

전기품질 향상기기의 현황 및 전망

신영준 | LG산전(주) 전력연구소 소장/상무

1. 서론

21세기 정보화 산업시대로 돌입하면서 정보화기기 및 정밀제어기기의 보급이 급속히 확대되고 있다. 이 정보화기기 및 정밀제어기기는 대부분 전기품질에 매우 민감하고, 비선형 부하의 특성을 갖는 제어전원장치, 인버터, 마이크로 프로세서 등을 내장하고 있으며, 전자 및 디지털 기술에 기반을 두고 있는 것으로서 전등이나 전동기와 같은 전기기기에 비해 상대적으로 전원의 변화 또는 불안정에 매우 민감한 특성을 갖고 있다. 따라서 아주 짧은 시간의 정전이나 일시적인 전압의 변동 등 작은 전기의 변동에도 영향을 받기 쉬운 문제로 인해 전기의 품질에 대한 개념이 발생하였다.

품질이 좋은 전기란 규정된 전압과 주파수를 정확하게 유지하면서 공급되는 것을 의미하는데, 이는 전압의 변동이나 전기 공급의 단절(일시적인 정전)이 없이 일정하게 공급되면서 규정된 주파수 이외의 다른 주파수 성분이 섞이지 않은 상태, 즉 국내의 경우 60Hz의 정현파를 정확하게 유지하는 것을 의미한다.

현대의 기술로 발전단계에서 이렇게 균일한 전압과 정확한 주파수를 갖는 정현파를 발생시키는 것은 크게 어려운 일이 아니지만 전기 공급단계에서 손실이나 비선형 부하 등 여러 가지 원인으로 전압과 파

형의 왜곡이 발생하므로 전기가 부하에 도달할 때는 높은 품질을 유지하는 것이 매우 어렵게 된다.

최근에는 전기의 품질을 측정하는 지표로서 여러 가지 품질요소를 정의하고, 공급되는 전기에 이러한 요소가 포함된 정도에 따라 전기품질을 정량적으로 측정할 수 있게 되었다.

전기품질을 저하시키는 요소는 다양한 원인에 의해 발생되는데, 특히 중요한 전기품질 저하 원인은 사고와 비선형 부하라고 할 수 있다. 예를 들어 배전계통에서 고압선로가 대지에 접촉하는 지락사고가 발생한 경우 그 선로의 전압은 거의 0V까지 저하하게 되고 인근의 다른 배전선로에 영향을 미쳐 다른 선로의 전압도 크게 저하하게 된다. 한편 디지털 기기는 그 전원장치의 특성상 공급되는 주파수의 수배에 해당하는 고조파 전류를 흘리게 되는데 이 경우 전압에도 고조파를 발생시켜 인근의 다른 부하에 고조파를 공급하는 역할을 하게 된다. 이렇게 전기품질을 저하시키는 원인이 되는 것을 전기품질 오염원이라고 한다.

그런데 전력계통의 복잡화와 디지털 및 전자통신기기의 증가에 따라 이러한 전기품질 오염원은 앞으로 지속적으로 증가할 수밖에 없으며 이에 따라 전기품질의 저하 역시 심각해질 수밖에 없는 것이 현실이다. 특히 최근 이슈가 되고 있는 소규모 분산전원

의 도입이 본격화될 경우 통합제어가 불가능한 분산 전원의 특성으로 인해 배전선로의 전압을 일정하게 유지하는 것이 현재보다 훨씬 어렵게 되고 전기품질의 저하를 가속화시킬 것으로 예상된다. 더욱이 전반적으로 전기품질에 대한 민감도 또한 지속적으로 증가할 수밖에 없는데, 예를 들어 컴퓨터로 제어되는 자동생산시스템은 0.5초 이하의 아주 짧은 정전에 의해서도 막대한 피해를 입을 수 있다.

이렇게 전기품질의 중요성이 증대됨에 따라 전력 전자기술을 이용하여 전기품질 저하 요인을 제거함으로써 전기 품질을 향상시키는 기술이 상당한 시일을 두고 연구되어 왔고, 지금은 다양한 전기품질 향상기기가 개발되어 있는데, 전력계통에서 전기품질 오염원을 완전히 배제하는 것이 불가능한 만큼 이러한 기기는 고품질의 전기를 얻기 위한 유일한 수단이라 할 수 있다.

