

배전선로 무정전 활선작업용 Manipulator 개발현황 및 사례

김재훈, 김승호*, 김창희*, 이흥호, 한상욱
충남대학교, 한국원자력연구소*

Development and Case of Manipulator Robot for Live-Working on Distribution Lines

Jae-Hoon Kim, Seung-Ho Kim*, Chang-Hoi Kim*, Heung-Ho Lee, Sang-Ok Han
Chungnam National University, KAERI*

Abstract - Nowadays, economical and social environments are changing to the type of an advanced country for development of techniques in power industry. So most of workers are recently avoiding the 3D works and asking for safety of working environment, etc. in highly dangerous parts such as hot line working on distribution lines, especially. Therefore, most advanced countries are using the support-arm or robotic systems on distribution line works for securing the construction reliability, economical feasibility and protection of linemen from the electric shock and so forth. In special Japanese electric power companies are using the robotic system named manipulator. In Korea, a support-arm has been developed for safety and facility in live working on distribution lines but not widely supplied. In this paper we will introduce development cases of support arm and manipulator robot for live working on distribution lines.

Keyword : manipulator robot, live working, distribution lines

1. 서 론

송배전선로는 국가 기간설비의 하나로써 그 중요성이 매우 크며 이러한 중요 설비의 원활한 선로운전을 위한 유지보수작업은 필수적이다. 우리나라의 사회구조가 선진국형으로 변화되면서 고품질의 전력수요 공급을 위하여 배전선로의 활선작업의 필요성은 매우 커지고 있다. 최근 배전선로 유지보수작업에 있어 활선작업은 일반화되어 있으며, 대부분의 전력회사에서는 전력공급 신뢰도 확보 및 무정전 공급을 위해 활선작업에 의한 유지보수를 선호하고 있다. 이와 같은 활선작업은 무정전 측면에서는 좋으나 활선을 직접 접촉하여 작업을 하는 관계로 매우 위험성이 크며 작업자는 약간의 부주의로 인한 사고로 인명손실 및 부상 등을 당할 우려가 있다. 따라서, 이러한 문제를 해결하지 않고서는 작업환경의 위험성으로 인해 작업자의 확보가 어려워 질 수 있으며, 작업 기피현상도 우려된다.

이러한 위험성을 줄이거나 방지하기 위한 방안의 일환으로서 이미 일부 선진국의 경우에는 간접활선작업용 활선작업 공구의 일종인 보조암이나 활선작업용 로봇을 개발하여 활용하고 있다. 이러한 장비는 작업자를 대신하여 위험한 작업을 수행하거나 작업자를 보조해주는 역할을 하며 위험상황으로부터 작업자를 보호하게 된다.

그러나 이러한 장비는 현재로서는 가격이 매우 고가이

어서 전기공사업체가 활용하기에는 다소 부담스러운 상황이기에 실질적으로 이러한 로봇의 활용이 쉽지 않다.

국내의 경우 과거 배전선로 활선작업을 위한 로봇시스템 개발을 추진하여 왔으나 외국으로부터 기술도입을 통하여 그대로 활용하기에는 우리나라의 선로 및 선로환경에 적합하지 않으며 또한 막대한 개발비, 개발 후 경제성 등으로 개발되지 못한 실정이다.

그러나, 최근 전기공사협회와 한전전력연구원, 한국전기연구원 등에서 활선작업 시 작업자를 보조해 줄 수 있는 보조암 및 공구류를 개발한 전례가 있으며, 한국원자력연구원과 한전전력연구원을 중심으로 배전선로 활선작업을 위한 매니플레이터(manipulator) 로봇 개발에 대한 연구가 가속화되고 있다.

따라서 본 연구에서는 현재 일본, 스페인, 미국 등과 같은 선진국의 활선작업용 로봇시스템에 개발현황 및 사례 등을 조사하고 분석하였다.

