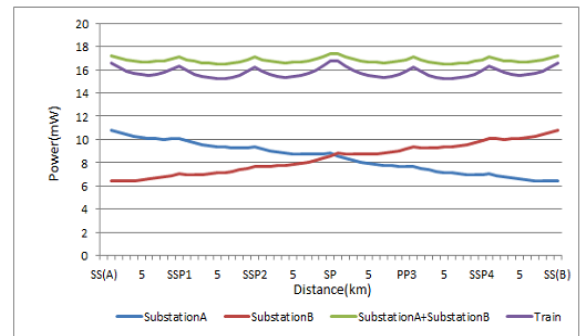
해석 결과에서 알 수 있듯이 차량의 위치가 변전소로부터 멀어질수록 그리고 차량 운행량이 증가할수록 급전계통에서 발생한 손실이 커짐을 알 수 있다. 또한 전압제어를 통해 손실을 저감할 수 있으며, 특히 최대부하조건으로 운행되는 경우에는 전압제어 전 대비 49.5 % 정도의 전력손실을 줄일 수 있음을 확인하였다.

4.3 병렬급전에 따른 손실 분석

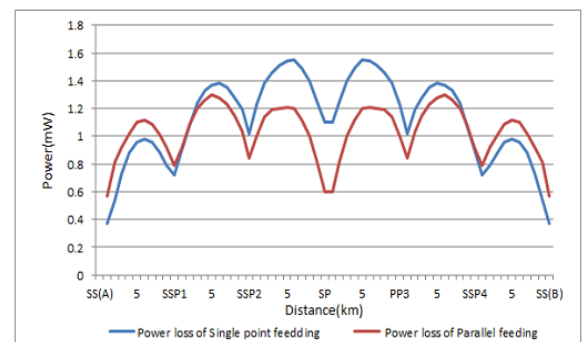
능동형 전력공급방식에서는 전압제어를 통해 양쪽 변전소의 공급전압의 위상을 제어할 수 있기 때문에 그림 3과 같이 운행하는 차량에 양쪽 변전소의 전력을 공급할 수 있는 병렬급전방식을 적용할 수 있다. 따라서 기존의 편단급전방식에 비해 병렬급전방식에 따른 동일한 차량부하에 따른 전력손실을 비교하기 위해 차량 1대가 변전소로부터 인근변전소까지 최대 부하로 운행시 두 개 변전소 공급전력, 차량 소비전력 및 전력손실을 비교하였다. 그림 8에서 알 수 있듯이 편단급전의 경우 해당 공급구간에 차량이 운행되는 경우에만 전력을 공급하는데 반해 병렬급전의 경우 양쪽 변전소로부터 전력을 공급 받으며, 전체적으로 변전소 인근에 차량이 위치하는 경우에는 편단급전방식에서의 발생한 전력손실이 작아데 반해, 변전소로부터 차량의 위치가 멀어지는 경우에는 병렬급전방식에서의 전력손실이 작아짐을 확인할 수 있다.



(a) 편단급전방식에서의 전력



(b) 병렬급전방식에서의 전력



(c) 전력손실

그림 8 편단급전과 병렬급전방식에 따른 전력 및 전력손실 비교

Fig. 8 Comparison of the power and power losses to single feeding system and parallel feeding system

표 6은 편단급전방식과 병렬급전방식에 따른 구간별 평균 전력손실을 비교한 것이다. 표 6에서 알 수 있듯이 차량의 위치가 변전소와 가까운 경우인 변전소와 보조급전구분소1 구간에서는 편단급전방식의 손실이 병렬급전방식에 비해 0.16 MW가 작으나 변전소로부터 멀어지는 경우에는 편단급전방식에서 나타나는 전력손실이 증가함을 확인할 수 있다. 또한 변전소와 급전구분소간의 전체적인 전력손실은 병렬급전방식의 경우에 평균 0.08 MW(7.2 %) 절감됨을 확인하였다.

