

主要 停電事故 原因과 豫防策

The Cause of Main Service Interruption
Trouble and Its Preventive Measure

李 載 明

韓國電力公社 配電處 副處長

1. 序 論

最近 우리 社會가 高度 産業化와 情報化 社會로 進展됨에 따라서 높은 電力供給의 信賴度를 要求하는 목소리가 높아가고 있다.

이제 電力供給은 공급 그 자체가 問題가 되던 量의인 시대에서 供給의 質이 좋은 것을 要求하는 시대로 변화되어 순간적인 停電도 一체 許容하지 않으려는 엄한 환경에 놓여 있다고 하겠다.

이에 電力需給上 直接的인 關係를 맺고 있는 配電線路에서 주로 발생되고 있는 停電事故의 原因과 이에 대한 對策과 함께 분야별로 어떤 역할을 분담해야 할 것인가를 살펴 보고자 한다.

2. 停電現況

가. 配電線路의 原因別 事故現況(표 1)

配電線路 事故原因中에서 樹木, 鳥類, 移物質 등에 의한 外物接事故가 제일 큰 비중을 차지하고 있으며 다음으로 자연열화, 제작불량으로 인한 事故가 많다. 風雨와 雷擊 등 자연현상에 의

한 것은 그 해의 기후조건에 따라 기록이 있으며 다음으로 占有率이 많은 것으로 自動車 충돌로 대표되는 일반인의 過失과 他事故 파급 및 施工, 補修不良 순으로 事故가 발생되고 있다.

配電線路 事故原因別 占有率 變動推移를 보면 그림 1, 2에서 볼 수 있는 바와 같이 外物 접촉 사고는 '84년을 기점으로 약 5%정도 증가추세에 있고 자연열화와 제작불량으로 인한 事故는 '84년을 기점으로 조금씩 증가하고 타사고파급에 의한 사고는 감소추세에 있다.

나. 設備別 事故現況(표 2)

設備別 事故現況을 보면 '84년까지는 碍子事故가 제일 많다가 '86년부터는 電線事故가 碍子 事故를 앞서고 있으며, 다음으로는 柱上變壓器 事故, 機器類事故, 需用家 設備不良, 기타 地中線 순으로 事故가 發生되고 있다.

다. 設備 및 事故率 現況(표 3)

高壓配電線路 연장은 前年對比 10% 이상씩 증가하는 데 비해서 高壓配電線路 연장 100km當 事故件數는 '89년 실적이 10年前에 比해서 342

〈표 1〉

연 도 별	'80		'82		'84		'86		'88		'89		
	건 수	%	건 수	%	건 수	%	건 수	%	건 수	%	건 수	%	
原因 別 故 障 件 數	自然劣化	476	12.1	621	14.2	451	14.0	265	11.4	178	10.4	171	11.1
	外物接觸	637	16.2	690	15.8	493	15.3	466	20.0	404	23.7	356	23.0
	製作不良	313	8.0	499	11.4	496	15.4	221	9.5	186	10.9	190	12.3
	風 雨	650	16.6	333	7.6	253	7.9	271	11.7	125	7.3	142	9.2
	雷 擊	116	3.0	297	6.8	168	5.2	169	7.3	97	5.7	87	5.6
	施工補修不良	292	7.4	289	6.6	230	7.2	181	7.8	121	7.1	99	6.4
	一般人過失	257	6.5	323	7.4	250	7.8	177	7.6	140	8.2	153	9.9
	他故障波及	449	11.4	527	12	318	9.9	221	9.5	123	7.2	115	7.5
	冰 雪 害	89	2.3	43	1.0	50	1.6	28	1.2	19	1.1	28	1.8
	塩 塵 害	84	2.1	128	2.9	72	2.2	30	1.3	80	4.7	33	2.1
	原因不明	334	8.5	396	9.0	273	8.5	177	7.6	114	6.7	87	5.6
	其 他	227	5.9	231	5.3	161	5.0	120	5.1	118	7.0	84	5.5
計	3,924	100	4,377	100	3,215	100	2,326	100	1,705	100	1,545	100	