2. 본 론

2.1 배전선로 활선작업 현황

활선작업은 무정전 상태에서 배전선로를 유지 보수하기 위한 작업방법으로서, 국내에서는 1962년 미국 EBASCO사의 용역자문으로 활선작업이 시작되었다. 당시 6.6kV 배전선로가 주중을 이루었기 때문에 고무장구를 착용한 상태에서 직접 활선을 다루면서 작업을 하는 직접활선공법이 주가 되었다. 이후 배전용량의 증대로 인해 배전선로의 전압이 22.9kV로 승압되었고, 고전압에 대한 위험성이 커짐에 따라 간접활선공법 즉, 전공이 직접 활선을 다루는 것이 아니라 절연체인 핫스틱(hot-stick)을 이용하여 활선으로부터 일정한 거리에서 작업을 하는 간접활선공법이 실행되기 시작하여 오늘에 이르고 있다. 또한 배전선로 운영 초기에는 전기사업자가 직접 활선작업을 하였으나 배전선로의 증대로 인해 전기공사업체가 직접 활선작업을 할 수 있도록 되어 있어 현재에는 전기공사업체의 활선작업이 더 많은 상황이다. 1990년도 초부터는 국내에서도 활선작업차가 개발되어 보급됨에 따라 작업자가 고무장구를 착용한 상태에서 직접활선작업이 가능하게 되었는데, 활선작업차가 진입하지 못하는 특별한 경우를 제외하고는 작업시간의 단축과 작업의 용이성 측면에서 많이 적용되고 있는 활선작업 방법이다.

활선작업은 무정전공법의 일종으로서 이의 분류를 보면 그림 1과 같다. 그림에서 보는 바와 같이 무정전공법에는 활선작업공법과 임시송전공법으로 나뉘어지고, 활선작업공법에는 다시 간접활선공법과 직접활선공법으로 나뉘어 분류되고 있다.

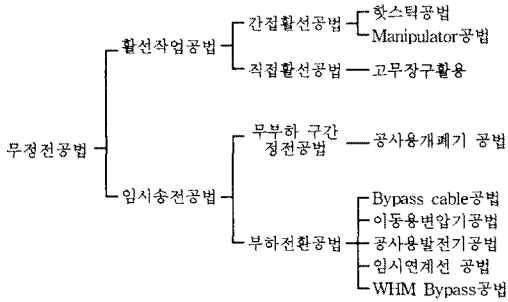


Fig 1. Classification of the method of no power interruption

2.1.1 직접활선공법

직접활선공법은 간접활선공법의 단점을 보완하기 위하여 그리고 초창기 배전전압이 낮은 경우에 적용된 방식으로서 작업자가 대지로부터 절연된 활선작업용 버킷트럭(bucket truck)을 타고 활선 상태에 있는 전선을 직접 고무장갑이나 고무장구를 이용하여 작업하는 공법이다. 이 공법은 작업이 용이하고 특히 작업시간을 매우 단축시킬 수 있어 작업현장에서 선호되고 있지만 항상 섬락에 대한 위험이 크다는 것이 큰 단점이 되고 있다.

직접활선공법으로 이루어지고 있는 배전공사의 종류로는 직선점퍼선 연결, 분기점퍼선 연결, 편애자 및 완금교체, 개폐기신설 및 교체, COS교체, 인하선 신설, 할입주신설, 장주변경 피뢰기신설 및 철거 등을 들 수 있다.

직접활선공법은 대지로부터 절연된 버킷을 타고 전압이 인가되어 있는 활선을 직접작업을 하는 관계로 작업자의 부주의에 의한 사고의 위험성이 매우 크다. 이에 따라 활선작업시에는 작업자의 숙련된 기술을 요구하며, 나아가 관련 장비의 전기적인 절연성능이 매우 중요하다.

2.1.2 간접활선공법

간접활선공법은 작업자가 전기적으로 절연된 공구(hot-stick) 또는 장비를 이용하여 활선으로부터 일정한 거리를 유지한 상태에서 작업하는 방식으로서 안전성은 있으나, 작업시간이 길게 소요되는 것이 큰 단점이다.

