

스팀터빈 발전기 비동기 투입 사례연구를 통한 비동기 방지 알고리즘 개발

Development of Asynchronous Blocking Algorithm through Asynchronous Case Study of Steam Turbine Generator

이 중 환*
(Jong-Hweon LEE)

Abstract - Asynchronous phenomenon occurs on the synchronous generators under power system when a generator's amplitude of electromagnetic force, phase angle, frequency and waveform etc become different from those of other synchronous generators which can follow instantly varying speed of turbine. Because the amplitude of electromagnetic force, phase frequency and waveform differ from those of other generators with which are to be put into parallel operation due to the change of excitation condition for load sharing and the sharing load change, if reactive current in the internal circuit circulates among generators, the efficiency varies and the stator winding of generators are overheated by resistance loss. When calculation method of protection settings and logic for protection of generator asynchronousization will be recommended, a distance relay scheme is commonly used for backup protection. This scheme, called a step distance protection, is comprised of 3 steps for graded zones having different operating time. As for the conventional step distance protection scheme, zone 2 can exceed the ordinary coverage excessively in case of a transformer protection relay especially. In this case, there can be overlapped protection area from a backup protection relay and, therefore, malfunctions can occur when any fault occurs in the overlapped protection area. Distance relays and overcurrent relays are used for backup protection generally, and both relays have normally this problem, the maloperation, caused by a fault in the overlapped protection area. Corresponding to an IEEE standard, this problem can be solved with the modification of the operating time. On the other hand, in Korea, zones are modified to cope with this problem in some specific conditions. These two methods may not be obvious to handle this problem correctly because these methods, modifying the common rules, can cause another coordination problem. To overcome asynchronousizing protection, this paper describes an improved backup protection coordination scheme using a new logic that will be suggested.

Key Words : Generator, Synchronous, Asynchronous, Phase angle, Backup protection, Coordination

1. 서 론

전력계통에서 발전기가 운전을 하기 위해서는 계통에 병입하는 과정을 거쳐야 한다. 물론 단독으로 부하를 공급하여 동기 투입이 필요 없는 발전기의 경우도 있지만 전력계통에 병입 되어 전력을 생산하고 계통을 유지하고 있는 발전기(generator)는 동기 투입과정을 거쳐야 하며 이 과정에서 비동기로 투입될 수 있다. 비동기 투입으로 발생된 전압과 전류의 주파수 분석을 통해 어떤 형태와 크기로 계통에 영향을 미치는지, 그 성분은 어떻게 구성되어 있는지를 분석하고 예방 대책을 연구해 보았다.

EMTP(Electro-Magnetic Transient Program)나 RTDS(Real Time Digital Simulator) 모의를 통해 재현된 발전기 비동기 현상은 실제 계통 현상과 일치성 문제로 데이터(Data)의 신뢰성에 의문이 있을 수 있다 [1-4]. 그리고 전력계통에

서 비동기 투입 현상을 기록한 고장 데이터도 거의 없는 실정이다. 과거에 많은 발전기가 비동기 투입되는 사례가 발생하였으나 고장기록이 불가능한 E.M(Electro Magnetic) Type의 보호시스템이 설치되어 있어 고장 데이터가 남아있지 않다. 그렇지만 디지털(Digital) Type 보호시스템으로 바뀐 최근에는 모든 고장 기록이 가능하다. 2007년~2012년 우리나라 전력계통에서 발생된 발전기 비동기 투입 사례 중 주변압기가 소손되는 경우와 전력설비 소손 없이 동기화되어 정상적인 운전을 하게 되는 2가지의 비동기 투입사례를 먼저 분석하고자 한다.

Case 1은 비동기 투입이 곧바로 주변압기의 파손으로 진전된 고장으로 스팀터빈 발전기(445MVA, 3600rpm, 19kV)가 계통병입장치 특성 불량으로 100~150° 비동기 투입된 경우이다. 비동기 투입 120msec 후 주변압기의 내부 권선이 소손되고 외함 파괴는 물론 변압기의 기초까지 흔들린 대표적인 비동기 고장사례다.

Case 2는 스팀터빈 발전기(100.7MVA, 3600 rpm, 13.8kV)가 계통에 60° 비동기 투입되었지만 곧 동기화되어 정상적인 운전을 하게 되는 경우이다.