〈표 2〉

區分	'80		'82		'84		'86		'88		'89		
	件數	%	件數	%	件數	%	件數	%	件數	%	件數	%	
設備別 故障件數	電 柱	210	5.4	201	4.6	196	6.1	154	6.6	86	5.0	127	8.2
	電 線	1,018	25.9	981	22.4	711	22.1	648	27.9	452	26.5	450	29.1
	碍 子	1,060	27.0	1,250	28.6	795	24.7	412	17.7	279	16.4	273	17.7
	柱上變壓器	525	13.4	594	13.6	371	11.6	318	13.7	348	20.4	213	13.8
	機 器 類	143	3.6	231	5.3	290	9.0	188	8.1	163	9.6	138	8.9
	顧客不良	368	9.4	455	10.4	280	8.7	203	8.7	110	6.5	121	7.2
	地 中 線	41	1.0	43	1.0	93	2.9	87	3.7	86	5.0	87	5.6
	其 他	559	14.3	622	14.1	479	14.9	316	13.6	181	10.6	146	9.5
	計	3,924	100	4,377	100	3,215	100	2,326	100	1,705	100	1,545	100

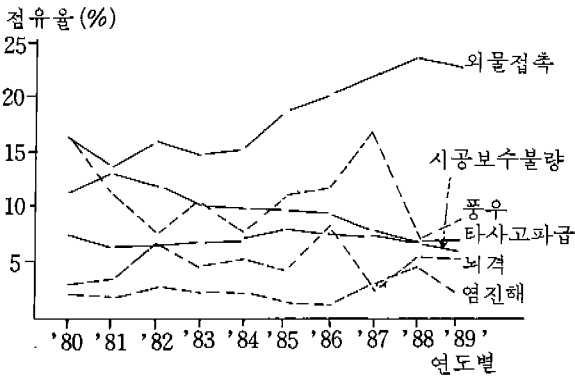
%나 감소되었다.

3. 停電原因 分析

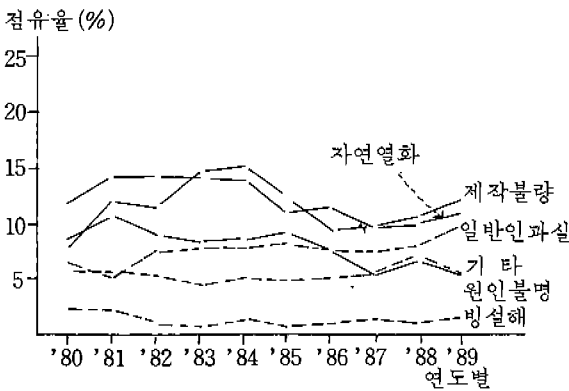
가. 外物接觸

樹木, 鳥類, 移物質 등이 電力線에 접촉됨으로써 發生되는 外物接觸 事故는 전체 사고의 약

1/4을 점유하고 있는 바 1984년까지는 全体事故의 平均 16% 정도이던 것이 그 이후로는 21~23%로 약 5% 정도가 증가되고 있다. '89년도 외物접촉사고를 세분해 보면 수목접촉 100건, 조류접촉 137건, 기타 이물질 접촉 119건의 사고가 발생되었는 바 外物접촉으로 인한 線路事故는 총 356件으로 '80년도 637件에 비해 절대 건



〈그림 1〉 배전선로고장 원인별 점유율 변동추이



〈그림 2〉 배전선로고장 원인별 점유율 변동추이

수는 대폭 감소되었으나 전체 고장에 대한 占有率이上昇한 것은 다른 원인에 의한 사고의 占有率보다 상대적으로 감소율이 둔화되었기 때문이다. 1976년도를 시발로 배전선로 절연화를 계속해서 추진하여 '89년 말 현재로 全体 配電線路의 약 42%가 절연화되었으나 절연화 우선순위를 도시지역의 인가 밀집지역부터 시행하고 있어서 주로 농어촌 야외지역에서 많이 발생하는 외물접촉 사고가 절연화율의 증가와 비례해서 감소되지 않는 데서 기인한다. 向後 야외지역까지도 配電線路의 절연화가 단계적으로 추진됨에 따라 외물접촉 사고도 감소될 것으로 예상된다.