전기품질 향상기기는 그 종류에 따라 각각 여러 가지 전기품질 요소 중 일부를 보상할 수 있는 능력을 갖고 있다. 따라서 전기를 사용하는 수용가에서는 영향을 받는 전기품질 오염원의 종류에 따라 주로 문제가 될 수 있는 전기품질 요소를 파악하고 이에 따라 적절한 전기품질 향상기기를 선정하여 설치함으로써 원하는 고품질의 전기를 얻을 수 있게 된다.

또한 전기공급자가 수용가의 전기품질 향상 요구에 대응하는 방안으로서, 수용가에 따라 고품질의 전기를 요구하는 경우에는 상대적으로 높은 비용을 부담하더라도 품질을 높게 유지하는 전기를 공급하고,

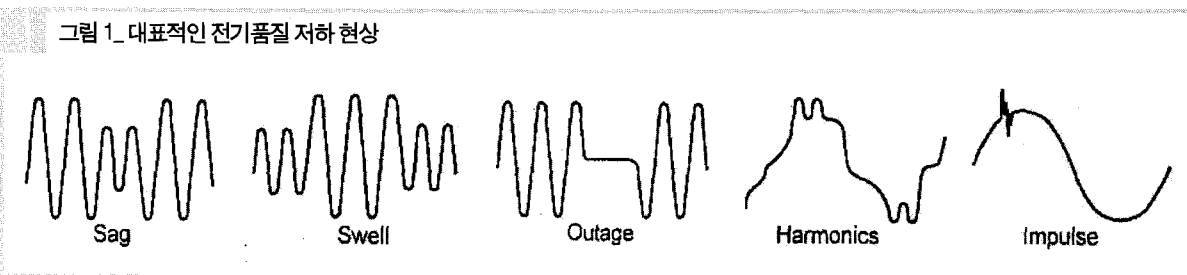
그렇지 않은 경우에는 낮은 비용으로 상대적으로 낮은 품질의 전기를 구분하여 공급하도록 하는 다품질 전력공급 시스템이 연구되고 있다. 이런 경우에 수용가에 따라 요구하는 전기품질 수준에 따라 전압을 보다 정확히 유지하거나 고조파를 특히 낮은 수준으로 유지하거나 하는 목적에 따른 전기의 공급이 가능하게 되며, 이렇게 수용가의 요구에 따라 공급되는 맞춤형 전기를 Custom Power라 하고, 여기에는 전기품질 향상기기가 핵심적인 요소이기 때문에 전기품질 향상기기를 CPD(Custom Power Device)라고 부르기도 한다.

2. 전기품질 향상기기의 국내외 현황 및 전망

전기품질은 일시적인 전압의 변동, 파형의 왜곡 등 전기 품질을 저하시키는 요소를 정량적으로 표현함으로써 나타낼 수 있는데 예를 들어 전압의 변동을 대상으로 하는 경우 전압변동의 크기와 그 지속시간을 지수로 사용할 수 있다. 아래 그림1에 전기품질 저하 현상의 예를 보였다.

전기품질 향상기기는 이러한 전기품질 저하 현상을 보상함으로써 일정한 전압과 주파수의 정현파를 회복하는 것을 목적으로 하는 기기로서, 세계적으로 오래 전부터 전력전자기술을 바탕으로 보상하고자

그림 1_ 대표적인 전기품질 저하 현상



하는 전기품질 요소에 따라 다양한 기기가 개발되어 실용화되어 있다.

대표적인 전기품질 향상기기로서 직렬형 전력품질 보상기기인 DVR(Dynamic Voltage Restorer), 병렬형 전력품질 보상기기인 DSTATCOM(Distribution Static Compensator)과 APF(Active Power Filter) 등이 있으며, 직렬형 기기와 병렬형 기기를 연계시킨 UPQC(Unified Power Quality Compensator)가 연구되고 있다. 가장 대표적인 전기품질 보상기기의 예로서 DVR의 동작에 대한 개념을 아래 그림2에 나타내었다.

