

전력계통설비의 정지관리 체계화 방안에 대한 연구

허정용^{*}, 김철환^{*}, 김재철^{*}, 이건웅^{***}, 이성진^{***}, 이창규^{***}, 조범섭^{***}
^{*}성균관대학교, ^{**}숭실대학교, ^{***}한국전력거래소

A Study on the Outage Management Standards for Power System

J.Y. Heo^{*}, C.H. Kim^{*}, J.C. Kim^{*}, G.Y. Lee^{***}, S.J. Lee^{***}, C.G. Lee^{***}, B.S. Cho^{***}
^{*}Sungkyunkwan University, ^{**}Soongsil University, ^{***}Korea Power Exchange

Abstract - It is very important to operate a power system safely. An fault may causes the cascading outages in power system. Use of systematic, precise definitions related to the outages is essential for meaningful exchange of data. Moreover, it is necessary that specific instructions for reporting outages is developed.

This paper presents the outage management for a power system. The outage managements of the many utilities are researched, which include the definition, classification, index and report of outage. Finally, the outage management standard is proposed, and the necessity and structure of KERC(Korean Electric Reliability Council) are presented.

1. 서 론

전력계통에서 전력의 안정적인 공급은 국가사회 발전 및 산업체의 생산성 측면에서 매우 중요하다. 전력계통 설비들에 의한 고장들은 정전사고로 직접 연결될 가능성이 크기 때문에, 전력설비의 정지관리 시스템 구축은 매우 중요하다. 하지만, 국내에서는 아직 전력계통설비 정지관리가 체계화되어 있지 못한 실정이다. 전력설비 정지관리 기준이 각 기관별로 상이하고, 각 기관들간에 통일된 고장 처리절차가 결여되어 있으며, 통계자료에 일관성이 없어 외부기관 등에 발표 시 혼선을 초래하고 있다. 또한, 정책기관의 의사결정을 지원할 수 있는 다양한 기초 자료의 부실화를 초래하고, 전력계통 운영기관으로서의 전문성 확보, 정보 축적의 한계, 시장참여자 등에 대한 올바른 정보공개 및 설비이용 유도 노력 등의 제약과 같은 규제기관 및 시장참여자의 기대육구 충족이 미흡한 실정이다.

본 논문에서는 국내의 전력설비 정지관리 실태를 조사 분석하여, 우리 실정에 적합한 정지관리 체계화 방안을 제시하였다. 국내의 정지관리 기준에 기초하여, 발전 및 송·변·배전설비의 정지분류기준을 제시하고, 또한, 전력설비 신뢰성(도) 평가기관인 KERC(Korean Electric Reliability Council) 설립의 필요성과 방안을 제시하였다.

2. 국내외 전력관련 기관들의 정지관리 실태

국내의 5개 발전회사, 한국수력원자력, 한국전력공사, 한국전력거래소와 국외의 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers), NERC(North American Electric Reliability Council), IMO(Independent Electricity Market Operator), PJM(Pennsylvania-New Jersey-Maryland), CAISO(California Independent System Operator), CEA(Canadian Electricity Association) 등의 전력관련 기관들은 각 기관들의 특성에 따라 자신들의 정지관리 기준을 가지고 설비를 운영한다.

2.1 발전설비 정지관리 실태

국내 5개 발전회사 공통 발전정지 관리기준에서는 발전정지를 발전중인 발전기의 차단기가 자체설비의 고장, 파급, 계획정비, 중간정비 및 급전지시 등의 사유로 개방되는 경우로 정의하며, 발전정지를 고장정지, 파급정지, 중간정비정지, 계획예방정비정지, 급전정지, 기타정지 등의 6개로 분류하고, 기타정지 중 일부는 중간정비정지 시간에 다른 일부는 계획예방정비정지 시간에 또 다른 일부는 급전정지 시간에 포함하여 고장정지율, 가동률, 계획예방정비율 등을 계산한다 [1].