배전선로 작업 중 간접활선공법으로 이루어질 수 있는 작업은 전주교체작업, 현수애자교체작업, 완금교체작업, 특고압편애자교체, 분기점퍼선절단연결 등의 작업이 있다. 간접활선작업은 많은 작업인원이 필요하고 작업소요시간이 과다하게 걸리는 문제점이 있으나, 활선작업차가 진입하지 못하는 좁은 현장에서는 다소 효과적인 방법이라고 할 수 있다.

2.2 배전선로 무정전 활선공법

활선작업공법 중 직접활선공법은 작업이 용이하고 작업시간이 적게 걸리는 장점 때문에 현장에서 선호되고 있는 공법이지만, 적지 않게 안전사고가 발생되고 있는 것이 현실이다. 사고는 주로 작업자의 부주의나 순간적인 실수에 의해 발생하는 감전사고가 대부분이다. 이러한 문제로 인해 특히 활선작업에 대해서는 숙련된 작업자를 요구하고 있다.

그러나 최근 들어서는 활선작업의 위험성으로 인해 작업을 기피하는 현상이 커지고 있고 활선작업자의 확보가 어려워지고 있는 실정이다. 이에 따라 일본의 경우에는 오래 전부터 이러한 현상을 대처하기 위한 일환으로서 활선작업의 위험성을 최대한 줄이기 위해 작업자를 대신하여 작업하거나 작업을 도와줄 수 있는 장비를 개발하여 활용하고 있다. 이러한 장비로서 대표적인 것이 활선작업용 로봇인 매니퓰레이터(manipulator)이다. 이의

홀드암(hold arm), 기계니컬암(mechanical arm), 슈퍼암 등이 있다.

2.2.1 활선작업용 보조암

가. 홀드암(Hold arm)

홀드암은 일본에서 6.6kV 배전선로 작업용으로 활용되고 있는 제품으로서 버킷차체에 고정시킨 상태에서 보조작업을 하도록 제작된 제품이다. 주요 작업내용은 물체지지 및 고정하는 작업이다. 그림 2는 홀드암을 이용한 활선작업을 보여주고 있다.

홀드암은 그림 2에서와 같이 버킷차체에 고정을 시키기 때문에 작업자가 직접 수동으로 암을 움직여서 작업을 하는 것이 특징이다. 제품이 가볍기 때문에 무리 없이 조작할 수 있는 반면에 작업할 수 있는 범위가 좁고 지지중량도 가벼운 것이 단점이다. 특히 우리의 경우와 같이 22.9kV 배전선로에서 작업하기에는 무리가 있는 제품이기도 하다. 홀드암의 주요 사양을 표 1에서 나타내고 있다.

홀드암의 목적은 작업보조를 목적으로 하며, 특히 6.6kV 배전선로를 대상으로 하고 있어 우리의 작업현장에는 적절하지 않은 점이 있다.

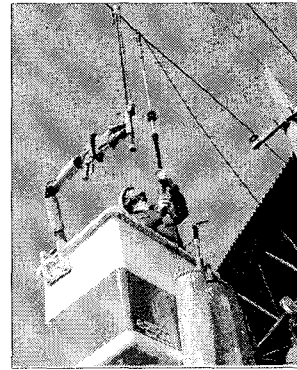


Fig 2. Hold arm

Table 1. Specific of Hold arm

본체치수	690(L)x255(W)x635(H) mm (격납시)	
본체중량	29 kgf	
내전압	13.5 kV, 5 min	
팔	선단지지하중	10 kgf
	작업반경	1,100 mm
파지부	파지력	15 kgf
	집게 폭	90 mm (개방시)

나. 기계니컬암(Mechanical arm)

