

데베소프트사의 SIRIUS 장비를 이용한 UL1741 시험 및 고찰

도원석, 이윤민, 김희중, 김영근
LS 일렉트릭

Test and Study of UL1741SA using DeweSoft' s SIRIUS Equipment

Won-seok Do, Yoon-min Lee, Hee-jung Kim, Young-geun Kim
LS ELECTRIC

ABSTRACT

계통 연계용 PCS(Power Conditioning System)에 적용되는 미국 인증 규격은 UL1741로써 PCS의 하드웨어 안정성과 소프트웨어의 기능 및 안정성을 요구한다. UL1741은 연계 규정으로 IEEE 1547.1을 요구하고 있으며, 본 논문에서는 소프트웨어 기능 및 안정성을 요구하는 UL1741SA 항목을 검증하기 위하여 데베소프트사의 SIRIUS 장비를 이용하여 효과적이고 정합성 있는 시뮬레이션 결과를 도출한다.

1. 서 론

미국의 ESS(Energy Storage System) 시장규모는 2019년 기준 1,113MWh였으며, 2020년 전망치는 2019년 대비 약 3배 증가로 미국 ESS 시장은 약 2조원대에 육박하고 있다. 또한 2021년에는 2020년 대비 2배 증가가 예상되며, 그중에서도 캘리포니아, 메사추세츠, 버지니아, 하와이 등 재생에너지 비중을 100% 도입한 주들이 늘면서 ESS 설치 의무화 수요가 큰 폭으로 증가하고 있는 추세이다.^[1]

미국 ESS 시장에 진출하기 위해서는 UL1741 인증이 요구되며, 자사는 미국 UL1741 인증 규격을 획득할 수 있는 PCS를 개발하고 있다. 소프트웨어의 기능 및 안정성을 요구하는 UL1741SA는 계통 협조 기능을 필수로 요구하고 있으며, 본 논문에서는 항목중 계통전압 크기 변동에 따른 무효전력 보상과 관련된 기능(Volt-Var 모드)에 대한 시험 절차 및 합부 판정에 대하여 기술한다. 이때 기능 시험의 정합성 및 합부 판정을 위하여 데베소프트사의 전력품질 분석기인 SIRIUS 장비를 활용하여 시뮬레이션 검증을 수행한다.

2. 본 론

2.1 Volt-Var 모드 기능 정의

계통의 전압 크기 변동에 따라 무효전력을 출력하는 기능이다. Volt-Var 모드는 유효전력 또는 무효전력 우선순위를 정하여 PCS가 출력할 수 있는 피상전력이 제한값에 도달했을 때 유효 전력을 유지 또는 감소 시킬 수 있다.

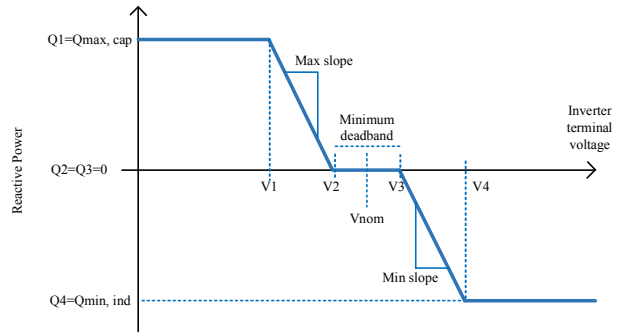


그림 1 “Most Aggressive” Volt-Var Curve

2.2 Volt-Var 모드 모의시험 파라미터

Volt-Var 모드 기능 시험은 세가지로 분류되며, 전압 변동 대비 보상하는 무효전력 크기의 비율이 가장 큰 “Most Aggressive” Volt-Var Curve 와 중간인 “Average” Volt-Var Curve, 가장 작은 “Least Aggressive” Volt-Var Curve 로 분류된다.^[2]

본 논문에서는 그림 1과 같이 “Most Aggressive” Volt-Var Curve 기능에 대하여 모의시험을 수행하였으며, 제조사가 제시하는 Volt-Var Curve 표준 파라미터는 표 1과 같다.

표1 Q(v) 모의시험 파라미터

특성 곡선	Volt/Var [V,Q] array			
“Most Aggressive”	V1	$V_2 - Q_1 / K_{varmax}$	Q1	$Q_{max, cap}$
	V2	$V_{nom} - Deadband_{min} / 2$	Q2	0
	V3	$V_{nom} + Deadband_{min} / 2$	Q3	0
	V4	$Q_4 / K_{varmax} + V_3$	Q4	$Q_{max, ind}$

여기서, K_{varmax} 는 전압변화에 따른 무효전력 출력 최대 기울기를 의미하며 Deadband는 무효전력을 출력하지 않는 전압 변동의 범위, V_{nom} 은 정격전압이다. 그리고 $Q_{max, cap}$ 은 출력하는 무효전력의 최대값 이며, $Q_{max, ind}$ 는 흡수하는 무효전력의 최대값이다.

2.2 Volt-Var 모드 모의시험 결과

Volt-Var 모드 모의시험을 수행하기 위하여 그림 2와 같이 미국 캘리포니아주 계통사가 동일하게 적용하는 발전설비의 연계 규격 Rule21을 토대로 시뮬레이션을

수행하였으며, 시뮬레이션 사양은 표 2와 같다.

