



배선용차단기의 기술동향

1. 머리말

큐비클식 고압수전설비의 증설 및 리뉴얼(Renewal) 수요의 증가에 따라 「콤팩트하고 경량(輕量)이며 안전성이 높은 큐비클에 대한 요구」는 신규설비 적용에도 크게 확대되고 있는 추세이다.

이러한 가운데, 큐비클에서 가장 많이 사용되는 기기의 하나인 배선용차단기(配線用遮斷器)에 대해서도 보다 콤팩트화가 요구되고 있다.

여기서는 주로 이 「콤팩트(Compact)화」를 키워드로, 최근의 배선용차단기의 기술동향에 대하여 기술한다.

2. 차단성능의 향상

배선용차단기 분야 뿐만이 아니고 최근 일본 산업계의 큰 동향으로서, 각종 기준·규격의 국제정합화(整合化)를 들 수 있다. 이 큰 흐름은 배선용차단기의 기본기능인 차단능력에 있어서도 예외는 아니다. 구체적으로는

- Icu(O-CO의 2회 차단)와 Ics(O-CO-CO의 3회 차단)의 2개 통로의 차단책무(責務)의 규정
- 전압상접지식(電壓相接地式) 배전시스템에 있어서 1선지락을 예상한 단극차단시험
- 비접지(IT)시스템에서의 2중지락을 예상한 단극

차단시험

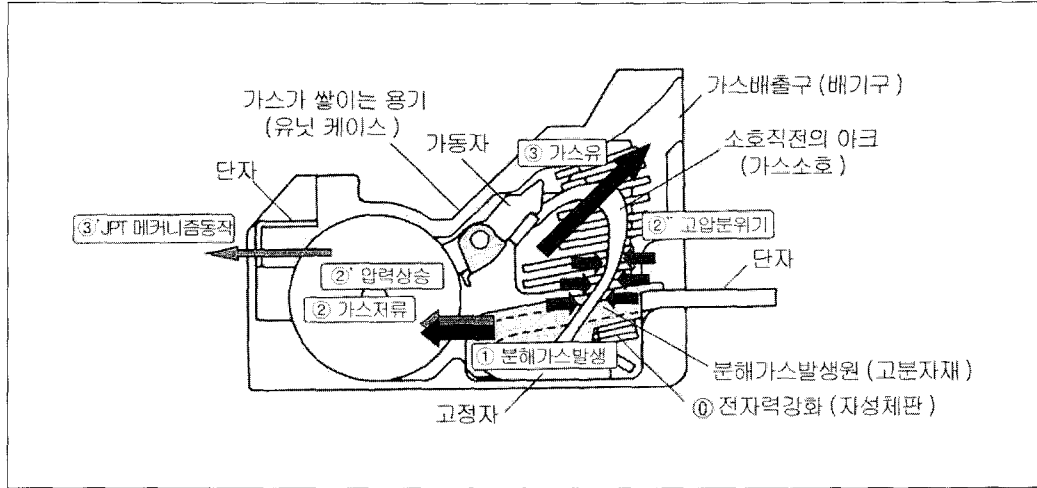
이라고 하는 성능이 필수적이다.

또 전술한 Ics 책무의 차단용량은 대개 Icu 책무의 그것보다 작았으나, 사용자측의 입장에서는 사용하기 편리함에서 양자의 값이 같은 것이 바람직하다.

또한 큐비클식 수전설비의 JIS 규격(JIS C 4620) 개정에 의해 배선용차단기에 요구되는 최소한의 필요한 정격차단용량이 일부 격상되어, 종래의 제품 그대로는 1급 높은 정격차단용량을 가진 제품으로 여지없이 변경하는 경우도 나왔다. 특히 경제성의 면에서 정격차단용량을 올리도록 요구되고 있다.

이들 요구를 외형 크기를 바꾸지 않고 실현시키기 위해서는 「높은 한류(限流)성능」과 「높은 회로전압에서의 차단능력」이 필요하게 된다.