IEEE Std. 762-1987("IEEE Standard Definitions for Use in Reporting Electric Generating Unit Reliability, Availability, and Productivity")에서는 성능평가를 위한 데이터를 수집하기 위해 발전설비가 가질 수 있는 모든 상태를 분류한다. 설비 상태를 active, deactivated shutdown으로 분류하고, active 상태는 다시 available과 unavailable로 분류하며, unavailable 상태는 7개 정지로 분류된다. Unavailable 상태는 운전상 또는 장비의 고장, 외부의 제한, 시험, 작업, 또는 어떠한 불리한 상태 때문에 설비를 운전할 수 없는 상태로 정의된다. 여기서, 정지는 크게 planned outage와 unplanned outage의 2개로 나누어지며, planned outage는 basic planned outage와 extended planned outage의 2개로 세분화하고, unplanned outage는 class 0~4의 5개로 세분화한다 [2]. NERC의 GADS(Generating Availability Data System)에서는 발전정지를 planned outage, maintenance outage, scheduled outage extension, startup failure, unplanned outage의 5개로 분류하며, unplanned outage는 다시 U1, U2, U3의 3개로 세분화한다 [3]. 한편, PJM의 GUS(Generator Unavailability Subcommittee)는 NERC의 지침에 따라 PJM의 GADS 데이터베이스를 개발하였고, 신뢰성 연구와 예비용량 배지에 사용되기 위한 발전기 정지율의 개발을 위해 GORP(Generating Outage Rate Program)라고 불리는 프로그램을 개발하였으며, GADS/GORP의 신규 버전이 eGADS이다. eGADS에서는 NERC와 유사한 정지분류를 적용한다 [4]. 아울러, IMO에서는 발전설비와 송·변전설비의 정지를 planned outage와 forced outage의 2개로 분류한다 [5]. CAISO는 NERC의 분류기준에서 unplanned outage를 U1, U2, U3으로 세분하지 않고 모두 포함하여 unplanned(forced) outage로 분류하며 나머지는 유사한 정지기준을 사용한다 [6].

2.2 송·변전설비 정지관리 실태

국내 한국전력공사에서는 송·변전설비고장을 송·변전설비 중 주설비나 부속설비의 이상상태로 주설비 기능이 정지된 것을 말하며, 설비사고로 확산되지 아니한 것을 포함한다고 정의한다. 그리고, 송·변전설비 고장을 중대고장, 보통고장, 순간고장의 3개로 분류한다 [7].

IEEE Std. 859-1987("IEEE Standard Terms for Reporting and Analyzing Outage Occurrences and Outage States of Electrical Transmission Facilities")에서는 정지를 component와 unit이 in-service 상태에 있지 않고, 부분적이거나 또는 완전히 시스템에서 분리되

어 있는 상태로 정의하고, 정지 발생의 긴급성 또는 장비의 복구 방법에 따라 정지를 크게 forced outage와 scheduled outage의 2개로 분류하고, forced outage는 4개로 다시 세분한다. 여기서, unit은 설계된 두 지점사이의 전력을 전송하는 기능적인 설비인 반면, component는 장비의 특정한 부분으로 정의한다 [8]. 한편, IMO과 PJM은 송·변전설비 정지를 planned outage와 forced outage의 2개로 분류한다 [5,9]. 아울러, CAISO는 ISO 운영제어하의 어떠한 터미널사이의 Transmission Line Circuit에서의 조류 차단을 정지로 정의하고, 송·변전설비의 정지를 scheduled outage와 forced outage로 분류하며, forced outage를 이용하여 가동성 지수들을 계산한다 [10].

2.3 변전설비 정지관리 실태

국내 한국전력공사의 “배전분야 전기품질 및 신뢰도 관리현황”에서는 배전설비 정지를 고압고장, 저압고장, 전원측 고장으로 분류하며, 사업소별, 전압별, 지역별로 정지 통계를 산출한다. 또한, 한국전력공사, NERC, CEA 등 대부분의 전력회사들은 Willis와 H. Lee의 “Power Distribution Planning Reference Book”의 배전체통의 신뢰도 지수를 사용한다.

3. 정지관리 체계화 방안

3.1 정지관리기준 체계화 방안

국내 발전회사, 전력거래소, IEEE, NERC 등의 국내외 전력관련 기관의 정지관리 실태조사를 바탕으로 분석한 결과 국내외의 정지 분류기준의 특성은 다음 표 1과 같다

표 1 국내 및 국외의 발전 정지 분류기준의 분류 특성

국내 정지 분류 기준	국외 정지 분류 기준
① 사건(event) 중심 분류	① 운영(operation) 중심 분류
② 원인(cause) 중심 분류	② 미래 중심 분류
③ 책임 중심 분류	③ 수요자 중심 분류
④ 과거 중심 분류	④ 정전지속시간 중심 분류
⑤ 전압 중심 분류	⑤ 전력시장 구조개편을 고려한 분류
⑥ 장비, 설비용량 중심 분류	
⑦ 공급자장 전력 및 시간 중심 분류	
⑧ 사회적인 영향 중심 분류	
⑨ 전력시장구조개편을 고려하지 않은 분류	