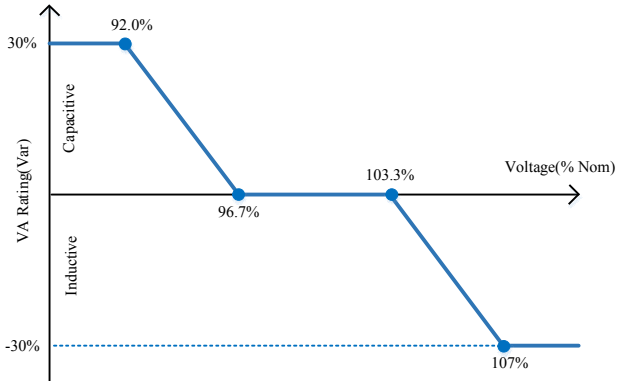


그림 2 Rule21 Volt-Var Curve

표2. 시뮬레이션 사양

정격 AC 전압	480VLL/60Hz
출력 AC 전류	130Arms
정격 DC 전압	800Vdc
출력 유효 전력	100kW

시험 조건은 정격 전압 조건에서 계통 전압의 변화를 시뮬레이터를 이용하여 하강과 상승을 모의하였으며, 전압 하강 시 나타나는 전압과 전류의 변동 상태를 그림 3을 통해 확인할 수 있다. 이때 하강하는 계통 전압을 보상하기 위하여 출력되는 무효전력의 응답을 그림 4를 통하여 확인할 수 있다.

또한 PCS가 전압 변화에 따라 응답하는 출력 무효전력 특성 곡선은 그림 5를 통하여 확인할 수 있으며, x축은 계통 전압의 pu값 y축은 무효전력 pu값이다. 그림 5를 통해서 확인할 수 있듯이 테베소프트사의 SIRIUS 장비를 이용한 시뮬레이션 결과는 로우 데이터를 가공하여 분석할 필요없이, 전압 변동에 따른 무효전력 출력 특성 곡선에 응용하는 PCS의 성능 및 기능을 실시간으로 확인할 수 있는 장점이 있다.

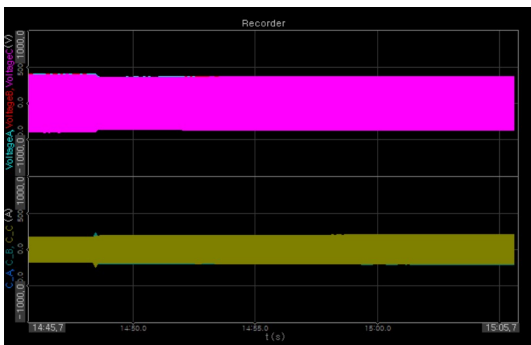


그림 3 정격전압의 8% 하강시 (a) 3상전압 (b) 3상전류

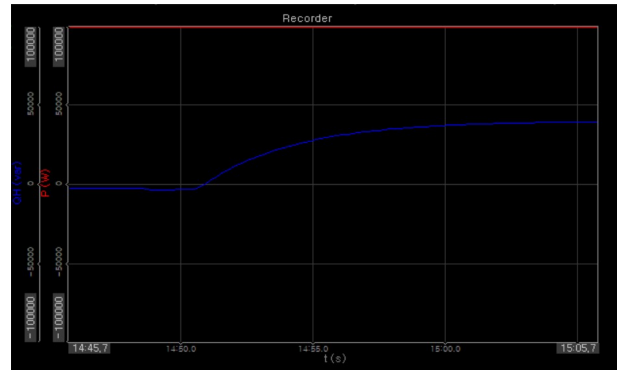


그림 4 정격전압의 8% 하강시 발생하는 무효전력(약 33%)

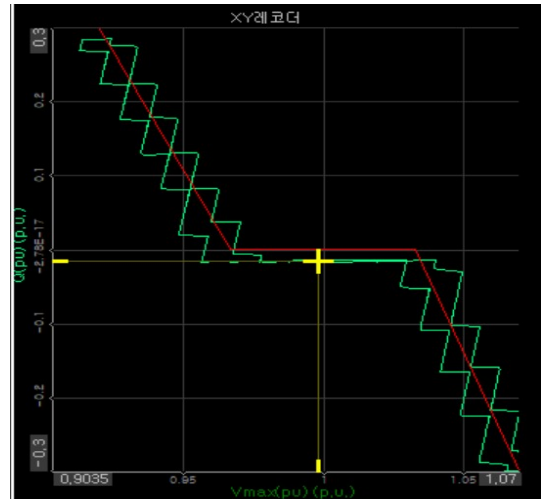


그림 5 전압 변동에 따른 전압 전류과형

3. 결론

본 논문에서는 미국 UL1741 인증 규격 중 소프트웨어의 기능 및 안정성을 요구하는 시험과 관련하여 필수적으로 요구되는 계통 협조에 관한 시뮬레이션을 수행하였다. 항목 중 Volt-Var 모드 기능 시험에 대해서 테베소프트사의 SIRIUS 장비를 이용하여 전압 변동에 따른 무효전력 출력 특성 곡선에 실시간으로 응답하는 PCS의 기능 및 성능을 검증하였다.

참고 문헌

- [1] Greentechmedia, US Storage Industry Achieved Biggest-Ever Quarter and Year in 2019, 2020.03.10
- [2] UL1741, UL 1741 Standard datasheet