표 6 급전방식에 따른 평균 전력손실 크기 비교

Table 6 Comparison of the average power losses to the feeding system

차량 위치	편단급전방식 평균 손실 (MW)	병렬급전방식 평균 손실 (MW)	평균 저감 손실 (MW)
변전소 - 보조급전구분소 1	0.77	0.93	-0.16
보조급전구분소 1 - 보조급전구분소 2	1.20	1.14	0.06
보조급전구분소 2 - 급전구분소	1.39	1.05	0.34
전체 구간	1.12	1.04	0.08

5. 결 론

본 논문은 기존의 교류 급전계통의 전력공급설비인 스크트 변압기를 대체하기 위해 전압제어가 가능한 전력변환소자를 이용한 능동형 전력공급방식을 적용하는 경우에 급전계통에서 발생하는 손실을 비교하였다. 전력변환소자를 이용한 전력공급방식의 경우 변전소의 전압을 제어할 수 있기 때문에 차량 운행에 따른 전압강하에 대한 전압보상이 가능하며, 또한 차량에 전력을 양쪽 변전소로부터 공급할 수 있는 장점이 있다. 따라서 본 논문에서는 편단급전시의 전압제어 전, 후와 편단급전과 병렬급전시의 전력손실을 비교하기 위하여, 전압제어 절차 및 기준을 제시하였다.

전력손실의 크기를 정량적으로 비교하기 위하여 고속철도 구간에 대한 선로 및 차량데이터를 바탕으로 전력해석 프로그램인 PSCAD/EMTDC를 이용하여 기존의 스크트변압기 방식과 능동형 전압제어방식을 모델링하였다. 편단급전시의 전압제어 전, 후의 전력손실의 해석 결과시 1대의 차량이 최대부하상태로 운전하는 경우에 최대 0.37 MW(23.8 %)가 절감되었으며, 평균 0.23 MW(20.5 %)을 줄어듦을 확인하였다. 또한 급전구간의 최대 부하조건인 차량 3대의 운전조건에서는 전압제어 전에 비해 전압제어 후에 1.03 MW(49.5 %)가 줄어들었다. 편단급전과 병렬급전조건시의 전력손실의 경우 차량의 위치가 변전소 인근의 경우에는 편단급전방식에서의 전력손실이 작고 멀어질수록 병렬급전방식에서의 전력손실이 줄어들음을 확인하였으며, 전체적으로 병렬급전시에 평균 0.08 MW(7.2 %) 절감됨을 확인하였다.

이와 같이 전력손실 해석결과에서 알 수 있듯이 전력변환소자를 이용한 능동형 전력공급방식을 적용하는 방식의 경우 기존의 스크트변압기를 이용한 방식에 비해 전반적으로 전력손실이 절감됨을 확인하였다. 전력손실이 줄어든다는 것은 사용 전력량 감소로 인한 운영비 절감뿐만 아니라 전압강하 감소로 인한 변전소 간격 증대 및 병렬급전으로 인한 차량 전력공급의 신뢰성 등의 여러 장점이 있다. 향후에는 실제 계통에서의 취득한 데이터를 통한 전력손실을 비교

할 예정이며, 능동형 전력공급방식에서 전압제어를 최적으로 수행하기 위한 연구를 진행할 계획이다.