IEEE Std. 762는 발전설비의 정지관리를 위한 용어와 성능지수의 정의, 신뢰도, 가동성, 생산성의 보고, 데이터 해석 및 교환에 필요한 기본적인 표준을 정의한 것으로써, 해외의 많은 전력회사들이 IEEE Std. 762에 기초하여 자신들의 정지관리 체계를 만들어 사용하고 있다. 또한, 북미의 거의 모든 지역의 전력시스템 신뢰성을 관찰하고 있는 NERC 역시 IEEE Std. 762에 기초한 발전설비 정지관리 체계를 가지고 있다. NERC의 GADS는 IEEE Std. 762의 표준을 전력회사의 실정에 맞게 변형하여, 용어의 정의와 성능지수 등을 보다 자세하고 구체적으로 기술하고 있다. IEEE는 발전설비의 정지를 크게 planned outage와 unplanned outage의 2개로 분류하고 각각의 정지를 다시 세분하여, 총 7개의 정지로 분류한다. 이와 같은 국내외의 전력관련기관들의 정지관리 실태 조사를 바탕으로, 본 논문에서 제안하는 발전설비 정지 분류 방안은 다음 표 2와 같다.

IEEE Std. 859는 송·변전설비 정지의 분석과 보고를 위한 용어와 성능지수를 정의하며, 정지발생의 긴급성 또는 장비 복구방법에 따라 크게 forced outage와 scheduled outage의 2개로 분류하고, 각각의 정지를 다시 세분한다. 그리고, 북미의 IMO, PJM, CAISO 역시 정지발생의 긴급성에 따라 forced outage와 scheduled

outage(또는 planned outage)의 2개로 분류한다. 또한, IEEE는 정지건수와 정지지속시간에 기초한 정지통계를 산출하고 있다. 따라서, 본 논문에서 제시하는 송·변전설비 정지관리 체계화 방안은 다음 표 3과 같은 PJM 및 CAISO 등에서 제시한 분류기준이 합당한 것으로 사료된다. 이는 전력시장 구조개편을 고려한 분류기준으로, 차후 구조개편을 고려할 때 이러한 분류기준이 적절한 것으로 생각된다.

표 2 발전설비의 정지분류기준 제안방안

정지 종류	정지 분류 기준
1. 계획예방정지 (Planned Outage)	(1) 사전에 계획되고 이미 결정된 지속시간을 가진 정지이다. (2) 몇 주 동안 지속되며, 1년에 한두 번 발생하는다. 터빈과 보일러 분해검사 또는 조사, 시험과 핵연료 교체는 전형적인 계획예방정지이다. (3) 계획예방정지 후 원자로 출력 100% 도달 전에 정지된 경우는 차기계통 병입시까지 계획예방정비가 계속된 것으로 한다.
2. 중간정비정지 (Maintenance Outage)	(1) 다음 주말의 종료 이후까지 연기할 수 있지만, 다음 계획예방정비정지 전에 설비를 서비스, 다른 정지 상태, 급전정지 상태로부터 제거해야 하는 정지이다. (2) 특격적으로, 중간정비정지는 연중 언제라도 발생할 수 있고, 유연한 시작일을 가지고, 미리 결정된 지속시간을 가질 수도, 가지지 않을 수도 있으며, 보통 계획예방정비정지보다 매우 짧다. IEEE Std. 762는 이것을 unplanned outage로 간주한다.
3. 계획정지 연장 (Scheduled Outage Extension)	(1) 추정된 완료일을 넘어서 계획예방정비정지 또는 중간정비정지가 연장되는 정지이다. (2) 원래의 작업범위가 원래 계획한 것보다 더 많은 시간을 요구하는 경우에만 사용해야 한다. 계획예방정비정지 또는 중간정비정지의 추정된 완료일을 넘어서 설비를 중단시키는 예상하지 못한 원래의 작업범위 외의 문제 또는 지연을 만났을 때는 계획정지연장을 사용하지 않아야 한다. 이러한 지연은 강제정지로 보고해야 한다. 계획정지연장 또는 강제정지는 계획예방정비정지 또는 중간정비정지가 종료되는 시간과 같은 시간 (월/일/시/분)에 시작해야 한다.
4. 가동정지 (Startup Failure)	(1) 정지 또는 급전정지 이후 지정된 기동기간 내에 설비를 재동병입하지 못할 때 발생하는 정지이다. (2) 각 설비의 기동기간은 운영 전력회사에 의해 결정된다. 이것은 각 설비에 유일하며, 기동성의 설비 상태(hot, cold, standby) 등에 의존한다. 기동기간은 시작 명령과 함께 시작하고, 설비가 재동병입할 때 종료된다. 가동정지는 설비를 재동병입하지 못하게 하는 문제가 발생했을 때 시작한다. 설비가 재동병입하거나 다른 가동정지가 발생하거나 다른 상태로 진입할 때 가동정지는 종료된다.
5. 강제정지 (Unplanned/Forced Outage)	(1) 다음 주말 종료 전에 서비스, 다른 정지 상태, 급전정지 상태로부터 설비를 제거해야 하는 정지이다. (2) 양수발전소의 경우 발전 및 양수운전기간 동안에 발생한 강제정지를 모두 포함한다. (3) 재동병입 후 원자로 출력 50% 도달 전에 정지된 경우는 정지기간이 계속된 것으로 한다.
5.1 즉시 강제정지 (Unplanned Outage: Immediate)	서비스, 다른 정지 상태 또는 급전정지 상태로부터 즉각적인 이동을 요하는 정지.
5.2 일시지연가능 강제정지 (Unplanned Outage: Delayed)	운전상태에서 즉각적인 상태이동을 요하지는 않지만 6시간 이내에 상태이동을 요하는 정지.
5.3 연기가능 강제정지 (Unplanned Outage: Postponed)	6시간을 넘어 연기될 수 있지만 다음 주의 종료 이전에 운전상태에서 상태이동을 요하는 정지.