종래에는 이러한 차단성능 향상을 위해서는 점점의 둘레를 절연물로 씌워 아크를 제어하는 VJC(Vapour Jet Control)기술이나, 고정자(固定子)와 가동자(可動子) 간에 생기는 전자흡인력(電磁吸引力)과 반발력, 그리고 VJC 절연물에서 발생하는 분해가스의 압력으로 가동자를 고속으로 개리(開離)시키는 ISTAC(Impulsive Slot-Type Accelerator)기술이 이용되어 왔으며, 더욱이 이들을 발전·통합시킨 Advanced ISTAC 기술을 개발함과 아울러 전혀 새로운 개념의 차단기술인 PA(Polymer Ablation)-오토파괴 기술을 개



〈그림 1〉 신차단기술 모델

발했다. 또한 고속차단기술 JPT(Jet Pressure Trip) 메커니즘을 개발하여, 이들의 상승(相乘)효과로 차단 성능을 비약적으로 향상시키고 있다(그림 1 참조).

가. PA-오토파퍼

PA-오토파퍼란, “아크열에 의하여 고분자(플라스틱)재(材)에서 대량의 증기를 발생시켜 축압공간압(蓄壓空間壓)을 올려, 이 증발가스를 전류 영점 부근에서 아크에 수직방향으로 내뿜어 소호(消弧)하는” 전혀 새로운 개념의 차단기술이며, 고분자재(高分子材)의 분해가스로 전극증기를 불어 날려버림으로써 전극 간의 절연회복속도가 대폭적으로 개선된다.

이것에 의하여 높은 회로전압(예를 들면 690V)에서의 차단용량을 향상시킬 수가 있다. 또한, 전압이 높은 회로에 사용하는 경우에는, 종래의 차단기가 큰 개리거리(開離距離)와 다수의 소호관을 필요로 한 것에 비해, 매우 단순한 구성으로 높은 차단성능이 얻어지기 때문에 소형화가 가능해진다.

최신제품에서는, 전원단자측에만 배기구를 시설한 유닛 케이스를 이용하여 VJC 절연물에서 발생하는 분해가스를 쌓이게 한다. 단락사고가 발생하여 아크전류가 증가해 가는 과정에서는 축압공간에 아크로 인해 분해된 VJC 절연물가스가 머물게 된다. 계속해서 전류가 피크를 지나 아크에너지가 감소해 가면 머무르고 있던 분해가스가 아크에 대하여 수직방향에서 내뿜게 되어, 아크가 만곡(彎曲)·신장(伸張)하여 소멸된다. 아크가 소멸된 뒤에도 분해가스의 흐름에 의해 공간의 절연회복이 급속히 진행되기 때문에, 회로전압이 높은 경우에도 아크가 다시 일어나는 일은 없다.

나. JPT 메커니즘

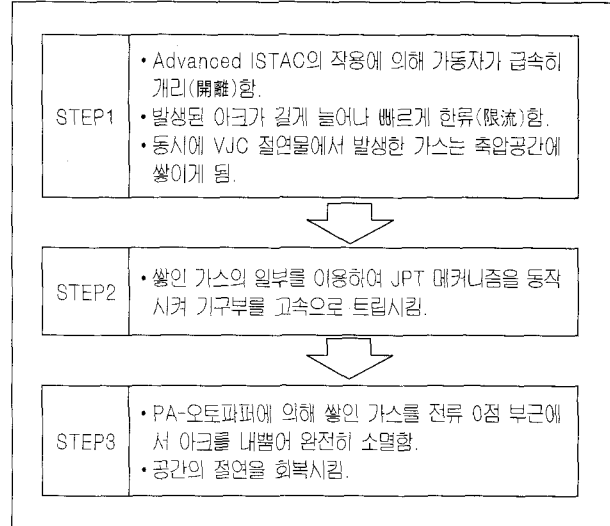
JPT 메커니즘에서는, 단락차단시에 PA-오토파퍼 차단기술에 의해 축압공간에 쌓인 고압 분해가스의 일부를 분사식으로 유닛케이스에서 내뿜어 JPT 액추에이터를 움직인다. 이것에 의해 전자릴레이의 동작 전에 차단기 기구부를 곧바로 구동하여 고속으로 트립동작시킨다.

아크 에너지를 이용하기 때문에 종래의 전자석(電磁石) 방식에 비해 단락전류영역에서의 트립동작이 고속으로 되어, 통과에너지의 저감과 차단기의 신뢰성 향상을 동시에 실현시키고 있다.

