도매경쟁 전력시장에서의 급전규칙

전영환, 김슬기, 오태규, 김성수, 김용완, 김성학

Dispatch Rules For Korean Wholesale Electricity Market

Chun, Yeong-Han*, Kim, Seul-Ki*, Oh, Tae-Kyoo*, Kim, Sung-Soo**, Kim, Yong-Wan**, Kim, Sung-Hak**

*Korea Electrotechnology Research Institute(KERI)

**Korea Power Exchange(KPX)

Abstract - This paper describes the dispatch rules prepared for Korean Wholesale Electricity Market. The dispatch rules set out the procedure for the scheduling and dispatch in the operational timescale. It details the process whereby the KPX produces an operatinal schedule taking into account system and operational limitations - the constrained schedule.

1. 서 론

급전규칙은 도매경쟁 전력시장에서의 계통운영에 관한 사항을 규정한다. 도매경쟁 전력시장 기본설계안에서의 실시간 계통운영의 핵심기능은 계통운영 및 송전제약을 고려한 5분급전계획(FMD, Five Minute Dispatch)에 의한 발전기 출력 결정과 AGC 기능을 통한 중앙급전지시이다. 5분 급전계획은 시장운영시스템(MOS, Market Operating System)의 급전알고리즘에 의해 실행된다. 또한 급전규칙은 계통운영의 안정성을 확보하기 위한 방안으로서 선행급전계획(Pre-Dispatch Schedule) 절차를 규정하고 있다. 본 논문에서는 도매경쟁 전력시장 기본설계안의 급전규칙에서 규정하고 있는 선행급전계획, 5분급전계획, 실시간급전과 이에 부수되는 송전망 제약 및 무효전력급전에 대해 기술한다.

2. 본 론

2.1 기본원칙 및 급전규칙

도매전력시장의 급전 규칙은 전력시장을 설계하기 앞서 우리 나라의 실정 및 기술적 수준 등을 고려하여 수립한 도매전력시장 설계 기본원칙에 따라 그 안을 작성하게 되었다. 도매전력시장 설계 기본원칙은 다음과 같다.

① 모든 수요자 및 공급자는 시장에 가격과 전력을 입찰
② 모든 사업자는 시장을 통해 거래
③ 거래일의 각 시간대별로 각 발전기별 가격과 량을 입찰
④ 거래일의 각 시간대별로 구입전력량과 가격을 입찰
⑤ 전력거래소는 계통안정을 위해 예비력 확보
⑥ 공급과 수요 입찰에 따른 예상 시장가격이나 수급상황과 같은 주요 시장정보를 주기적으로 발표
⑦ 매일 계통상황을 고려한 제약발전계획을 작성하여 발표
⑧ 실제급전은 매 5분 단위의 제약급전계획에 의거 시행
5분 단위의 비 제약급전계획에 따른 한계 발전기의 입찰가격으로 전국 단일 발전시장가격 결정
최종 시장가격은 발전시장가격의 평균으로 산출
⑨ 제약발전기에 대해 기회비용 및 손실비용을 푸울을 통하여 전력거래소에서 보상
⑩ 송전손실은 한계 송전손실계수를 적용하여 계산
송전손실은 모든 참여자가 지역적으로 차등 부담
송전손실로 인한 정산잉여금은 송전비용 회수에 사용
⑪ 전력거래소가 품질유지서비스를 위해 사업자와 계약
장기적으로 별도시장을 통한 거래 추진
⑫ 전력거래소가 정산업무 수행
공급측에 대해서는 5분 단위의 발전시장가격 적용
수요측에 대해서는 30분 단위의 시장가격 적용
전력거래소의 Uplift (제약발전, 품질유지 서비스) 비용은 수요측이 전력사용량에 비례하여 부담
⑬ 모든 시장참여자는 재무적인 위험헤징계약을 할 수 있음
재무적인 계약은 시장외부에서 거래

급전규칙은 이러한 기본원칙 하에서 설계가 되었으며 선행급전계획, 5분급전계획, 실시간 급전, 자체기동정지와 자체급전, 급전지시, 송전망 제약조건, 시스템 제약조건 등이 주 내용으로 되어 있다.