References

- [1] Hyun-Soo Jung, "Analysis for Catenary Voltage of the ATs-Fed AC Electric Railroad System", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 52A, No. 9, pp. 493~499, 2003
- [2] J. D. Glover, A. Kusko, and S. M. Peeran, "Train Voltage Analysis for AC Railroad Electrification," IEEE Transactions on Industry Applications, vol. IA-20, pp. 925~934, July/Aug. 1984
- [3] IEC 60850 Railway applications - Supply voltages of traction systems, 2007
- [4] Hosung Jung, "A Study on AC Feeding Power Supply Facility of Converter's Topology", The proceeding on 2012 spring conference of the Korean Institute of Electrical Engineer, pp. 210~212, 2012
- [5] Hyeong-Jun Yoo, "Basic Modeling and Analysis for AC Railway System based on BTB Voltage Source Converter", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, Vol. 61, No. 11, pp. 1737~1742, 2012
- [6] U. Behmann and K. Rieckhoff, "Converter Stations in 50 or 60 Hz Traction Power Supply," Rail Technology Review, vol. 51, no. 4, pp. 8~14, 2011
- [7] U. Behmann and T. Schutte, "Static converters - the future of traction power supply", Rail Technology Review, vol. 1, pp. 9~15, 2012.
- [8] Myung-Hwan Min, "An Analysis on the Energy Efficiency of Applying Parallel Feeding Method in AT Feeding System", The proceeding on 2012 summer conference of the Korean Institute of Electrical Engineer pp. 1546~1547, 2012
- [9] J. Beertens, S. Cole, and R. Belmans, "Generalized Steady-State VSC MTDC Model for Sequential AC/DC Power Flow Algorithms", Power Systems, IEEE Transactions on, vol. 27, pp. 821~829, May 2012.
- [10] Hosung Jung, "A Study on Fault Location Estimation Technique Using the distribution Ratio of Catenary Current in AC Feeding System", Journal of the Korea Society for Railway, 14(5), pp. 404~410, 2011.10
- [11] Hosung Jung, "A study on relay setting for AT feeding system protection using PSCAD/EMTDC", ICEE 2005, pp. A76~A78, 2005

저 자 소 개



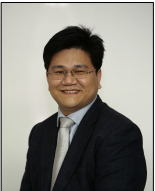
정 호 성 (鄭 滌 聖)

1971년 10월생, 1998년 성균관대학교 전기공학과 졸업(공학석사). 2002년 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 졸업(공학박사). 2002년 ~ 현재 한국철도기술연구원 연계환승시스템연구단 선임연구원

Tel : 031-460-5116

Fax : 031-460-5749

E-mail : hsjung@krri.re.kr



김 형 철 (金 炯 徹)

1967년 9월생, 1991년 고려대학교 전기공학과 졸업, 2003년 Texas A&M 졸업(공학박사). 2004년~ 현재 한국철도기술연구원 연계환승시스템연구단 책임연구원

Tel : 031-460-5450

Fax : 031-460-5749

E-mail : hckim@krri.re.kr



신 승 권 (申 勝 權)

1972년 6월생, 1998년 성균관대학교 전기공학과 졸업(공학석사). 2001년 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 졸업(공학박사). 2003년 ~ 현재 한국철도기술연구원 연계환승시스템연구단 선임연구원

Tel : 031-460-5685

Fax : 031-460-5749

E-mail : skshin@krri.re.kr@krri.re.kr



김 진 호 (金 珍 浩)

1993년 2월 서울시립대학교 건축공학과 졸업(공학석사). 2003년 9월 University of California, Davis 공과대학원 토목환경공학과 졸업(공학박사). 2003년 9월~ 현재 한국철도기술연구원 연계환승시스템연구단 책임연구원

Tel : 031-460-5774

Fax : 031-460-5749

E-mail : ziminpa@krri.re.kr



윤 기 용 (尹 基 用)

1987년 2월생, 2013년 대전대학교 전기공학과 졸업(학사). 2013년 ~ 현재 한국철도기술연구원 연계환승시스템연구단 연구원

Tel : 031-460-5416

Fax : 031-460-5749

E-mail : yoonky@krri.re.kr



조 용 현 (趙 容 鉉)

1961년 8월생. 1992년 한국과학기술원 기계공학과 졸업(공학석사), 2008년 서울대학교 기계공학과 졸업(공학박사), 1997년~현재 한국철도기술연구원 수석연구원

Tel : 031-460-5112

Fax : 031-460-5289

E-mail : yhcho@krri.re.kr