다. Advanced ISTAC

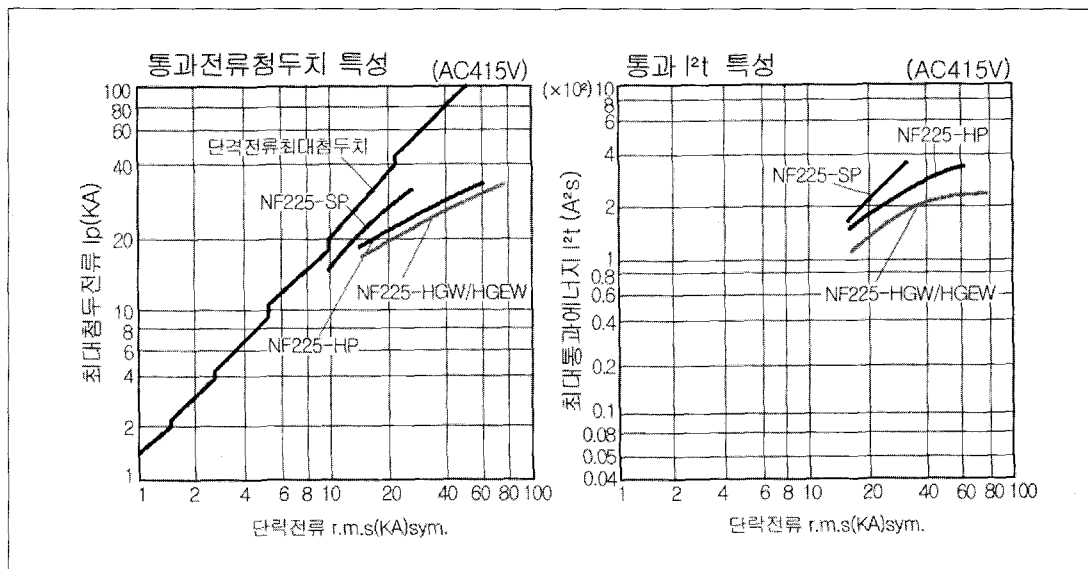
ISTAC 기술이란, ISTAC 전류로(電流路)와 그것을 덮고 있는 VJC 절연물로 구성되는 한류(限流) 차단 기술로, 전류로가 발생하는 전자력과 VJC 절연물에서 발생하는 가스압으로 가동자를 고속으로 개극(開極)시킨다. 또한, 개극 초기에는 접점 간에 발생한 아크가 고정자 전류로부터 큰 전자구동력이 주어질 때까지 길게 늘어지기 때문에 아크전압이 급속하게 일어난다.

최신제품에서는, 이 ISTAC 기술에 의해 아크전압이 일어서는 것을 더욱 가파르게 하기 위하여 자체가 보다 효율적으로 가동자 및 아크에 작용하도록 ISTAC 전류



〈그림 2〉 차단 메커니즘

로가 만드는 루프 안에 자성체코어를 배치하고 있다. 이 자성체코어에 의해 가동자에 작용하는 전자개극력은 종래제품과 비교하여 약 40%, 아크에 작용하는 전자구동



〈그림 3〉 한류성능의 향상

〈표 1〉 종래제품과 최신제품의 대응상 차이

차단기 전류 (kVA) 별입기 용량	전류 (A)	단상 200V			3상 200V		
		50	100	225	50	100	225
30			*	*	*	*	*
50			*	*		*	*
75		*	*	*		*	*
100		*	*	*	*	*	*
150			*	*	*	*	*
200			*	*		*	*
300			*			*	*
500		-	-	-	*		

- 최신제품의 사용에 의해 종래제품과 같은 시리즈의 대응이 가능
- 최신제품의 사용에 의해 1개 등급 밑의 시리즈 대응이 가능
- * 차이 없음

력은 약 10%, 각각 향상되고 있다.

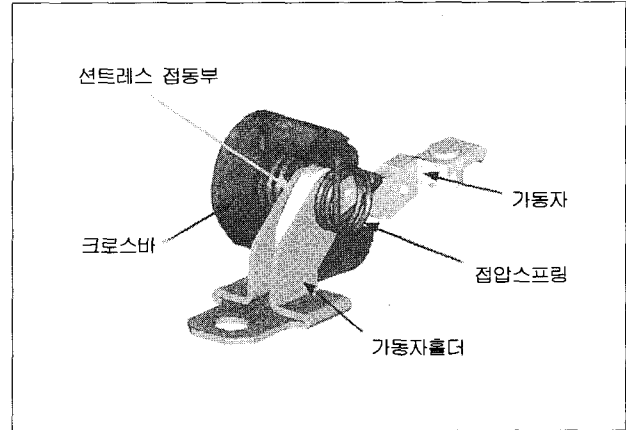
또한, 대부분 밀폐된 유닛 케이스 안에서 VJC 절연물 증기를 발생시켜 매우 높은 고압의 분위기를 만들어내고 있어, 그 효과에 의한 아크전압의 상승도 어울려서 단락사고전류의 감쇠(減衰)를 빠르게 하여 통과에너지 I²t의 저감을 도모하고 있다.