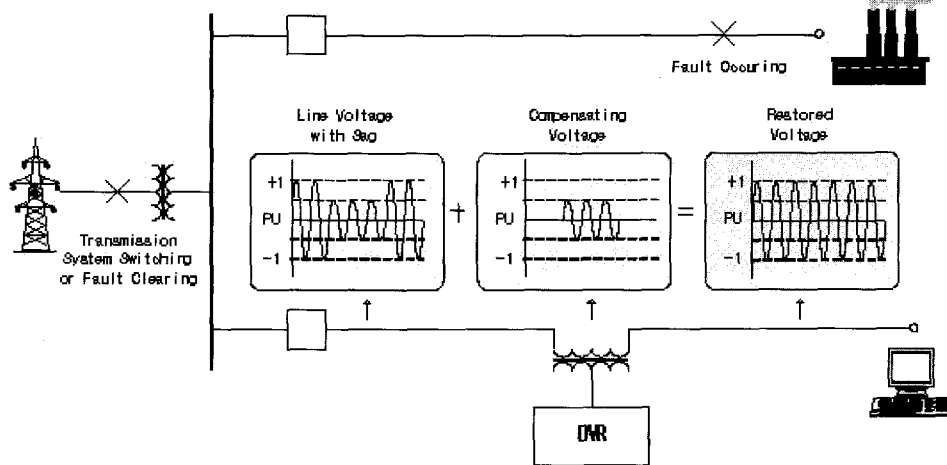
경제성 측면에서 전기품질 향상기기를 살펴본다면 우선 전기품질의 문제로 인한 피해가 어느 정도인지를 확인할 필요가 있으나, 국내의 경우 전기품질로 인한 문제가 집계된 바 없어 정확한 자료가 없는 실정이며, 외국의 경우 DVR을 설치할 때 투자회수기간을 2년 내외로 추정하고 있으므로 이를 참조할 수 있을 것이다.

미국의 경우 1980년대부터 일부 지역에서 전기품질을 저하시키는 고조파를 발생시키는 수용가에 대한 규제를 실시한 바 있으나 실효를 거두지는 못한

것으로 알려져 있고, 전기품질 향상기기에 대한 연구 개발 및 실용화를 지속적으로 추진하여 지금은 다양한 기기가 실용화되어 있다. 현재에는 고품질 전력공급을 위해 배전계통에 설치되는 전기품질 향상 시스템으로서 Premium Power Park에 대한 연구를 수행하고 있으며, 최상급의 품질을 갖는 전기를 수용가에 공급할 수 있도록 하기 위한 개념 정립, 배전계통 및 전기품질 향상기기 적용을 위한 설계방법 개발, 다양한 전기품질 향상기기의 통합운영 방안 등을 포함하고 있다.

일본의 경우에는 1980년대부터 APF 등 전기품질 향상장치의 연구 및 실용화가 이루어져 왔으며, 현재는 다양한 전기품질 향상기기가 실용화되어 있다. 또한 FRIENDS(Flexible Reliable and Intelligent Electric eEnergy Delivery System)라는 이름으로 다품질 전력공급이 가능한 유연 배전계통에 관한 연구를 수행하고 있으며, 다수 변전소로부터의 수전 연계, 분산전원, 전기저장장치 등을 이용한 무정전 전력공급을 포함하여 수용가의 요구에 따라 다양한 품질의 전기를 공급할 수 있도록 하여 수용가 만족도 향상 및 에너지 이용 효율화를 목표로 하고 있다.

그림 1_DVR의 동작개념도



시장 측면에서 전기품질 향상기기는 세계적으로 성장기에 접어들었다고 할 수 있으며, DVR과 DSTATCOM을 중심으로 이미 연간 6,000억원 이상의 규모를 갖추고 있는 것으로 추정된다. 더욱이 유럽에서는 전력산업 구조개편과 연계하여 전기품질과 전력의 가격을 연계하는 전기수급 계약방식이 도입되는 등 전기품질 향상기기의 시장은 지속적으로 확대될 것으로 예상된다.

국내에서는 학계와 전기연구원을 비롯하여 일부 기업체에서 오래 전부터 전기품질 및 전기품질 향상기기에 대한 연구가 진행되어 왔다. 전기연구원에서는 1990년대 중반에 대표적인 전기품질 향상기기인 DVR의 시제품을 개발하였으며, LG산전에서는 이미 90년대 초반에 APF를 개발한 바 있다. 그러나 전기품질 문제가 실제 발생하는 산업체 등 전력수용가에서는 전기품질이라는 개념에 익숙하지 않아 전기의 품질에 기인한 문제를 설비 또는 공정의 보완에 대한 문제로 인식하고 대처하여 온 것으로 생각된다. 반도체 등 전기품질에 민감한 정밀산업체에서는 정전이 발생할 경우 그 피해가 막대하므로 중요 공정에 대해 UPS(Un-interruptible Power Supply)를 설치하여 정전에 대비하고 있는 것이 한 예라 할 수 있다. 이 외의 전기품질 문제로서는 고조파로 인해 보호계 전기의 오동작이 발생하는 경우에 Reactor와 Capacitor를 결합한 Passive Filter를 이용하여 접지계통에 흐르는 고조파를 저감하는 정도가 있어 왔던 것으로 생각된다.