본 논문에서는 앞에서 설명한 바와 같이 2가지 사례를 기

* 정 회 원 : 한전전력연구원 선임연구원

E-mail : protection@kepco.co.kr

접수일자 : 2012년 8월 22일

최종완료 : 2012년 9월 20일

반으로 실제 계통에서 비동기 투입으로 발생한 과형을 분석하고 비동기 투입을 방지하기 위한 알고리즘을 개발하였다.

2. 발전기 동기 투입

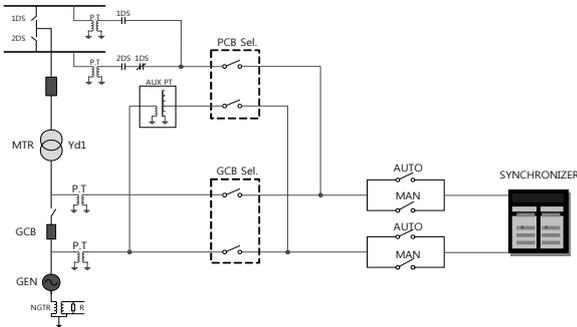


그림 1 발전기 동기 투입회로
Fig. 1 Voltage circuit for synchronizer

발전기 계통병입장치(Synchronizer)는 병입 되는 발전기가 Incoming이 되고 전력계통이 Running이 되도록 병입 차단기 양단의 PT(Potential Transformer, 변성기)로부터 동상의 전압을 입력하여 동기 여부를 판단 한다. 계통병입장치는 양단 PT로부터 얻은 전압, 위상, 주파수 정보를 바탕으로 발전기가 전력계통과 동기 상태에서 병입 되도록 동기 투입명령을 내려 차단기를 투입하는 장치로 동기 투입 조건은 차단기 양단 PT의 전압 정보로부터 얻은 위상차 $\pm 10^\circ$, 전압차 $\pm 5\%$, 주파수차 $\pm 0.067\text{Hz}$ 내에서 병입을 수행하도록 IEEE[5]에서 권장하고 있고 현장에서도 이와 같은 설정으로 운전하고 있다. 양단 주파수차 0.067Hz는 Synchro scope의 지시가 12시 시점에서 다시 12시 시점으로 한 바퀴 돌아오는데 15초가 걸리는 주파수차로서 계통병입장치는 상기 조건을 바탕으로 양단 주파수차와 미리 입력된 차단기의 Closing Time을 계산하여 발전기 속도에 맞는 투입 시점을 찾아 투입하는 기능을 가지고 있다. 전압차나 위상차가 큰 상태에서 병입이 되면 무효분 돌입전류가 커지게 되고 주파수차가 큰 상태에서 병입 되면 유효분 돌입전류가 커져 병입순간 발전기 회전자의 구속력이 커지게 되어 발전기에 역전력 현상이 더 오래 지속될 수 있어 항상 권장치내에서 병입을 수행한다[3]. 이렇게 엄격한 조건에 맞추어 계통병입을 하고 있지만 발전기가 비동기로 투입되는 사례는 없어지지 않고 있다. 비동기 투입의 주요 원인은 PT로부터 계통병입장치까지 연결되는 전압 케이블(cable) 오결선이나 계통병입장치 자체의 특성불량이 대부분이다. PT회로의 변경이나 PT교체 등으로 오결선에 의한 비동기 투입을 방지하기 위해서 발전기 터미널과 IPB(Isolated Phase Bus)연결 Link를 분리 후 주변압기의 역가압을 통해 동기회로의 전압과 위상을 측정하여 동기 검정회로의 신뢰성을 확인해야 한다. 이때 PT 2차측에서 측정된 양단계통의 전압차는 여자기 시스템에서 병입 전 발전기 단자전압을 계통 전압보다 높게 유지하기 위한 설정치인 1.5~2%를 초과해서는 안 되며 위상차는 0도에 가까워야 한다. 표 1에서 나타난 바와 같이 위상차는 PT의 특성시험 성적서 결과가 보여주듯 위상특성 Angle [°] 이 0.05도를 넘지 않으므로 상간 전압 크기에 의한

위상 변위를 고려하여 1도를 초과하지 않아야 한다.