이상 3가지 새로운 차단기술의 작용을 종합하면 그림 2와 같다. 또 실현된 높은 한류성능의 그래프를 그림 3에 표시했다.

또한 사용이 편리한 면에서의 일례로서, 전술한 JIS C 4620에 있어서의 종래제품과 최신제품의 대응상 차이를 표 1에 표시하였다.

3. 長開閉 수명을 실현한 新기구

배선용차단기의 개폐수명에는 기계적 개폐수명과 전기적 개폐수명이 있다. 전자는 주로 기구부의 마모와 손상에 의해 정해진다. 후자는 거기에 더하여 접점의 소모에 지배되고, 일반적으로 전자보다 수명이 짧다. 기구부



〈그림 4〉 선트레스 통전기구

의 손상으로는, 특히 선트(Shunt)의 피로단선이 개폐수명을 제한하는 큰 요인이 되고 있다.

최신제품의 일부에서는, 선트레스(Shunt-less) 통전기구(그림 4 참조)를 채용하여, 가동자와 가동자홀더를 접촉시킴으로써 선트를 없애게 하여 개폐수명의 대폭적인 향상을 실현시키고 있다.

또한, 2장에 기술한 신 차단기술의 효과로 내구성능이 우수한 접점의 사용이 가능해져 이것도 전기적 개폐수명의 향상에 기여하고 있다.

4. 환경부하의 저감

2장에서 기술한 차단성능의 향상, 그리고 3장에서 기술한 선트레스(Shunt-less) 통전기구의 채용에 의해 100A 프레임의 세로길이를 155mm에서 130mm로 소형화하고 동시에 30~100A 프레임의 세로·높이의 각 길이가 통일되어, 한층 더 반(盤)설계의 효율화에 기여하고 있는 것으로 생각된다. 또한, 재료사용량의 삭감 등으로 인하여 직접적으로 환경에 대한 부하 저감으로 이

어지는 것으로 생각된다.

여기서는 이것 이외의 추진현황에 관하여 두, 세 가지 소개한다.

가. 熱可塑性플라스틱의 사용과 재료명 표시

지금까지 차단기에 사용되는 플라스틱은 페놀 수지(PE), 불포화 폴리에스테르 수지(PE) 등으로 대표되는 열경화성(熱硬化性) 플라스틱인 경우가 많았다. 현재는 플라스틱 재료의 리사이클성을 고려하여, 폴리브틸렌 테레프탈레이트(PBT), 나이론(PA) 등의 열가소성(熱可塑性) 플라스틱으로의 전환이 추진되고 있다. 또 주요 플라스틱 부품에는 사용재료명을 표시함으로써 리사이클을 용이하게 하고 있다.

더구나, 열가소성 플라스틱 재료는 열경화성 플라스틱 재료와 비교하여 일반적으로 내(耐)충격성이 우수하고 중량도 적다. 따라서 제품의 소형화와 더불어 포장재료의 삭감을 가능케 하는 부차적인 효과도 있다.

나. 나사못·리벳類의 삭감

체결부품(나사못, 리벳 등)을 삭감함으로써 분해·분별하기 쉬운 제품이 된다. 최근에는, 압입(壓入)에 의한 부품의 고정(固定)이 많이 이루어지고 있으며, 최신제품의 일부에는 통전부의 접속개소 이외에 나사못이 전혀 없는 것도 있다.

다. 유해물질의 사용 삭감

종래부터 차단기에 널리 사용되어 온 유해물질로서 철(鐵)계통 재료의 도금에 사용되는 크롬, 회로부품의 접합에 사용되는 납, 점점에 포함되는 카드뮴, 플라스틱 재료의 염화비닐 등이 있으나, 최근에는 이들 유해물

질에 대한 규제도 크게 부상하고 있다. 이러한 규제화는 유럽이 앞서가고 있으나, 일본에서도 여기에 보조를 맞추기 위해 전술한 재료를 사용하지 않는 기술개발을 추진하고 있다.