기계니컬암(mechanical arm)은 일본의 몇몇 전력회사에서 사용하고 있는 것으로 알려져 있다. 핫스틱공법은 고소작업차의 버킷 내에서 2인의 작업자를 기본으로 하고 있지만, 작업 내용에 따라서는 한 작업자는 전선을 잡고있는 보조적인 역할을 하는 경우가 있는데, 기계니컬암은 이러한 작업을 대신 분담하기 위한 목적의 공구로 볼 수 있다. 따라서 고압선 및 바이패스케이블 등 장력이 걸리지 않는 곳에서 절단 및 접속 작업에 적용되는 공구이다. 기계니컬암의 본체는 방수구조로 설계되어 있어 핫스틱공구와 같이 강우시의 작업도 가능한 구조이다. 기계니컬암은 가격이 매우 저렴해서 구입하여 사용하는데 있어 부담이 없는 반면 기능에 있어서는 단순하여 현장적용의 활용성이 다소 떨어지는 경향이 있다. 실제 활선작업에 있어서는 전선의 파지 외에도 여러 가지의 작업내용이 있

기 때문이다. 특히 기계니컬암은 저렴한 가격에 초점을 두고 제작된 것이어서 많은 기능을 갖추고 있기보다는 활선 작업용 주요 기능인 파지기능만을 갖도록 설계 제작된 것이다. 따라서 현장 적용시 다음과 같은 단점을 고려할 수 있다.

- 작업범위가 한정적이다.
- 기능이 단순하다
- 기계니컬암의 미소 이동이 어렵다.
- 기능에 비해 가격이 고가이다.

그림 3 및 표 2는 각각 기계니컬암 및 주요 사양을 보여주고 있다.

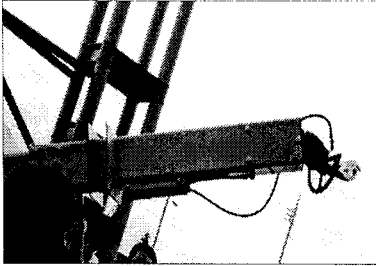


Fig 3. Mechanical arm

Table 2. Specific of Mechanical arm

크 기	1260mm x 165mm x 165mm
중 량	20 kgf
파지력	40 kgf
파지방식	유압단동 실린더 방식
본체구조	FRP재에 의한 절연구조
관절부 작동각	±30°
내전압	15 kV
설치위치	지브붐 또는 서브붐에 끼워 고정
구동방식	직류전동모터에 의한 유압구동방식

다. 로드밸런스암(Load balance arm)

로드밸런스암은 홀드암이나 기계니컬암보다 진보된 보조암으로서 가급적 활선작업의 많은 부분을 수행할 수 있도록 설계, 제작된 것으로 그림 4와 같다.



Fig 4. Load balance arm

로드밸런스암은 크게 작업공구부, 절연부, 기본암부, 선단부 등으로 구분된다. 작업공구부는 전선의 절단, 전선 파지 등의 작업을 할 때 필요한 공구를 교체하는 부분이 된다. 절연부는 간접활선작업시 절연을 유지시키기 위한 붐이다. 선단부는 사람의 팔목과 같이 3자유도를 갖는 구조로 되어 있어 작업방향을 보다 쉽게 선정하도록 되어 작업이 매우 편리하다. 기본암은 선단부를 임의 위치에 자유롭게 움직일 수 있도록 하기 위해 역시 3자

유도를 갖게 설계되어 있다. 절연부의 끝은 복잡한 전주에 대처하기 위해 2자유도를 갖는 구성으로 되어 있어 공구의 방향에 유연성을 갖게 설계가 되어 있다.

로드밸런스암의 고정은 고소작업차의 절연버킷 안쪽에 절연성을 잃지 않도록 부착하는 형태로 되어 있다. 또한 이 부분에는 긴 절연부 끝단의 공구교환과 격납용으로 암 전체를 상하로 움직일 수 있도록 승강기능이 설계되어 있다. 표 3은 로드밸런스 암의 주요 사양을 보여주고 있다.