표 3 송·변전설비 정지분류기준 제안방안

정지 종류	정지 분류 기준
1. 계획정지 (Scheduled Outage)	Transmission Control Agreement에 따라 특정한 요소에 작업을 수행하기 위한 ISO 운영제어 하의 송전설비 서비스의 중단. 지속시간에 상관없이 송전설비가 정지상태에 있고, (1) 그 기간에 대하여 계획정지 요구가 없거나, 또는 (2) 계획정지 요구에서 지정된 기간을 넘어서 송전설비가 정지상태에 있을 때, 강제정지가 발생한다. 이 경우 PTO(Participating Transmission Owner)가 승인된 계획정지 요구의 확장을 요구하고 승인되지 않으면 기간의 균형을 위하여 강제정지로 간주한다.
2. 강제정지 (Forced Outage)	

배전계통의 고장관리 운영 및 일괄적인 통계 집계 뿐만 아니라 체계화된 고장관리를 통해 계통의 신뢰도 및 설비이력관리를 목적으로 배전계통의 기본적인 고장관리의 체계화와 배전계통 분할시 수용가의 전력 신뢰도 및 전력품질 제공을 목적으로 한다. 배전계통에 있어서 고장통계는 고장전수보다는 고장률로 나타내는 것이 목표 신뢰도 지수를 유지하기 위해 필요한 정보이며, 종합적인 신뢰도 산출을 위해 필요하다.

3.2 KERC 설립의 필요성과 방안

미국의 경제적 이익과 환경을 위해 에너지 산업을 조정하는 FERC(Federal Energy Regulatory Commission)는 천연가스, 석유와 전기 에너지의 수송에 책임을 지고 있다. FERC의 규제를 받는 미국 내 ISO, 전력회사들과 북미 전기신뢰성 위원회인 NERC의 관계는 다음 그림 1과 같다. 각 ISO들은 그 조직구성, 기능 등의 면에서 각기 다른 형태의 ISO가 존재하며, 수급계획, 급전, 감시 및 제어, 계통 안전도 분석, 시장관리, 송전자산관리 등의 기능을 수행한다. 각 전력회사들은 각 전력회사들이 소속되어 있는 ISO의 지시에 따라 전력설비를 운영하고, 각 ISO의 보고시스템을 사용하여 설비상태를 보고한다. 또한, 각 전력회사들은 NERC GADS 회원으로 가입되어 있다면, NERC의 GADS에 설비상태를 보고해야한다. 하지만, NERC GADS 가입은 의무사항이 아닌 선택사항이다. 각 전력회사들의 ISO에 대한 보고는 급전지향적인 보고로써 전력계통의 안정적인 운영에 중점을 두어 사용되는 반면, NERC의 GADS에 대한 보고는 장비 지향적인 보고로써, 각 설비들의 신뢰성(도)평가와 분석을 위해 사용된다.