〈표 3〉

年度	'80	'82	'84	'86	'88	'89
고압선로연장(km)	177,787	202,294	219,257	243,970	294,542	311,794
전년대비증가율(%)		14	8	11.3	20.7	5.9
고장건수	3,924	4,377	3,215	2,326	1,705	1,545
100km當고장건수	2.21	2.16	1.47	0.95	0.58	0.50

나. 自然劣化

각종 배전설비가 大部分 外氣에 노출된 상태에서 세월이 경과함에 따라 열화되어 發生하는 사고로서, 그림 2에서 나타난 바와 같이 자연열화에 의한 事故는 '85년을 기점으로 감소추세에 있는 바 이는 資材의 經年特性이 차차 좋아지고 있고, 설비투자를 꾸준히 증가시키고 있는데 따른 것이다. '89년도에 자연열화 사고 171件 중 碍子가 52件, COS가 34件, LA 12件을 합치면 주로 碍子類部分에서 發生되고 있음을 알 수 있는데, 배전선로를 구성하고 있는 가장 기본이 되는 절연자재인 碍子類 機器의 品質向上이 그 어떤 資材보다 하루 빨리 선진국 수준으로 向上되어야 할 시급한 과제라고 생각한다. 이밖에 電線에서도 46件이 발생되고 있는 바 적기에 노후전선의 교체와 水密型 電線의 도입, 電線접속 개소의 완벽한 施工 등의 對策이 있다.

다. 自然現象

風雨와 뇌격 등 자연현상에 의한 사고가 全体 事故中 平均 20% 이상을 점유하고 있는 바 甚만한 자연재해에도 견딜 수 있는 配電設備를 튼튼히 하는 것과 자연재해가 發生할 때 신속히 대처할 수 있는 능력의 배양이 요구된다.

라. 製作不良

기자재의 제작상 결함으로 인한 事故는 '86년을 기점으로 감소추세에 있으나 대부분 國產機

資材의 品質水準이 선진국 제품과 比較할 때 아직도 製品の 質이 뒤떨어지고 있다. '89년도 製作不良事故 190件中 碍子 59件, COS 35件, LA 14件으로 碍子部分이 108건이나 發生되고 있어 碍子製作技術의 개선이 큰 과제가 되고 있다.

마. 일반인 과실

일반인의 과실로 인한 事故는 자동차 충돌로 지지물을 도파, 절손시키거나 과적 또는 重機車輪이 電線을 단선시키거나 地下에 매설되어 있는 電線路를 여타공사로 굴착하다가 發生하는 外傷事故가 대부분으로, 車輛의 급격한 증가로 인해 자동차 충돌사고는 비례해서 증가되고 있으며, 차의 브레이크 고장시 브레이크 역할을 대신해 주는 대상물로서 전주를 택함으로써 자동차 충돌사고가 발생하는 경우도 있다.

바. 타사고 파급사고

타사고 파급사고는 '89년에 115件이 발생되었는데, 이중 111件이 고객 구내設備가 不良해서 事故가 發生되어 우리 公社 供給線路에 파급된 事故로서 고객과의 충분한 협조와 역할 분담이 그 어느 고장보다 더 절실히 要求되는 유형의 事故이다.