Table 3. Specific of Load balance arm

자유도	8 자유도	
본체중량	70 kgf	
내전압	20kV, 10min, 누설전류 0.3mA	
팔	선단지지하중	10 kgf
	작업반경	1,920 mm
조작 방법	하중 조정 밸런스에 의한 수동조작 (잠금장치 부착)	

간접활선작업시 로드밸런스암의 절연성은 절연부에서 확보하도록 되어 있으며, 특히 비가 오는 약간의 강우시에도 절연성을 확보할 수 있는 성능이 있다. 또한, 작업자가 암을 직접 잡고 조작할 수 있어 조작성이 향상되어 있으며, 직접작업 시에는 절연부를 떼어낸 후 공구를 부착하여 작업할 수 있는 기능도 있다. 로드밸런스암은 기계니컬암이나 홀드암과 달리 수용할 수 있는 작업범위가 넓고 공구교체가 가능함에 따라 파지기능, 절단기능, 전선압착기능 등 다양한 기능으로 편리한 점이 있으나 가격이 고가이어서 일반 시공업체가 구입하여 활용하기에는 부담이 될 수 있다.

라. 국내에서 개발된 보조암(KECA 보조암)

국내에서 개발된 KECA-보조암은 활선버킷트럭의 지브붐에 설치하여 사용하며, FRP재로 절연체를 설계하여 전기적인 안전성과 기계적인 강도를 충분히 고려하여 개발된 제품이다. KECA-보조암이 지지할 수 있는 하중은 수직방향으로는 35kg이고 수평방향으로는 20kg의 하중을 인가할 수 있다. 또한 작업을 위한 보조암의 길이조정은 300mm로서 작업범위를 쉽게 확보할 수 있도록 하였다. 그림 5는 국내에서 개발한 보조암을 보여주고 있다.

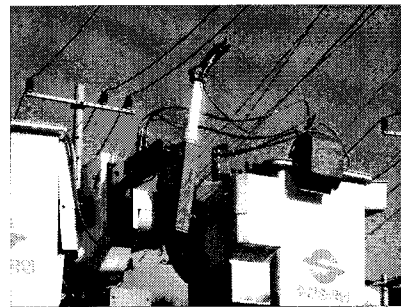


Fig 5. Support arm made by KECA

보조암의 주요 구성과 기능을 다음과 같이 설명할 수 있다.

- 본체와 절단기, 클램프 그리고 보조암을 조작하기 위한 조작장치로 구성
- 필요에 따라 탈부착이 가능한 구조로 설계되어 있어, 작업이 필요할 경우에만 활선버킷트럭에 설치해 사용가능
- 주요기능으로는 보조암이 수직방향으로 각각 45°씩 이동할 수 있고, 보조암의 길이는 300mm 범위에서 길이조정이 가능하다. 보조암의 끝단 부에는 공구를 부착할

수 있도록 설계되어 있어 필요한 공구를 탈부착 하여 사용가능

· 동작을 위해 조작장치를 버킷에 부착하여 손쉽게 레버 작동을 통해 조작할 수 있도록 설계

표 4는 전기공사협회에서 개발된 활선작업용 보조암의 주요 사양을 보여주고 있다.

Table 4. Specific of support arm made by KECA

체원	전장 [length]	820.5~1120.5 mm
	전폭 [width]	227 mm
	중량 [weight]	19kg(조작장치 제외)
	수직방향 인가 내하중	35kg
동작 범위	수평방향 인가 내하중	20kg
	수직방향 회전각	90 deg
	공구연결부 수평방향 회전각	90 deg
유압 계통	절연부 신축거리	300 mm
	작동유압	150 kgf/cm ²
	작동유량	20 L/min 이상
보조암 절연부	절연부 재질	FRP 절연체
	내전압	100kV/5분 인가시 누설전류 0.5mA이하
본체 지지부	재질	일반 강재 및 절연고무 코팅처리

2.2.2 활선작업용 매니플레이터 로봇

매니플레이터(manipulator)는 미국, 캐나다, 일본, 스페인 등과 같은 일부 선진국에서 선로를 유지보수하기 위해 개발되어진 로봇시스템으로서 기동차(機動車)라고도 하고 로봇이라고도 한다. 활선작업용 매니플레이터의 구동방식은 크게 전동구동방식과 유압구동방식이 있다.