또한, 플라스틱 재료에는, 기계적·전기적·열적인 성질을 향상시키기 위한 각종 기재(基材)를 충전하고 있는 일이 많으며, 특히 절연재료의 난연성(難燃性)을 규정하는 글로와이어 성능을 만족시키기 위해 첨가되고 있는 난연제 가운데는 할로겐계통의 것이 존재하고 있어, 이러한 것을 사용하지 않도록 주의시키고 있다.

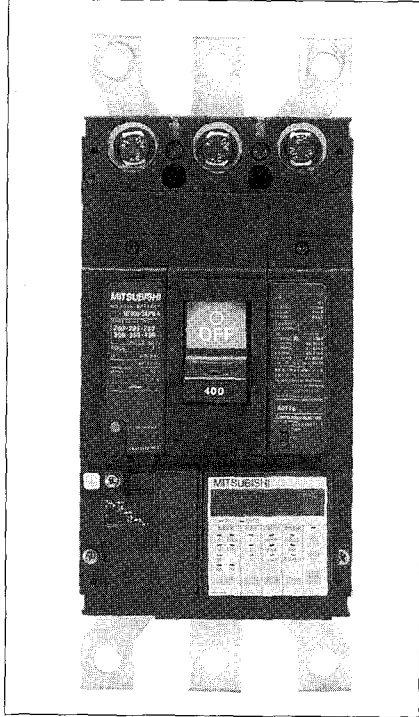
5. 전로정보감시용 차단기

최근의 배선용차단기는, 본래의 목적인 과부하·단락 보호 외에 이제까지 배선용차단기의 주변기기로 보충하고 있었던 제어는 물론, 감시까지도 포함하여 전로정보 감시 및 에너지절약을 위한 지원이라고 하는 「큐비클 말단에서 관리하는 기기」로서 다양화되고 있다. 이러한 니즈에 대응하는 제품을 여기에 소개한다.

가. MDU부착 차단기

MDU(Measuring Display Unit)가 부착된 차단기는, 전류·전압·전력·전력량·역률이라고 하는 전로정보를 계측·표시 그리고 전송까지 할 수 있는 기능을 구비한 차단기이며, 225~800A 프레임의 폭넓은 제품군(群)과 각종 네트워크(B/NET 전송·CC-Link 전송·전력량 펄스출력)의 대응으로 「스페이스절약·인력절약」, 「고기능화·다기능화」, 「토털 코스트 메리트의 추구」에 공헌할 수 있는 제품이다(그림 5 참조).

또한 최신의 제품에서는 이하의 항목을 둘 수 있다.



〈그림 5〉 MDU부착 차단기

— 계측정도(計測精度)의 향상

리얼타임 AGC(Auto Gain Control)기술에 의해 전류·전압의 계측 샘플링주기를 종래의 2초에서 0.25초로 고속화를 도모함과 동시에 전력량의 정도(精度)도 계측정격 5~100%의 범위에서 실제 치(值)의 $\pm 2.5\%$ 이하로, 비약적으로 향상시키고 있다. 또한 전류의 0.4% 정도 이하이면 전력량의 계측도 가능(전력은 종래대로 전류의 2% 미만에서는 0으로 표시)한 것으로 되어, 소비하는 에너지양이 적을 경우에도 에너지절약 관리가 실현된다.

또한, 누설전류 계측정도도 종래의 계측정격 500mA의 $\pm 10\%$ 에서 $\pm 2.5\%$ 로 향상시킴으로써 보다 더 전로의 절연열화상태를 정확히 파악할 수 있게 된다.

— 차단기 감시기능의 충실

경보스위치 및 보조스위치를 탑재함으로써, 차단기의 트립상태나 On/Off 상태를 B/NET전송 또는 CC-Link전송으로 상위시스템의 전송이 가능하게 되었다.

— 고조파 계측의 추가

고조파(高調波)억제 가이드라인에서 요구하고 있는 부하전류의 고조파전류계측(3~19차 및 종합)을 추가하고 있다.

또한, 누설전류 계측에 있어서, 고조파함유 '유무(有無)'의 전환기능을 가지고 고조파함유 '무'로 했을 경우, 낮은 컷오프주파수를 가진 액티브 필터에 의해 고조파 성분을 제거하고 계측할 수가 있다.