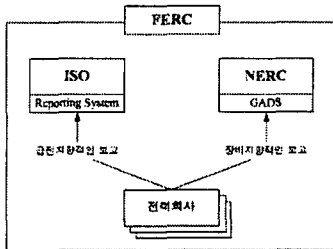


그림 1 미국의 정지관리 체계

국내의 전력설비 신뢰성(도)향상을 위해서는, 북미 전기신뢰성 위원회인 NERC와 같이 전력설비 신뢰성(도)을 책임지는 기관의 설립이 필요하며, 본 논문에서는 다음과 같은 2가지 방안을 제시한다.

(1) 독립적인 KERC 설립 방안

다음 그림 2와 같이 전력설비 신뢰성(도)을 책임지는 독립적인 KERC를 설립하여 각 전력설비들의 신뢰성(도) 향상을 위한 임무를 수행한다. 이 방안은 NERC와 유사한 형태로 정지를 관리하는 체계이다.

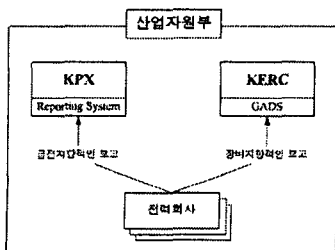


그림 2 독립적인 KERC 설립 방안

(2) KPX내에 KERC 설립 방안

다음 그림 3과 같이 KPX(Korea Power Exchange, 한국전력거래소)내에 전력설비 신뢰성(도)을 담당하는 KERC와 같은 조직을 설립한다. ISO와 같은 기능을 수행하는 KPX에서 신뢰성(도)을 관리하여 통합 운영됨으로써 효율적인 계통운영과 전력시장운영을 수행할 수 있을 것이다.

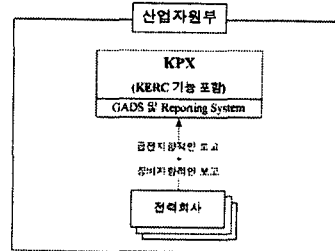


그림 3 KPX내에 KERC 설립 방안

4. 결 론

산업의 원동력이며 문화생활의 원천인 전기에너지의 효율적인 공급을 위해서는, 정전이 없는 안정적인 전력 공급이 필요하다. 이러한 정전시간의 감소를 도모하기 위해서는 정지 데이터의 정확하고 공정한 취급 및 공개가 필요하다. 따라서, 발전, 송·변전 및 배전설비 정지 정보는 각 전력회사의 경영평가 또는 각 전력회사 정전 담당자의 업적평가 또는 실적평가대상으로 고려하지 말아야 할 것이다. 오히려, 제도적으로 이러한 정지 정보의 정확하고 숨김없는 공개를 통해 전력설비의 개선 및 향상을 도모할 수 있을 것이다.

전력설비의 체계적이고, 공정한 정지관리의 효율화를 위해서, 본 논문에서는 국내의 전력관련 기관들의 정지관리 실태를 조사 분석하였다. 또한, 조사 분석된 결과를 토대로 합리적인 정지관리 기본 방안을 제시하였으며, 전력설비 신뢰성(도)을 책임지는 기관인 KERC의 필요성과 방안을 기술하였다.

[참 고 문 헌]

- [1] 한국중부발전, "발전소 정지관리 운영지침", 2003.
- [2] IEEE, "IEEE Standard Definitions for Use in Reporting Electric Generating Unit Reliability, Availability, and Productivity (IEEE Std 762-1987)", 1987.
- [3] NERC, "Generating Availability Data System (Data Reporting Instruction)", Oct. 2003.
- [4] PJM Interconnection, "PJM Manual for Generator Unavailability Subcommittee Reference Manual", Manual M-22, Revision 12, Aug. 2000.
- [5] IMO, "Market Manual 7 : System Operations, Part 7.3 : Outage Management", Issue 15.0, Sep. 2003.
- [6] California ISO, "ISO Generation Maintenance Program", Revision 0, Dec. 2001.
- [7] 한국전력, "송·변전고장 관리기준", 2003.
- [8] IEEE, "IEEE Standard Terms for Reporting and Analyzing Outage Occurrences and Outage States of Electrical Transmission Facilities (IEEE Std 859-1987)", 1987.
- [9] PJM Interconnection, "PJM Manual for Transmission Operations", Manual M-03, Revision 07, Jun. 2002.
- [10] California ISO, "Transmission Control Agreement", Mar. 2001.