가. 미국

1979년 미국에서는 EPRI(Electric Power Research Institute)와 Schilling Robotics 社가 TOMCAT (Teleoperator for Operations, Maintenance, and Construction using Advanced Technology)이라 불리는 활선작업용 로봇을 처음으로 개발하였다. 이 TOMCAT은 절연 버킷 트럭, 7 자유도의 매니플레이터와 비전(vision) 시스템으로 구성되어 있다. 그림 6은 TOMCAT을 이용한 활선작업을 보여주고 있다.

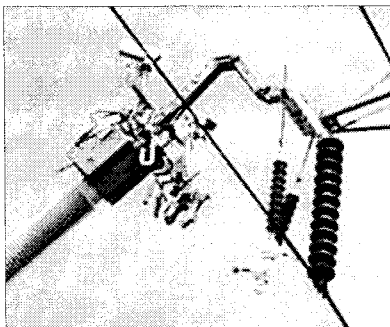


Fig 5. TOMCAT System(USA)

나. 스페인

스페인의 경우 1995년 Polytechnic University of Madrid에서 ROBTET(ROBOT para Trabaojs En Tension)이라 불리는 활선 유지보수 작업용 매니플레이터를 개발했다. 스페인의 배전계통전압은 46kV로써 우리나라를 포함하여 다른 나라의 계통전압에 비해 높기

때문에 매니플레이터의 절연성능 또한 높게 설계되었다. 그림 6에서 ROBTET을 이용한 활선작업을 보여주고 있으며, 표 5는 ROBTET의 주요 사양을 나타내고 있다.

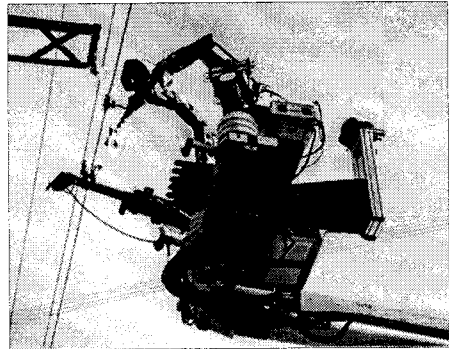


Fig 6. ROBTET System(SPAIN)

Table 5. Specific of ROBTET System

주요 구동부	2판, 6 자유도
	팔 중량 60kgf
	선단지지하중 45kgf
로봇 조종부	유압구동방식
	지상 차량내에서 조작
	원격 및 자동제어
절연성능	스크린상에서 작업
	봄 69kV
구동방식	보조지브 49kV
	유압구동방식

다. 일본

1) 구주전력(KEPCO)

일본에서는 1980년대 초부터 위험작업을 대신할 수 있는 배전선로 활선작업용 로봇(또는 기동차)을 개발하기 시작하였는데, 구주전력(Kyushu Electric Power Company)의 경우에는 일본의 Yaskawa Electric社와 공동으로 Phase I, Phase II로 구분하여 단계별로 로봇을 개발하여 활용 중에 있으며, 현재 Phase III를 개발하고 있다. 1985년에 개발된 Phase I은 버킷 내에서 조종하는 방식이며 전동/유압혼용 구동방식을 사용하고 있고, 1992년 개발된 Phase II는 지상에서 조작하는 방식으로 전동구동방식이다. 그림 7'9는 각 Phase I, Phase II, Phase III를 보여주고 있으며, 주요 사양은 표 6과 같다.