— MDU유닛의 소형화

외형크기를 종래의 약 90×90(mm)에서 약 90×75(mm)로 소형화를 실현했다. 또 차단기를 가로(橫)로 설치했을 경우, MDU유닛을 회전시켜 설치하는 것이 가능해졌다.

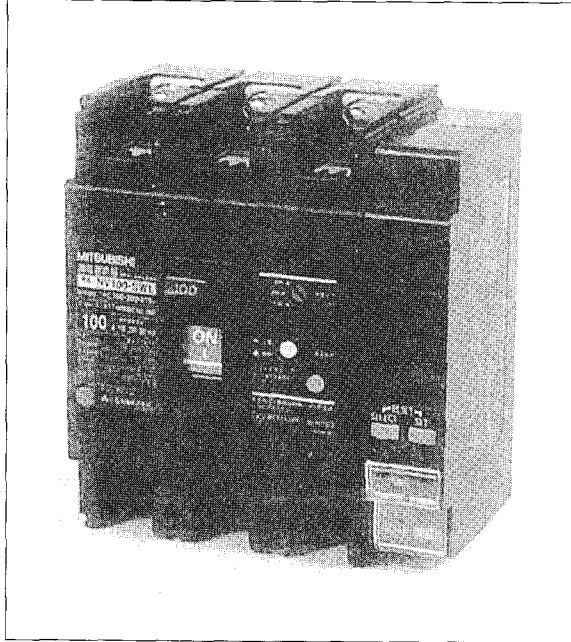
나. 누설전류표시부착 차단기

감전보호·누전화재보호를 위해 누전차단기가 일반적으로 사용되고 있으나, 이 누전차단기가 트립했을 때

- 누전트립이 다시 나타나지 않는다
- 누전전류치가 고조파의 영향으로 측정이 곤란하다

라고 하는 이유 때문에 원인조사가 곤란한 경우가 많다. 그래서 누전차단기의 동작원인 조사를 지원하는 기기로서, 누전전류치의 액정(液晶)표시 유닛을 탑재한 「누전전류표시부착 차단기」를 개발했다(그림 6 참조).

이것으로 인해, 전로에 영상변류기 및 계측기 등을 설



〈그림 6〉 누전전류표시부착 차단기

치하는 일 없이, 전로의 절연열화 상태나 누전사고 상황을 간단히 파악할 수 있게 된다.

또, 액정표시 유닛의 제어전원은 차단기 내부에서 취하고 있기 때문에 특별한 배선작업이 필요 없다. 제어전원은 차단기가 '오프'상태 또는 '트립'상태에서 끊어지지만, 내부에 2중층 콘덴서를 내장하고 있기 때문에 각종 누설전류정보를 표시하는 것이 가능하다.

주된 특징은 다음과 같다.

- 각종 누설전류 계측의 표시(현재치, 최대치, 이동평균치, 이동평균의 최대치, 각 최대치의 발생경과시간)
- 누설정보의 설정감도를 세밀하게 설정 가능, 그리고 점점정보출력을 표준타재
- 누전트립 발생시의 누전사고전류치 및 누전사고 발생에서부터의 시간경과를 표시

- MDU부착 차단기와 마찬가지로, 낮은 컷오프 주파수를 가진 액티브 필터에 의해, 누전차단기의 동작특성에 맞는 누전전류치를 표시 가능
- 누전정보만으로 누전트립 동작을 하지 않는 누설전류표시부착 노퓨즈차단기도 제품화

6. 맺음말

큐비클식 고압수전설비에 현재 바라고 있는 스페이스 절약(컴팩트화)·에너지절약이라고 하는 시장요구에 부응하는 배선용차단기의 기술동향에 관하여 기술했다. 최근 규제완화의 흐름 가운데서, 큐비클의 규격·사양 등의 재검토도 추진하고 있어, 이번에 소개한 제품군이 여러분의 검토에 다소나마 도움이 되었으면 한다.

또한, 분기차단기의 무정전 교체·증설에 위력을 발휘하는 '플러그인'형의 보급, 이른바 「경제성(코스트다운)」이라고 하는 또 하나의 시장요구에 대해서도 적극적으로 과감하게 기술 확립을 시행하여, 앞으로도 여러분에게 도움이 되는 제품개발에 전력해 나갈 생각이다. ☒

이 원고는 일본 生産と電氣에서 번역, 전재한 것입니다. 본고의 저작권은 生産と電氣에 있고 번역책임은 대한전기협회에 있습니다.