표 1 발전기 PT 특성시험 성적서

Table 1 Test Result of GEN. PT

Ratio	Phase	Class / Burden	P T			Result
			Ratio	Accuracy [%]	Angle [°]	
24000/120V	A ∅	0.3W / 100VA	199.56	0.22	-0.05	Good
	B ∅		199.61	0.2	-0.04	Good
	C ∅		199.60	0.2	-0.05	Good

2.1 Case 1 비동기 투입이 주변압기 소손으로 진전된 경우의 전류 분석

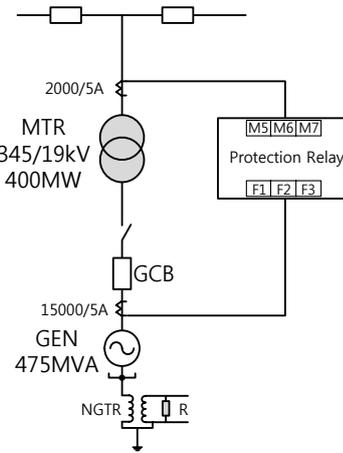


그림 2 Case 1의 단선도
Fig. 2 Single Line of Case 1

Case 1은 스팀터빈 발전기(445MVA, 3600rpm)가 그림 2의 단선도와 같이 구성된 계통에서 GCB(Generator circuit breaker)를 투입하여 발전기를 계통병입하는 과정에서 약 100~150° 위상차를 갖고 비동기 상태로 병입된 사례다.

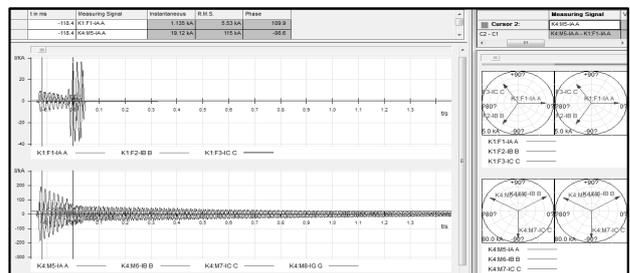


그림 3 비동기 투입 전류 파형
Fig. 3 Current waveform on asynchronizing

그림 3에 나타난 바와 같이 단락 전류가 변압기를 통해 발전기에 유입되었고 병입 1cycle후 전류의 크기는 주변압기 정격의 8.2배의 전류가 흘렀으며 그 성분을 분석하면 표 2와 같다.

표 2 병입 1cycle 후 전류 성분

Table 2 Current after synchronizing 1 cycle

구분	RMS	DC comp.	DC in%	2nd Harm	2nd in%
345kV측	5.54kA	4kA	102	0.1kA	3.5
19kV 측	115kA	90kA	125	2.1kA	2.9

그림 3에서 나타난 바와 같이 위쪽의 전류파형은 주변압기 고압측(345kV)이고 아래쪽 파형이 주변압기 저압측(발전기 단자측)이다. 발전기가 비동기로 투입되면 전류의 방향은 계통에서 발전기측으로 흐르게 되어 큰 돌입 전류에 의해 형성된 고정자의 전자기력이 회전자를 구속하게 되고 그 결과 발전기의 회전수가 감소하고 주파수가 저하되어 Motoring을 위한 역전력이 흐르게 된다. 또한 비동기 상태로 인한 발전기 동기 임피던스가 사라져 내부에 전기적 단락과 같은 현상이 발생하여 큰 단락 전류가 발전기를 향해 흐르게 된다[4], [6]. 보통 이러한 현상은 1~2초정도 유지되며 지수함수 적으로 감소하는 동기화 과정을 통해 전력설비가 소손되지 않으면 정상적인 발전을 하게 된다[7].

그림 3의 파형 역시 이러한 전류의 흐름을 잘 보여주고 있는데 이 경우는 발전기가 계통에 동기화되기 전에 주변압기가 소손되어 고장으로 진전된 경우로 병입 초기 주변압기 양단의 전류 위상을 분석하면 주변압기 Vector Group인 YNd1의 위상각(-30°) 만큼의 위상차를 보여 준다. 경험적으로 비동기 투입 위상차가 90°를 초과하면 주변압기의 권선이 소손되는 결과로 이어지는데 Case 1의 경우는 비동기 투입 120msec 후 주변압기의 권선이 소손되었다.

그림 4에 나타난 바와 같은 고장 전류의 양상으로 변압기의 소손 시점을 알 수 있다. 전류 파형을 분석하면 비동기 투입 120msec 후 고장전류가 주변압기 내부에서는 형성되었지만 발전기 단자측 전류의 변화가 거의 없는 현상을 볼 수 있다. 이는 비동기 투입 시 전류의 흐름이 계통으로부터 발전기로 향하고 있음을 보여주는 것이라 할 수 있다.