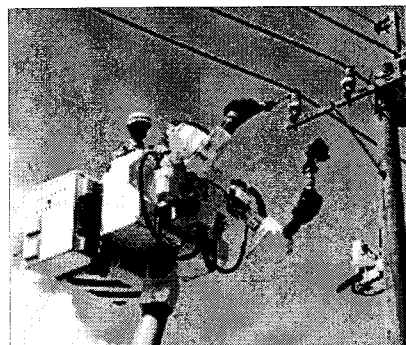


Fig 7. Phase I(KEPCO in Japan)

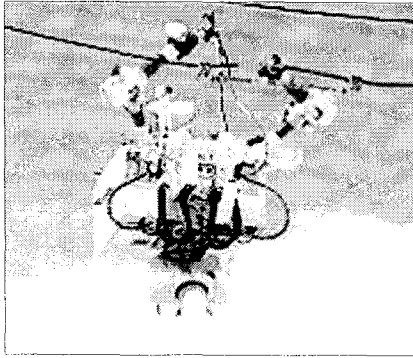


Fig 8. Phase II (KEPCO in Japan)

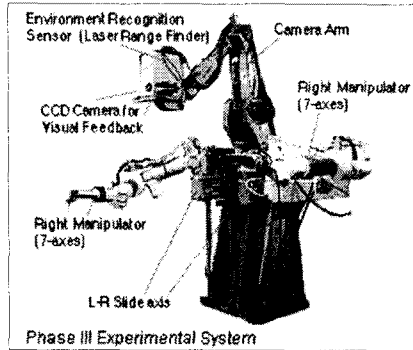


Fig 9. Phase III (KEPCO in Japan)

Table 6. Specific of Phase I and Phase II

구분	Phase I	Phase II
로봇의 주요 구동부	2팔, 7자유도	2팔, 7자유도
	팔 추가 불가	팔 추가 가능
	팔중량 110[kgf]	팔중량 85[kgf]
	특수모터 사용	특수모터 사용
	전동/유압식 혼용	전동식
로봇 조종부	버킷 내에서 조작	지상의 차량내에서 조작
	원격제어	원격 및 자동제어
	Joystick 또는 Master/Slave 조작	Joystick 조작
	작업자 육안확인 작업	스크린상에서 작업
절연성능	주수시 6kV 건조시 13kV	주수시 6kV 건조시 22kV
공구 탈착부	작업자가 수동교환	공구 자동교환 자동 자재 운반
작업자	3인 소요	2인 소요

2) 동경전력(TEPCO)

동경전력(Tokyo Electric Power Company)은 지난 1984년부터 개발에 착수한 후 원격제어형과 조작실 내에서 스크린을 통해 조작하는 2가지 형태의 실험용 시스템을 개발하여 각종 실험을 통해 실용 가능한 시스템을 개발하게 되었다. 동경전력에서 확보하고 있는 매니플레이터를 그림 10에서 보여주고 있으며, 주요 사양을 보면 표 7과 같다.



Fig 10. Manipulator of TEPCO

Table 7. Specific of Manipulator of TEPCO

조작방식	· Master/Slave 조작방식 · 조이스틱 조작방식
전기절연성능	· 절연암부와 매니플레이터 각부 - 건조시 20kV/1min - 주수시 10kV/1min · 조작실 또는 Cabin - 13.8kV/5min
조상능력	200 [kgf]
탑재차량	3.5톤
구동방식	유압구동방식
자유도 수	6 자유도
팔끝단부 이동하중	30 kgf
암중량	65 kgf/본
암길이	약 1,300 mm

3) 기타

이외에도 일본의 중부전력, 관서전력, 북해도전력, 간사이전력 등과 같은 전력회사에서 자체적으로 개발한 매니플레이터를 사용하고 있다. 표 8은 일본의 각 전력회사에서 개발한 활선작업용 로봇의 현황을 보여주고 있다.