최근 수년 전부터 전기품질에 대한 인식이 확산되기 시작하여 LG산전을 포함한 몇 개 업체에서 전기 품질을 측정하는 PQ Meter가 상품화되었고, 한전의 전력연구원을 중심으로 대기업 연구소와 함께 전기품질 향상기기에 대한 연구 개발이 본격화 되었다. 현재에는 LG산전과 효성중공업 등 몇 대기업에서 DVR, DSTATCOM 등의 전력품질 향상기기가 개

발되어 있고, 2004년 11월에는 전력연구원과 LG산전이 공동으로 고창에 위치한 한전의 배전 실증시험장에 전기품질 향상기기를 실제통과 동일한 환경에서 시험하고, 복수의 전기품질 향상기기를 동시에 운전할 수 있는 전기품질 향상기기 실증시험장을 준공하였다.

국내에서는 그 동안 전기품질에 대한 인식이 부족한 상황에서 전기품질 향상기기에 대한 시장이 제대로 형성되지 못하였으나, 최근 세계 유수업체의 제품이 국내에 소개되고 있고 산업체에서도 전기품질 분석을 시도하는 등 이제 도입기에 있다고 할 수 있다.

아직까지 국내에서는 정전보상을 목적으로 하는 UPS가 널리 사용되고 있으며, 국내 수용가의 전기품질 향상에 대한 요구가 아직 전압의 유지에 중심을 두고 있다는 점을 고려하면 전기품질 향상기기의 시장은 DVR이 UPS를 대체하면서 형성될 것으로 예상된다.

전기품질 향상기기인 DVR을 UPS와 비교하면 DVR은 최대 0.5초에서 수 초 이내의 정전보상만이 가능하므로 수 분에서 수십 분 이상의 정전보상이 가능한 UPS에 비해 부족한 점이 있으나, 이 외에 전압을 일정하게 유지하는 기능을 갖고 있을 뿐만 아니라 국내 정전사고의 90% 이상이 0.5초 이하의 단시간 정전이라는 점을 감안하면 특수한 경우를 제외하고는 뛰어난 경제성을 바탕으로 DVR이 UPS의 역할을 대신할 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 중·대형 UPS의 시장규모를 확인함으로써 DVR에 대한 잠재수요를 추정할 수 있다. 100kVA 이상 중대형 UPS는 정보통신, 반도체 산업 등을 중심으로 2002년 기준으로 연간 150억원 가량의 시장을 형성하고 있는데, UPS를 적용하고 있는 산업을 기준으로 200kVA 이하의 수용가에서는 최대 40%, 10~50MVA 및 이를 초과하는 대규모 수용가에서는 20~30%까지 전기품질 향상기기인 DVR을 적용

(표 1) 중대형 UPS 시장 자료(2002년도)

(단위: 백만원)

	100~200kVA		200~300kVA		300~400kVA		400~500kVA		수량	금액
	수량	금액	수량	금액	수량	금액	수량	금액		
식품, 제약	1	50		-		-		-	50	1
사무실	14	700	1	70	1	95		-	865	16
반도체	2	100		-	20	1,900		-	2,000	22
석유, 화학	3	150		-		-		-	150	3
조립금속	6	300	7	560	1	95		-	955	15
에너지, 환경	13	650		-		-		-	650	13
금속	10	500		-		-		-	500	10
서비스, 유통	5	250	3	210	3	285	2	260	1,005	13
교육, 기관	17	850	2	140	4	380		-	1,370	23
의료기관	5	250	6	420		-		-	670	11
조선		-		-		-	1	130	130	1
정보통신	13	650	15	1,050	11	1,045	3	390	3,135	42
금융	18	900	2	140	2	190	7	910	2,140	29
계	107	5,350	37	2,590	42	3,990	13	1,690	13,620	199

할 수 있다고 가정하면 DVR의 잠재시장 규모는 1,500억 이상으로 추정할 수 있다.

위의 표1에 보듯이 UPS 시장은 100kVA~200kVA급에 대한 수요가 가장 많고 500kVA 이상의 대용량 기기에 대한 수요가 적은 것으로 나타나고 있으나, 외국에서 DVR이 적용된 사례는 500kVA 이상 수 MVA급을 적용한 경우가 많고, UPS가 전기 품질 향상기기인 DVR로 대체되는 경우에는 상대적으로 우월한 경제성으로 인해 유사한 규모의 기기보다 대용량의 기기를 적용하여 전기품질에 둔감한 부하를 제외한 많은 부분을 대상으로 하게 될 것으로 생각된다.