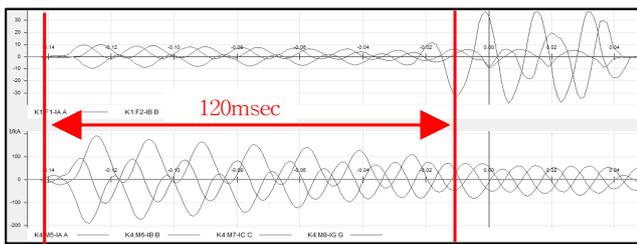


그림 4 주변압기 권선 소손 시간
Fig. 4 TR Winding Destruction Time

표 3은 병입 후 120msec 동안 주변압기 소손 전까지 주변압기 고압과 저압측 양단 전류의 위상차가 주변압기 Vector Group(YNd1) 만큼 고압측 기준 저압측 위상이 -30° 상태를 그대로 유지하고 있다는 것을 보여주고 있다. 고압측과 저압측 전류비(345/19=18.15) 역시 양단 전압비 만큼 유지되고 있다가 변압기 권선의 절연과파가 진행되면서 위상차와 전류비가 변화되는 양상을 보여준다. 결과적으로 전류가 한쪽방향으로 흐르고 있음을 확인할 수 있다.

표 3 병입 후 cycle별 크기 및 위상변화

Table 3 Magnitude & phase angle every cycle after syn

Cycle 별		1	2	3	4	5	6	7
고압측	kA	5.54	5.12	4.69	4.37	4.08	3.83	3.94
	도(°)	0	0	0	0	0	0	0
저압측	kA	115	108	98.5	91.2	83.4	74.8	66.1
	도	-31	-31	-31	-32	-33	-34	-34

주변압기가 소손되기 직전의 고압측 전류 크기는 약 4.0kA로 주변압기 정격전류의 약 6배 정도로 병입 초기의 8.2배에 비해 다소 줄어들기는 했지만 변압기의 단자 전압이 저하되지 않아 변압기가 변환해야 되는 에너지의 양은 6배에 가까워 전자기적 스트레스가 변압기 기계적 강도를 초과하여 권선이 소손된 것으로 분석되었다.



그림 5 변압기 권선 소손
Fig. 5 Destruction of internal winding

실제로 계통에서 단락 고장이 발생하면 비동기 투입시 발생하는 전류보다 훨씬 큰 단락 전류가 흐른다. 그럼에도 변압기가 소손되는 일은 거의 없다. 단락 고장과 비동기 투입의 가장 큰 차이는 전압의 강화와 고장의 지속시간이다. 단락 고장이 발생하면 고장점의 단자전압이 매우 많이 강하되어 변압기와 같이 전자기적 결합으로 에너지를 변환해서 전달해야 하는 설비의 열적, 기계적 부담이 상대적으로 작아진다. 그러나 비동기 투입 시에는 전압 강화의 폭이 0~20% 정도로 작아 변압기의 에너지 전달 부담이 커져 전자기력에 의한 기계적 스트레스가 기계적 단락 강도를 초과할 가능성이 그 만큼 커지게 된다.

또 다른 한 가지 차이점은 고장 상태의 지속 시간이다. 단락 고장이 발생하면 정상적으로 보통 50msec에 차단된다. 그러나 비동기 투입이 일어나면 아무리 빨라도 500msec이내에 차단할 수가 없다. 비교적 빠른 동작 시간으로 정정되어 있는 여자상실 보호계전기의 보호 시간이 0.5sec로 정정되어 있기 때문에 여자상실 보호 계전기가 동작한다고 가정할 경우 500msec에 보호 가능성이 있다. 그렇지만 사실 전압 강화가 크지 않아 여자상실 보호 계전기가 동작할 수 있을지는 의문이다. 결국 현재 발전기 보호 시스템 구성, 보호 계전기 정정, 보호 방식으로는 순시 보호가 불가능하다. 비동기 투입시 흐르는 전류는 앞서서도 설명하였지만 계통에서 발전기로 흐르는 한방향의 전류 특성으로 인해 보호 계전기가 순시로 동작할 수 있는 조건이 안 된다. 최근 비

동기 투입을 감지하여 설비를 보호하기위한 계전기를 설치하려는 시도가 있지만 아직 한두 군데의 시범 적용에 불과한 실정이다.