마지막으로 配電設備를 新設할 때나 補修工事を 할 때 施工을 工法에 의해서 완벽하게 하지 않아 발생하는 施工 및 補修不良事故와 事故는 發生되었으나 그 事故의 원인을 찾지 못한, 즉, 原因糾明이 안된 상태에서 送電이 되어버린 原因不明事故가 있다. 이러한 원인불명事故는 대개 다음과 같은 유형으로 추정해 볼 수 있는데, 즉, 수용가 구내에서 고장이 發生된 경우 電力會社에 즉시 연락함으로써 現場에 出動, 故障部分을 분리시켜서 많은 여타 需用家의 不便을 最少化하여야 함에도 불구하고 수용가 구내고장을 은폐한 후 원인을 제거해 버리면 電力會社에서는 原因을 알 수 없을 뿐만 아니라 고장개소를 찾는 데 많은 시간과 노력을 낭비하고 선의의 需

用家에게 많은 피해를 주고 있다.

또한, 순간적으로 異物質이 電力線에 접촉함으로써 사고를 발생시켰다가 자연적으로 고장원인이 소멸됨으로써 原因規明을 못하는 경우도 있다.

4. 停電原因別 主要對策

가. 外物接觸事故를 예방하기 위해서는 全配電設備를 完全絶緣化시킴으로써 가능하다. 여기서 完全絶緣化라는 것은 전선의 접속개소나 기기의 터미널 등 配電設備 全体가 하나도 노출부위가 없는 것을 말하는데, 日本의 경우는 配電電圧이 6.6kV인데다 기술수준이 우리보다 앞서 있기 때문에 '70년대 初에 이미 完全絶緣化를 이룩하였으나 우리는 22.9kVY 특별고압 配電線路로 절연 레벨도 높은데다가 각종 절연 커버의 제작기술 역시 뒤떨어져 있으나 尙後 성능이 우수한 절연전선의 개발사용과 각종 기기의 충전노출부위에 절연 커버를 개발 사용하고 절연전선 단선시 신속히 고장전류를 Pick up 하는 보호계전기의 實用化가 된다면 외물접촉 사고는 거의 예방할 수 있다. 현재 使用되고 있는 절연전선에 樹木의 접촉, 이тал이 반복되면 전식작용에 의한 피복손상을 가져와 결국은 事故를 유발하면서 단선사고를 동반할 수 있으며, 2층 구조의 絶緣電線과 수밀성 絶緣電線의 개발사용, 수목접촉사고 방지용 Protector의 개발사용 등으로 예방할 수 있다.

외물접촉사고의 38%를 점유하고 있는 鳥類접촉事故의 방지대책으로는 까치집을 電柱에 못짓게 하는 방안과 까치집을 지어도 事故가 나지 않도록 하는 방안을 병행해서 시행하고 있다. 前者에 대한 대책으로는 완금구멍 제거, 접완금덜개 제작 취부, 풍차식 조류 접근방지기 취부, 완금 텐트, 색깔있는 테이프류 취부 등 다양한 方法을 實施하고 있으며, 後者에 對해서는 잠바개소 절연화, 잠바선 하향시공, 피뢰기 취부시

결함해자 使用等の 對策을 施行하고 있으나 양자 모두가 근본적인 완전한 對策은 아직 마련되지 못한 상태에서 매년 까치의 산란기인 3月~5月 사이에는 까치와 우리 會社 電氣員들과의 치열한 싸움이 계속되고 있다.

나. 자연열화 사고중 比重이 큰 碍子와 地中線 劣化事故에 대해서 기술하면, 雷 서지, 제조 결함, 취급불량 등의 原因으로 세월이 경과함에 따라 碍子の 절연성능이 열화될 수 있다.

電力供給의 高品質化를 위해서 線路絶緣을 담당하는 碍子の 역할은 극히 重要하기 때문에 碍子の 設計面, 제조면, 또는 品質管理面을 통해서 신뢰도가 높은 우수품질의 碍子が 공급되어야만 한다. 불행히도 최근 配電線路에 使用된 191% 현수애자가 제작상 결함으로 인해서 30℃ 이상 높은 기온하에서 파손되면서 많은 需用家에게 停電으로 困한 不便을 초래한 바 있다.