2.2 선행급전계획

전력거래소는 선행급전계획을 급전규칙에 따라 준비하여 시장참여자들에게 공표한다. 선행급전계획은 제약운영계획으로서, 발전사업자는 급전이 필요할 것으로 예측되는 발전기에 대하여 사전에 정보를 받게 된다. 이렇게 함으로써 발전사업자는 발전기의 단기간 운영계획을 수립할 수 있다. 선행급전계획은 1일전 선행급전계획과 당일 선행급전계획으로 나누어진다.

2.2.1 1일전 선행급전계획

1일전 선행급전계획은 매일 16시에 공표되며, 거래일에 대한 30분 단위의 제약급전계획이 이에 해당한다. 이 계획은 발전기 제약, 송전망 제약, 시스템제약을 고려한 제약계획으로서 예상시장가격과 예상거래량 및 급전순위를 제공하는 비제약계획이 도출되고 난 후에 생성된다. 전력거래소는 MOS의 급전 알고리즘을 사용하여, 제약조건.(발전기 제약조건, 송전망 제약조건, 시스템 제약조건)을 고려하면서, 매 30분 단위의 거래기간에 대한 20 MW 이상의 중앙급전발전기의 발전량을 MW 단위로 결정한다.

2.2.2 당일 선행급전계획

당일 선행급전계획은 작성 2시간 후에 시작되는 4시간 동안을 대상으로 매 2시간마다 공표된다. 이 계획은 제약계획으로서 예상시장가격과 예상거래량 및 급전순위를 제공하는 비 제약계획이 도출되고 난 후에 생성된다. 전력거래소는 MOS의 급전 알고리즘을 사용하여, 제약조건(발전기 제약, 시스템 제약, 송전망 제약조건)을 고

려하면서, 매 30분의 거래기간에 대한 중앙급전발전기의 발전량을 MW단위로 결정한다.

2.2.3 수요예측

전력거래소는 1일전 선행급전계획과 당일 선행급전계획의 매 30분에 대한 최종적인 수요예측치를 결정해야 한다. 이 최종 수요예측치는 MOS에 의해 산출된다. 최종 수요예측은 시장수요예측과 부하예측을 이용하는데, 시장수요예측은 시장의 발전입찰과 수요입찰 그리고 송전손실을 고려하여 산출되고, 부하예측은 부하예측 기법에 의해 산출된다. 부하예측 기법이 고려하는 주요한 사항들은 다음과 같다.

① 과거의 수요
② 일기 예보
③ 월일
④ 요일
⑤ 예기치 못한 사건들

최종적인 수요예측을 하기 위해서는 시장수요예측치와 부하예측 기법에 의해 산출된 부하예측치를 모두 이용한다. 이론적으로 시장수요예측 기법과 부하예측 기법은 유사한 결과를 산출해야 하나 실제로는 대부분의 수요가 선택적이지 못하기 때문에 전력거래소는 부하예측 기법의 결과에 의존한다.
시장수요예측치와 부하예측 기법에 의한 예측치가 크게 차이가 나는 경우, 전력거래소는 지식과 경험을 이용해서 최종 수요예측치를 결정하여 선행급전계획 작성 시 사용하도록 한다. 전력거래소는 선행급전계획에 사용되는 최종 수요예측치를 결정해야 할 책임이 있다.
전력거래소는 시장참여자들에게 다음 사항을 보고해야 한다.