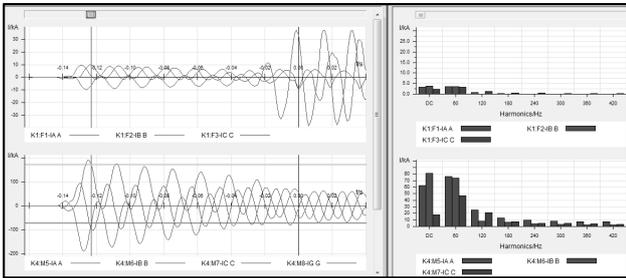


그림 6 비동기 투입 전류의 고조파 분석
Fig. 6 Harmonic analysis of current

비동기 투입 후 변압기 고장 전과 후에 전류 고조파 성분을 분석 하면 비동기 1cycle 후, 고장전 DC성분은 기본과 전류 대비 최대 112%, 2고조파 성분은 12%에서 지수 함수적으로 감소한다.

표 4 병입 후 cycle별 고조파 성분 변화

Table 4 Harmonics trend every cycle after syn

Cycle 별		1	2	3	4	5	6	7
고압측	DC%	112	95	90	85	78	67	41
	2nd%	10	2.3	2.7	2.6	2.6	2.8	7.0
저압측	DC%	110	112	105	93	70	37	8.7
	2nd%	12	2.4	3.1	3.7	6.1	7.6	3.9

그러나 비동기 투입이 주변압기 고장으로 진전되면서 동기화 과정에서 감쇄 중이던 전류가 4.0kA에서 22.8kA까지 5 배이상 증가되었으나 symmetrical한 고장 전류과형으로 고조파 성분은 상대적으로 증가되지 않는다.

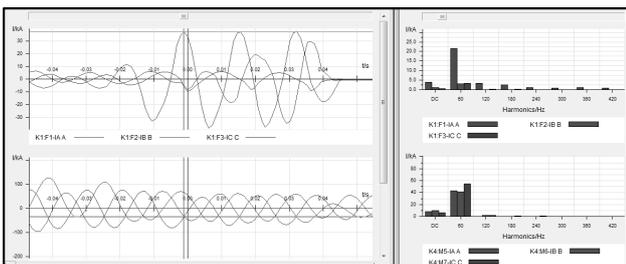


그림 7 주변압기 고장전류 성분분석
Fig. 7 Harmonic analysis of fault current

주변압기 저압측(발전기측)은 동기화 과정에 있으므로 여전히 감쇄 과정에 있으며 주변압기의 고장에도 불구하고 여전히 감쇄 과정에 있다는 사실이 바로 전류의 방향이 계통에서 발전기로 흐르고 있음을 분명히 말해주는 증거라 할 수 있다. 감쇄 중이던 전류가 변압기 고장으로 5배이상 증가하지만 이때의 고조파 성분은 표 5에 나타난 바와 같이 증가하지 않았다.

표 5 변압기 고장 후 cycle별 고조파 성분

Table 5 Harmonics trend every cycle after fault

Cycle 별		1	2	3	비고
고압측	Fault current	22.8kA	26.6kA	26.3kA	
	DC %	18.6	3.6	2.2	
	2nd %	16.3	6.3	6.8	

2.2 Case 2 비동기 투입 발전기가 동기화되어 정상적인 발전으로 이어진 경우

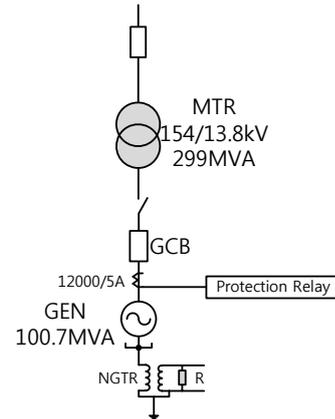


그림 8 Case 2 의 단선도

Fig. 8 Single Line of Case 2

Case 2는 스팀터빈 발전기(100.7MVA, 3600rpm, 13.8kV)가 비동기 투입된 후 1.3sec만에 동기화되어 정상적으로 운전되었으며, 비동기 원인은 PT회로 오결선으로 정확히 60° 비동기 투입된 사례다. 비동기 투입 1cycle후 시점의 전류 크기는 발전기 정격전류의 6배의 돌입 전류가 흘렀으며 전압 강하는 약 5%를 보이고 있다.