향후 국내에도 분산전원의 본격 도입이 예정되어 있고, 수용가의 고품질 전기에 대한 요구가 지속적으로 증가하게 되면 DVR을 비롯한 다양한 전기품질 향상기기에 대한 시장이 크게 확대될 것으로 예상되며, 미국의 Premium Power Park 또는 일본의 FRIENDS와 같은 다품질 유연배전 시스템이 국내

에서도 차세대 배전 시스템으로 연구되고 있으므로 전기품질 향상기기는 앞으로 지속적인 성장을 보일 것으로 예상된다.

3. 결론

사회 전반에 걸쳐 전기의 품질에 민감한 기기에 대한 의존도가 높아짐에 따라 전기수요 측면에서 전기 품질의 중요성은 지속적으로 높아지게 될 것이다. 반면 전기공급 측면에서는 전력계통의 복잡화, 분산전원의 도입, 비선형 부하의 증가 등으로 인해 전기 품질을 높게 유지하는 것이 어려워져 가고 있다. 이러한 수요와 공급 사이의 차이를 해소할 수 있는 수단으로서 전기품질 향상기기는 세계적으로 도입기를 지나 성장기에 접어들고 있으며, 향후 수용가의 고품질 전기에 대한 요구와 배전계통의 변화에 따라 더욱

다양한 고성능 전기품질 향상장치에 대한 연구 및 실용화가 이루어질 것이다.

이와 함께 세계적으로 전력산업 구조개편이 확대되고 있는 상황에 따른 전기 판매방식의 변화로 전기품질의 향상은 전기 사업자에게 하나의 경쟁력 요소가 되어 가고 있고, 보다 유연하고 고객 지향적인 배전 시스템으로의 발전에 전기품질 향상기기가 중심이 되고 있으므로 배전계통에 전기품질 향상기기가 본격적으로 도입되게 되면 향후 막대한 시장규모의 확대를 예상할 수 있다.

국내 전기품질 향상기기의 기술개발은 DVR, DSTATCOM, SSTS 등 일부 기기의 개발 및 실용화가 이루어진 수준이며, 기업의 자체투자에 의한 연구개발보다 한전 및 공공기금을 활용한 연구개발이 이루어지는데 머무르고 있다. 향후 SSTC(Solid State Tab Changer), BESS(Battery Energy Storage System) 등 다양한 기기 및 전기품질 관련 시스템에 대한 연구개발이 활발히 이루어지기 위해서는 민간투자에 의한 연구개발이 활성화되어야 하는데 이를 위해서는 시장의 활성화가 선행되어야 할 것이다.

시장의 활성화를 위해 기업 측면에서는 고객에게 전기품질 향상기기의 필요성 및 효과에 대한 홍보, 교육을 지속적으로 추진하면서 고객의 전기설비에

대한 실제 전기품질의 측정 및 분석, 적절한 전기품질 향상기기의 선정이 짧은 기간에 이루어질 수 있도록 하는 엔지니어링 능력을 갖추고 고객이 투자효과를 예상할 수 있도록 하는 해석 및 모의 Tool을 제공할 수 있어야 할 것이다. 이러한 능력을 바탕으로 전기품질 향상기기의 시장을 형성해 나가면서 종합적인 전기품질 향상 시스템을 제공할 수 있도록 다양한 기기의 연구개발을 지속적으로 추진함으로써 수요를 확대해 나가야 할 것이다. 이렇게 함으로써 고품질의 전기로 생산성 향상에 기여할 뿐만 아니라 성장기에 있는 세계시장에 진출하여 Global 메이커와 당당히 경쟁할 수 있는 기반을 마련할 수 있을 것이다.

한편 전기품질에 의한 피해의 발생을 막고 관련 기술개발과 시장 확대를 지원하기 위하여 전기품질의 중요성에 대해 보다 활발한 교육, 홍보 및 연구 활동이 학계 및 정부 주도로 이루어질 필요가 있다. 또한 국내 전기품질 문제 및 피해실태 등에 대한 현황 데이터를 수집 및 정리하고, 전기품질의 정의, 측정방법, 허용한계 등에 대한 국내규격을 제정하며, 전기품질 향상기기의 성능을 입증할 수 있는 시험방법 및 절차를 체계적으로 연구하는 활동이 추진되어야 하는데 이는 학계 및 정부 주도의 연구개발사업으로 추진되어야 할 것이다.