碍子事故를 분석해 본 결과 저품위 磁器原料 使用, 철분함량 초과, 접착 Cement의 特性이 不良한 것으로 나타났으며, 이로 인해 碍子の 흡습성이 不良하여 外氣의 水分을 흡수했다가 날씨가 고온이 되면 팽창이 되면서 절연 내력의 급격한 저하로 파손에 이르게 된다. 이러한 碍子の 品質改善을 위해서는

① 素材의 輸入에서부터 제품출고까지의 매공정에서의 品質管理가 완벽하게 이루어져야 하고,

② 우수한 품질의 外國產碍子를 併用使用함으로써 품질개선에 대한 경쟁을 제고시키고,

③ 사고율이 가장 많은 메이커는 일정기간 동안의 納品을 禁止하는 등의 우수한 품질만이 통용될 수 있도록 제도적 장치가 마련되어야 한다.

地中設備은 특히 높은 품질의 電力供給이 필요한 도시지역에 설치 운전되는 경우가 많고 또한 한번 사고를 일으키면 복구하는 데 많은 시간과 노력을 요한다. 따라서 점점 더 高品質化가 重要하다. 地中配電設備의 主要部分은 케이블로서 이를 高品質化하기 위한 수단으로 地中系統 구성에 의한 고품질화와 케이블의 신뢰도

향상 두가지로 나눌 수 있다. 케이블의 절연성능 저하요인과 열화현상은 절연체중에 異物 또는 Void, 内外 半導電層의 突起 등에 電界가 集中되면 절연체중에 미소방전이 생겨 주위의 절연물을 차차 침식해서 電氣 Tree라고 부르는 樹枝狀의 放電路를 형성해서 이것이 더 진전되면 절연파괴에 이른다. 특히, CV케이블의 경우에는 水分이 큰 영향을 받음으로써 절연체가 흡수된 상태에서 케이블 加壓이 되면 電壓 Stress로 水와 폴리에틸렌이 물리화학적 상호작용을 일으켜서 水 Tree라고 하는 국부적 변화가 생겨 이것을 그대로 방치하면 절연파괴에 이른다.

Cable의 수명을 길게 하려면 근본적 원인이 되는 異物, Void, 突起 등의 결함을 없애고 미소방전과 水 Tree진전을 지연시키는 등 재료와 제조기술의 개량을 함으로써 性能向上을 도모할 필요가 있다. 또한, 미소방전이나 水 Tree에 의한 劣化가 말기상태가 되면 어떤 방법으로든 이를 檢出하여 처음부터 케이블의 交替나 供給 루트의 절체대체가 필요하다.

다. 前項에서 기술한 바와 같이 製作不良의 57%가 碍子類에서 발생하고 있어 애자제작 기술의 向上이 시급한 문제이고 自然劣化의 상당부분과 수용가 구내설비 파급사고의 상당부분도 使用資材가 不良한 것으로 分析되고 있다. 配電資料는 그 特性上 광범위한 지역에 걸쳐서 施設되므로 만약의 경우 제품의 결함이 있을 시에는 이들 광범위한 지역에 걸쳐 시설되어 있는 것을 교체한다는 것은 굉장한 어려움이 따르므로 배전자재의 高品質化가 우선적으로 강조되는 것이다. 이에 대한 대책으로

① 각종 배전자재의 하자보증 기간을 1~2년 이던 것을 3~7년으로 上向 조정하고

② 品質의 우열에 따라 자재의 구매물량을 차등 적용

③ 송배전자재의 품질보증제도 실시

④ 우수품질의 外國產資材의 병행사용 등을 실시할 계획이다.

라. 落雷는 구름속에 모여 있던 電荷가 放電에 의해 地面으로 흐르는 것이다. 配電線路의 雷對策으로는 절연 레벨의 격상, 피뢰기 설치, 가공지선설치, 접지설계 등 Flash over 回數를 감소시키는 방법과 격차절연 고압 Fuse의 효과적 사용, 아크 혼을 使用해서 뇌피해 개소를 한정시키는 방법과 섬락급구의 사용, 難溶斷 電線의 使用, 고속차단에 의한 續流耐量의 增加와 속류를 조기에 차단하는 方法이 있는데, 現 우리회사에서는 피뢰기 설치, 야외지역에서는 가공지선을 설치하여 많은 효과를 보고 있고 피뢰기도 진일보해서 새로운 Gapless Type을 도입하고 있으나 絶緣電線의 뇌단선 방지 등 앞으로 뇌해대책 기술을 연구해야 될 과제이다.