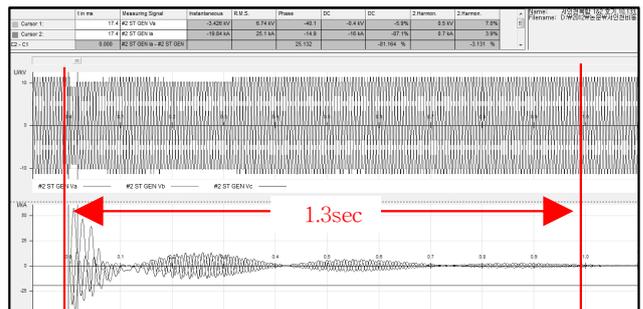


그림 9 Case 2 비동기 투입파형

Fig. 9 Waveform of Case 2

그림 9에서 나타난 바와 같이 발전기는 전기적으로 1.3sec만에 계통에 동기화 되었지만 기계적으로는 엄청난 충격으로 운전이 불가능할 정도의 진동이 발생되어 수동으로 발전을 정지하였다. 전기적 특징으로 계통병입 후 3cycle 동안 과도상태에서 정격의 6배에 이르는 돌입 전류가 흘렀지만 감쇄시간이 3cycle에 불과해 변압기의 전자기적 스트레스가 많지 않으며, 돌입전류의 구속으로 인한 역전력이

300msec 유지되다 회전자에 축적된 에너지에 의해 다시 순 전력이 300msec동안 흐르는 swing 현상이 3번 반복하고 동기화에 이르는 것으로 분석된다.

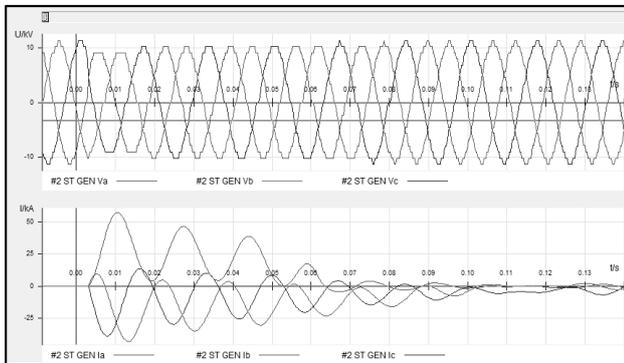


그림 10 60° 비동기 투입 초기 파형
Fig. 10 Initial waveform of 60° synchronizing

변압기가 소손된 사례의 경우 투입 초기의 단락 전류가 크고 150msec이상 지속되어 변압기의 물리적 스트레스가 크게 된다. 60도 비동기의 경우 투입 초기 과도 돌입 전류가 크기는 하지만 50msec의 아주 짧은 시간동안 급격하게 감쇄하는 양상이기 때문에 변압기에 미치는 전자적 스트레스는 기계적 단락 강도를 초과하지 못한 것으로 분석된다. 발전기 계통병입시 비동기 투입으로 인한 가장 큰 문제가 돌입 전류의 크기와 지속시간이다. 단락전류의 크기가 10배이상 되어도 지속시간이 50~60msec에 불과하다면 설비의 손상이 없지만 6~8배의 전류일지라도 지속시간이 100msec를 초과하면 변압기의 안전을 확보하기는 어렵다.

표 6 60° 비동기시 cycle별 고조파 성분
Table 6 Harmonics every cycle after 60° asyncho.

Cycle 별		1	2	3	비고
A 상	RMS	25.5kA	18.7kA	12.9kA	
	DC %	90	82	48	
	2nd %	5.6	1.6	8.9	

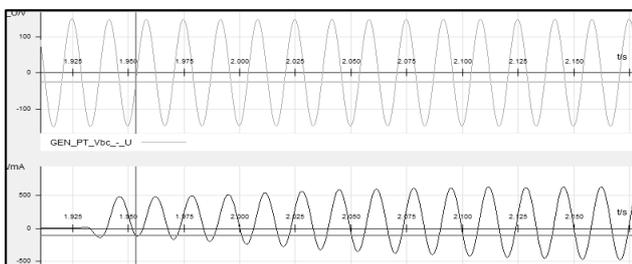


그림 11 동기 투입 파형
Fig. 11 Synchronizing In phase

그림 11은 스팀터빈 발전기(390MVA, 0.9p.f, 3600 rpm)가 동기 투입된 경우의 파형으로 투입 1cycle 후의 전류크기는 250mA로 정격전류의 6%정도의 전류밖에 흐르지 않아 발전기 회전자 구속으로 인한 역전력이 발생되지 않고 자연스럽게 운전된 사례다. 이 사례는 일반적으로 동기 투입되는

계통병입의 파형으로 계통 병입시 위상각 차, 주파수 차, 전압 차등의 조건이 동일하지 않기 때문에 돌입 전류가 달라지는 하나 최적의 동기 상태로 병입 되었다. 돌입 전류는 정격의 10% 내외의 적은 돌입 전류가 흐르며 동기 투입시 발생하는 돌입 전류의 감쇄 시간이 1~2cycle에 불과하며 60° 이내의 비동기도 정격전류 이하로 감쇄되는 감쇄시간이 3 cycles을 초과하지 않는다.