① 시장수요예측치와 부하예측 기법에 의한 수요예측치가 〔2000〕MW 이상 차이가 나는 경우
② 전력거래소가 수요예측 기법에 의한 수요예측 또는 시장 수요예측치와 〔1000〕MW 이상의 차이가 나는 수요예측치를 선행급전에 사용하는 경우
③ 실제 수요가 부하예측 기법에 의한 수요예측치 또는 시장 수요예측치 또는 전력거래소가 선행급전계획에 사용한 수요예측치와 〔2000〕MW 이상의 차이가 나는 경우

2.3 5분급전계획

5분급전계획은 매 5분마다 급전지시를 하기 위한 제약급전계획으로 급전지시를 하는 목표 시간의 10분 전부터 5분이내에 계산이 완료되어야 한다. 계산이 완료된 시점부터 목표시간 5분전까지가 계통운영자가 결과를 검토할 수 있는 허용시간이 되므로 계산에 신뢰성을 가지는 알고리즘이 필요하다. 목표시간 5분 전이 되면 AGC나 전자 디스플레이, 또는 수동으로 급전지시가 이루어진다.
5분급전계획은 MOS의 급전알고리즘을 사용하여 매 5분 기간에 대한 중앙급전발전기의 발전량을 MW단위로 결정하기 위해 작성된다. 5분급전계획에서는 SCADA로부터 취득한 발전기의 실제 출력이 초기조건으로 이용되며 발전기 제약조건, 시스템 제약조건, 송전망 제약조건들이 고려된다.

2.3.1 수요예측

전력거래소는 5분급전계획의 매 5분 간격에 대하여 최종 수요예측치를 결정해야 한다. 이 최종 수요예측치는 MOS에 의해 산출된다. 수요예측치는 SCADA의 발전기 출력에서 계산된 실제 시스템 수요를 시작점으로 이용한다. 이 시작점은 부하예측 기법에 의해 매 5분 간격 예측에 대한 예상된 변화가 있을 때 수정될 수 있다. MOS는 또한 시장 수요에 의해 산출된 매 5분 간격에 걸친 예측치의 변화를 고려해야 한다. 부하예측 기법과 시장수요예측치는 예측 에러를 찾아내기 위해 이용된다. 모든 경우에 있어서 전력거래소는 5분급전계획에 사용되는 최종 수요 예측치를 결정할 최종적인 책임이 있다.

2.4 실시간 급전

MOS의 급전 알고리즘에서 기준 출력이 계산되고, AGC 제어대상 발전기의 출력을 조정하기 위한 값은 EMS의 AGC에서 계산되고 모든 발전기들에 자동으로 보내진다.
전력거래소가 면제 사유나 당사자간의 단기 협약으로 발전기들의 의무를 유예시키는 경우를 제외하고는, 모든 발전기들은 다음의 요건을 충족해야 한다.

①주파수 응답 모드로 운전 가능해야 한다.- 조속기의 제어 시
②AGC 제어가 가능해야 한다.

전력거래소는 각 발전기가 5분 급전계획에서 주어진 출력수준을 따르고 있는지를 확인하기 위하여 각 발전기를 감시한다. AGC제어를 하지 않는 발전기들의 경우, 발전사업자가 전력거래소의 급전지시에 따라서 출력을 조정한다. 발전기의 출력이 지시된 수준을 벗어난 경우, 전력거래소는 발전사업자에게 급전 지시된 출력수준을 달성하도록 지령하고 그 내용을 기록한다.
어떤 발전기가 급전 당일에 세 차례 이상의 지령을 받게 되면, '옐로우 카드'로 알려진 경고를 받게 된다.

2.5 자체기동정지와 자체급전

2.5.1 자체기동정지

발전사업자들은 보통 전력거래소에 제출해서 승인을 받은 자체 기동시간 및 정지시간에 발전기를 기동정지하는 자체기동정지로 운전을 하게 된다. 발전사업자는 운용정보교환 및 사고보고규칙(시스템 규칙의 일부)에 따라 계통 병입 시간 및 계통병해 시간을 전력거래소에 반드시 알려야 한다. 자체기동정지 원칙에 의해, 전력거래소는 기동정지 프로그램이나, 경제급전 프로그램을 더 이상 활용하여 급전하지 않는다. 따라서 발전사업자는 자체 발전기 특성을 분석하여 기동 정지가 제대로 이루어질 수 있도록 입찰전략을 수립하여야 한다.