피뢰기는 雷과전압이나 開閉과전압을 대지에 分流해서 그점부근의 과전압을 억제하는 보호기능과 속류는 차단시키고 피뢰기 자체는 원상으로 회복하는 속류차단 기능을 가지고 있다.

마. 自家用 需用家 파급사고의 경우에는 제작 불량, 자연연화 및 외물접촉, 보수불량 등에 기인하는 것이 특징으로서 종래부터 해오는 자가용 수용가에 대한 안내를 행하는 외에 電力會社設備와의 責任分界點에 고장구간 자동개폐기의 부설을 권장하고 있다. 電力會社, 전기보안담당자, 안전공사 및 공사업체가 모여서 파급사고방지를 위한 간담회를 개최하고 그 결과를 널리 반영하며 자가용 수용가 경영자의 電氣保安에 대한 의식을 제고시키고 전기설비에 대한 주임 기술자 의견이 충분히 반영되도록 해야 한다.

바. 일반인의 과실로 인한 사고중 지중 케이블의 外傷事故가 있다. 地中線의 경우 사고점 탐사 복구에 장시간이 소요되기 때문에 만일 사고가 發生하더라도 타계통으로 切替할 수 있도록 계통을 구성하고 또 중요지역은 2回線이 인입되도록 되어야 한다. 地中 케이블의 Digging 事故를 방지하기 위해서는 굴착공사시 현장입회, 견고한 판재의 사용, 케이블 上部에 매설포시, Sheet 부설 등의 대책을 시행하고 있다.

이상 配電線路事故의 原因別 對策에 대해서 약술하였으나 配電設備는 자연환경에 노출되어 있고 인가에 연해서 시설되어 있기 때문에 뇌해, 염해, 풍수해, 他物접촉 등에 대처하지 않으면 안된다. 事故發生을 미연에 방지하기 위해서는 설비강화 외에 기설설비의 점검, 진단을 행해서 사고발생의 우려가 있는 설비를 사전에 색출하는 방법이 있다.

최근 配電設備의 교체주기가 장기화하는 추세에 따라 각종 Sensor 技術의 發達에 착안해서 배전기자재, 열화진단 기술이 활발히 진행되고 있는데, 우리회사에서는 架空 및 地中配電線路에 고장표시기를 설치하고 있으나 앞으로 애자류의 열화진단 기술, 지중 케이블의 활선상태에서 열화진단기술 등이 시급히 도입되어야 할 과제로 대두되고 있다.

5. 結 論

최근 특히 고도 정밀 부하기기의 보급에 따라서 수용가측이 요구하는 신뢰도 내용은 다양화되고 있다. 이에 대한 대책으로서 공급자측에서 보면 配電設備는 공사를 하거나 유지보수를 하는데다 물량면에서 특별히 광대한 量의 設備를 보수, 관리하는 데에 대단한 노력을 필요로 한다. 配電線路 事故를 例로 들더라도 광범위하게 설치된 設備중에서 고장개소를 색출하는 것은 극히 어려운 작업의 하나이다.

따라서 사고점 탐사수법을 自動化 시스템으로 하는 것이 장래의 과제로서 큰 과제이며 그 외에 電力會社는 배전설비 운용기술의 現代化 및 효율화를 계속 발전시켜 나가야 하고 기자재 메이커는 品質이 우수한 제품만을 生産해 내고 工業體는 완벽한 施工를 통해서 施工品質을 改善하고 平均信賴度 이상을 요구하는 수용가는 별도의 자구책을 강구하는 등 각 부분에서 역할분담을 해 나갈 때에 우리에게도 停電없는 社會가 도래할 수 있다고 확신한다.