3. 전압의 주기 및 전압차를 이용한 비동기 투입 저지 알고리즘 개발

비동기 투입의 위험성은 전류의 크기 보다는 지속 시간이 주요 요인으로 분석된다. 동기화되어 발전을 계속할 수 있는 비동기 투입이라 하더라도 그 크기는 정격의 6배를 초과하므로 비동기 투입 후 보호하는 것 보다는 비동기 투입 자체를 미리 예방하는 것이 훨씬 합리적이다. 비동기 투입으로 발생한 큰 돌입 전류는 비록 동기화되어 발전에 성공할 수 있는 경우라도 설비에 큰 스트레스를 주고 있기 때문에 정격 수명을 단축시키는 요인으로 작용할 수 있다. 현재 적용하고 있는 동기 계전기가 전기적으로 투입을 허용하는 장치라면 기계적 보완 장치를 차단기에 추가하여 비동기 투입을 방지할 수 있도록 하여야 한다[8].

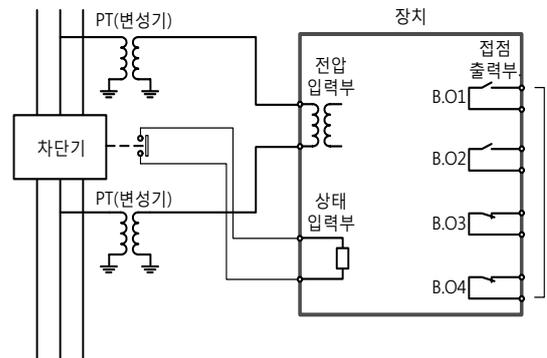


그림 12 비동기 투입 저지 장치 도면
Fig. 12 Drawing to Close Block C.B

그림 12는 병입 차단기 양단의 각각 동일한 상전압 정보를 비교하여 두 전압원간에 발생하는 전위차의 주기특성 및 양단 전위차를 이용하여 비동기 상태에서는 차단기가 투입되지 않도록 하기 위한 장치 결선도다.

그림 12와 같은 장치로 구현된 비동기 판단 정보가 그림 13과 같은 회로 구성을 구현하기 위해서는 비동기 판단 알고리즘이 필요하다. 장치 도면에서 나타냈듯이 동일상(Phase)의 전압을 비교 하고 있기 때문에 계통병입전 그림 12의 전압 입력부에는 0V에서 상전압의 2배 전압까지 일정 주기를 가진 전위차가 그림 14와 같이 반복된다. 0.067Hz 주파수차에서 병입 되도록 한다면 전위차 반복 주기는 15초이며 만약 주기가 15초보다 빨라진다면 발전기와 계통의 주파수 편차가 너무 큰 경우이므로 투입을 허용해서는 안된다.