2.5.2 자체급전

자체 급전은 계통에 투입된 발전기가 최저 운전수준(LOL:lower operation level)에 이르는 프로세스이다. 일단 LOL 수준까지 이르면 운용정보교환 및 사고보고규칙의 요구조건에 따라 전력거래소에 알려야 한다.

2.6 급전지시

전력거래소는 전력사용자들에게 급전지시를 하고 전력사용자들은 급전지시를 시간에 맞추어서 정확하게 이행해야 한다. 전력거래소는 보통 이러한 지시를 MOS의 5분급전계획으로부터 시장참여자(market participant)의 발전소 제어실에 있는 전자 디스플레이를 통해 직접 전달한다. KPX는 필요하다고 생각되면 추가적인 지시를 전자 디스플레이를 통하거나 또는 수동으로 전화를 통해서 전달할 수 있다.
AGC 신호는 EMS의 AGC 기능에 의해 발전기까지 직접 자동으로 전달된다.
전력거래소의 급전지시는 이용가능량(availability)과 동특성(dynamics)에 대한 최근 입찰 데이터를 이용하여 이루어진다.
시장참여자는 급전지시를 받을 수 있는 설비를 갖추어야

한다. AGC에 의해 급전 지시를 하는 경우, 급전지시가 MOS에 의해 EMS로 매 5분마다 전달되며, EMS는 이를 해당 발전기들로 직접 전송한다.
전화를 통한 지시를 제외한 모든 급전지시와 급전지시가 내려진 시간은 자동적으로 기록된다. 전화로 급전 지시하는 경우는 전력거래소와 급전지시를 받는 시장참여자가 동시에 기록하여야 한다.

2.6 무효전력 급전지시

전력거래소는 시스템의 전압제어를 위해 무효전력 출력에 변화를 주고자 발전사업자에게 특정 발전기에 대한 급전지시를 내린다. 전체 시스템의 전압제어를 위한 요구조건은 전압 제어 규칙(시스템 규칙의 일부)에 상세하게 나와 있다. 전력거래소의 무효전력 급전지시는 의무적인 요구조건 또는 계통운용보조서비스의 일부가 될 수 있다. 이 급전지시는 발전기의 무효전력 출력 변화에 관한 지시나 특정지역 모선의 전압을 특정 목표수준으로 유지하기 위한 지시이다. 이러한 요구조건들은 발전기의 무효전력의 출력을 변경하거나 변압기의 탭을 적절하게 조절하여 달성할 수 있다.
급전지시가 내려진 발전기의 무효전력 출력은 새로운 Mvar목표치로 과도한 지연없이 조정되어야 하며 목표치 출력의 변경한도는 이전 목표치의 +/- [5]%나 +/-[2]Mvar 중 큰 값으로 한다.
발전기가 새로운 무효전력 목표치를 달성했을 때, 해당 발전사업자는 이 무효전력의 수준을 유지하려고 해서는 안된다. 해당 발전기의 무효전력 출력은 계통 전압이 변함에 따라 AVR 제어에 의해서 변하게 된다.

2.7 송전망 제약조건

전력계통 안전도 유지에 대한 책임과 시스템 규칙에서 정의하고 있는 기준에 의거하여 전력거래소는 비제약계획 결과 중 송전망 제약에 의해 자체 기동정지 발전기와 전력사용자에게 가해지는 제약조건을 결정해야 한다. 이러한 제약조건들은 계통 구성, 송전망 휴전 또는 전력망에 관련된 이유로부터 비롯될 수 있으며 또한 시스템 규칙에서 명시된 요구조건 외에도 무효전력에 대한 요구조건으로부터도 비롯될 수 있다.
송전망 제약의 종류는 다음과 같다.