구분	로봇 형식	로봇 적용 시공분야
구주 전력	· 전동식 및 유압식 혼용 · 사람이 탑승하여 조작	· 전선절단, 파지 및 피복제거 등 · 접속커버 삽입 · 절속슬리브 삽입 및 압축 작업 · 기타 활선작업 관련 분야
동경 전력	· 전기구동 및 유압방식 · 사람이 탑승하여 직접 조작 · 수평 및 수직이동가능 · 차량탑재형 · 작업인원 3명 소요	· 전선절치 및 애자절거 · 개폐기 설치 및 피복탈피 · 분기선 취부 · 분기슬리브압축
중부 전력	· 전기구동방식 · 원격제어 가능 · 1인 작업	· 대부분 배전선로 활선작업
관서 전력	· 전기구동 및 유압방식 · 사람이 탑승하여 조작 · 수평 및 수직이동 · 작업인원 3명 소요	· 전선 파지 및 절단 작업 · 개폐기 설치 및 피복 탈피 · 전선 연결 및 슬리브 설치작업
북해도 전력	· 수동식 및 유압식 · 2개 관절부	· 절파선 및 인하선 등 파지 · 바이패스 케이블류 설치 및 분리 · 고압 핀에자 교체시 전선파지

3. 결 론

본 연구에서는 배전선로의 부정전 활선작업에 대한 국외 자료조사를 통하여 활선작업에 이용되고 있는 보조장치 및 매니플레이터에 대해 살펴보았다. 선진국의 경우 경제성 확보, 전공인력 감소에 대한 대책방안, 작업의 위험성 탈피 등의 목적으로 이러한 간접적인 활선작업을 추진하여 왔으며 현재는 일반화된 기술로서 많은 작업내용을 활선작업으로 추진하고 있는 실정이다. 특히, 배전선로뿐만 아니라 송전선로 유지보수를 활선작업에 의해 수행하고 있다.

이에 반해 국내의 경우 배전선로의 활선작업은 간접활선작업보다 직접활선작업을 통해 이루어지고 있으며 활선작업을 위한 로봇 및 공구에 대한 개발은 활발하지 않은 실정이다.

따라서, 국내에서 활선작업용 로봇개발을 통하여 국내 환경에 적합한 국가 기간산업시설인 송배전선로의 유지보수 기술을 보유하여야 하며 이를 통해 국가 선로 및 전력공급의 신뢰성을 확보해야 할 것이다. 또한, 활선작업에 의한 유지보수를 통하여 전력의 품질을 향상시킬 수 있고 작업자의 안전성을 확보하여 대형사고 방지에 따른 유지보수비 절감이 가능토록 조속한 활선작업용 로봇의 개발이 이루어져야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이형권, 김효진, “활선작업시 보조암을 이용한 감전사고 저감대책”, 대한전기학회 학술대회, 2000.
- [2] 이형권, 김효진, “배전선로 활선작업용 보조암 개발”, 대한전기학회 하계학술대회, 2002.
- [3] 이형권, 김효진, “배전선로 활선작업 보조용 작업암 및 관련공구 개발”, 대한전기학회 하계학술대회, 2004
- [4] “배전선로 활선작업용 보조암 개발”, 한국전력공사, 2001
- [5] Lynne E. Parker, “Robotics Applications in Maintenance and Repair”, Handbook of Industrial Robotics, 2nd Edition, 1998
- [6] Yoshinaga Maruyama, “A Hot-Line Manipulator Remotely Operated by the Operator on the Ground”, IEEE, pp 437-444, 1993
- [7] Nakashima, “Application of Semi-Automatic Robot Technology on Hot-Line Maintenance Work”, IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp 843-850, 1995
- [8] H.WATANABE, “MANIPULATOR SYSTEM FOR CONSTRUCTING OVERHEAD DISTRIBUTION LINES”, IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.4, No.3, July 1989
- [9] Hideyuki Harano, “The development of the Manipulator method for 20kV class overhead distribution system”, IEEE, pp 2112-2116, 2002
- [10] EPRI, “Live-Line Repair with TOMCAT”, EPRI Journal, July/August 1987
- [11] A.Barrientos, “Telerobotic System for Live Power Lines Maintenance :ROBTET”, IEEE, pp 2110-2115, 1998