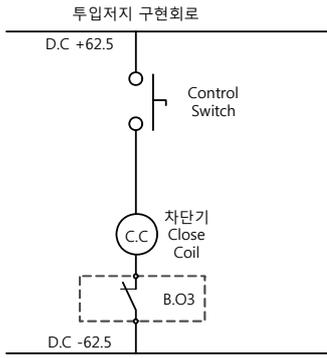


그림 13 차단기 Close Block
Fig. 13 Close Block Circuit

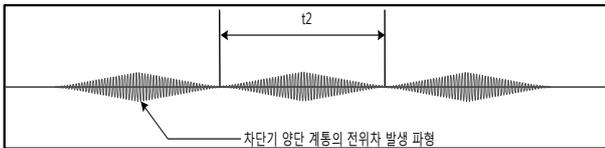


그림 14 전위차 반복 주기
Fig. 14 A cycle of potential differentiation

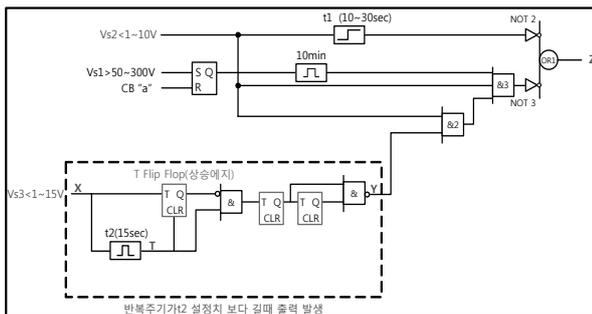


그림 15 비동기 판단 로직
Fig. 15 Judgment logic for asynchronization

그림 15는 비동기 상태에서는 차단기가 투입되지 않도록 비동기 상태판단을 위한 로직도를 나타내고 있다. 양단의 전압 정보로부터 얻은 반복되는 전위차 주기 및 전압 정보를 이용하여 비동기 상태에서는 차단기 투입을 억제 (Blocking)하여 비동기 투입으로 인한 돌입 전류로 설비 피해가 생기지 않도록 할 수 있다.

4. 결 론

90°가 넘는 비동기 투입 시 120~130msec 후 주변압기의 내부 권선이 소손되고 외환 파괴는 물론 변압기의 기초까지 흔들리는 큰 사고가 발생하였다. 비동기 투입 후에 비록 동기화가 되어 발전을 계속할 수 있는 경우라도 이미 큰 돌입 전류가 설비에 흘렀기 때문에 전기적 및 물리적으로 전력설비에 큰 스트레스를 주고 있음은 분명한 사실이다. 사례에서 나타난 바와 같이 운전이 성공한 비동기 투입이라 해도 이미 정격의 수배에 달하는 전류가 흐르게 되고 인근 발전기의 안정도에 많은 영향을 미치게 된다. 따라서 비동기 투입은 사후 보호하는 방식 보다는 사전에 방지 하는 방식이

설비 보호나 설비의 정격수명 유지, 계통 안정도 유지 차원에서 훨씬 합리적이다. 고장을 경험한 설비들은 비록 당장은 운전이 가능하다해도 이미 받은 스트레스로 인해 주변계통의 고장발생시 오동작을 하거나 진전고장으로 나타날 수 있다.

비동기 투입 저지를 위해 새롭게 개발한 로직과 간단한 설비 구성으로 전력설비의 보호뿐만 아니라 건전한 전력계통을 유지 할 수 있다. 최근의 전력계통은 부하 예비율이 10%에 못 미치고 있어 고장은 치명적 광역정전을 위협하는 상황이다. 운전을 위해 병입하는 발전기가 오히려 계통의 불안 요인으로 작용하지 않기 위해서는 사전 예방이 지름길 이다.

참 고 문 헌

- [1] L. Wang, J. Jatskevich, C. Wang and P. Li, "A Voltage-Behind-Reactance Induction Machine Model for the EMTP-Type Solution", IEEE Trans. on Power Systems, Vol. 23, No. 3, pp. 1226~1238, 2008.
- [2] B. Wang, X. Dong, Z. Bo and A. Perks, "RTDS Environment Development of Ultra-High-Voltage Power System and Relay Protection Test", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 23, No. 2, pp. 618~623, 2008.
- [3] Eun-Woong Lee, "The Analysis of Asynchronous Phenomenon and Electrical Characteristics of Synchronous Generator for Peak Load Operation" 전기학회논문지, 제47권 제6호, p719, 1998
- [4] Cho Seong-jin외, "A Study on the Development of Protection Relay Applied a Generator protection Basic Algorithm", 대한전기학회 하계학술대회 논문집 A, 2003. 7
- [5] IEEE Std.C37.102-2006 "IEEE Guide for AC Generator Protection" 5.7 Synchronizing
- [6] 정창호, 이재규, 정병태, 안복신, "Adaptive 보호범위를 가진 송전선로 보호용 디지털 거리계전기", 대한전기학회 하계학술대회 논문집 C, p7, 1998
- [7] 권영진외, "발전기 과도현상에 따른 발전기 보호 계전기 동작 분석", 대한전기학회 전력기술부문회 추계학술대회 논문집, p379, 2006.11
- [8] Hyung-Kyu Kim, Sang-Hee Kang, "Improved Coordination Method for Back-up Protection Schemes Based on IEC 61850", 전기학회논문지, 제60권, 제1호, p43, 2011. 1

저 자 소 개



이 종 현 (李 鍾 煥)

1962년 1월 6일생. 1991년 전남대 전기공학과 졸업. 현재 한전 전력연구원 선임연구원

Tel : 042-865-7651

Fax : 042-865-7599

E-mail : protection@kepco.co.kr