① 열용량 한계 - 하나 이상의 선로가 열용량 한계를 초과
② 전압안정도 한계 - 송전망의 어느 지점에서 전압이 안정한 한계 아래로 붕괴
③ 과도안정도 - 모든 발전기가 동기를 유지하지 못하는 상태.
④ 동적안정도 - 계통에서 저주파수 진동이 감쇄되지 않는 상태

급전규칙은 전력거래소가 이러한 모든 제약조건들을 고려하도록 규정하고 있다. 전력거래소가 이러한 송전망 제약조건들을 도출하기 위해 사용되는 절차는 투명하고 명확하게 기록되어야 하며 합당한 요청이 있을 경우, 시장참여자들에게 제공하여야 한다.
KPX는 송전망 제약조건 결정의 일부분으로서 계통운용보조서비스 합의서에서 얻어진 의무적인 요구조건과 추가적인 요구조건 모두를 포함하여 무효전력 계획을 수립한다.

2.8 시스템 제약조건

시스템 제약조건은 계통운용보조서비스 공급에 참여하는 발전기들에 대해 적용되는 제약조건이다. 시스템 제약조건은 주파수 제어 규칙(시스템 규칙의 일부)에 의하여 시스템의 주파수를 60Hz로 제어하기 위한 주파수 응답과 계통의 안전도를 유지하기 위한 에너지 예비력에 관한 제약이다. 주파수 제어 규칙과 전압 제어 규칙에서 규정된 품질유지 서비스의 관련 규정은 전력거래소가 선행급전계획 절차의 일부로서 관리한다.
전력거래소는 계통운용보조서비스의 예비력 종류와 양을 결정해야 하는데, 그 내용은 다음과 같다.

① 조속기에 의한 주파수 응답
② 조속기, AGC에 의한 고주파수 응답(high frequency response)
③ 정지, 대기 예비력과 부하차단
④ 발전력 순시 탈락과 발전력 순시 감발과 같은 전력계통 관리 서비스

전력거래소는 전체 급전절차의 일부로서 급전알고리즘에 의해 관리할 필요가 있는 응답 및 예비력에 대한 요구조건과 함께 발전기 급전을 위해 비제약계획에 부과되는 제약조건들을 결정해야 한다.
전력거래소는 다음과 같은 사항을 관리하기 위해 위의 응답과 예비력의 종류 및 양을 결정한다.

① 주파수 제어 규칙에서 규정하는 주파수 제어 기준
② 기준 관련 문서와 시스템 규칙에서 규정하는 한국의 전력계통에 대한 안전도 및 품질유지 기준의 준수

전력거래소는 위의 사항을 준수하기 위해 필요한 계통운용보조서비스를 확보할 책임이 있다. 또한 전력거래소는 시장참여자의 이익을 극대화되고 시장이 경제적이며 효율적으로 운영될 수 있는 방향으로 에너지와 예비력이 분배될 수 있도록 노력을 기울여야 한다.

3. 결 론

양방향입찰 도매전력시장에서의 급전규칙은 본문에서 언급한 기본원칙 하에서 설계가 되었으며, 자체기동정지와 자체급전, 5분급전계획 등으로 특징지울 수 있다. 이러한 운용 형태는 지금까지의 급전형태와 매우 다르다. 우선 발전사업자는 발전기의 특성을 고려한 기동정지에 대한 책임을 지고 입찰에 임해야 하며, 각 발전사업자의 거래 전략에 따라 수익에 많은 차이가 있게 될 것이다. 본 논문에서 기술한 내용은 현재 설계된 급전규칙을 요약한 것으로 앞으로 지속적인 수정 보완이 필요할 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

[1] "KEPCO Restructuring Program Technical Advisor, Wholesale Market System Rules, Dispatch Rules", KEMA final report, 2001년 2월