

대용량 플랜트 발전기의 전압조정 운용기술

송 성일

(한전기술연구원 선임전문원)

1. 서 론

전력계통은 발전기, 터빈 및 보일러(수리계)등으로 구성되는 발전계통, 송전설비, 조상설비의 송전계통 및 배전·부하계통으로 나누어지며, 각각의 계통은 서로간에 공급과 수요의 밀접한 관계로 부터 경제성, 안정성 및 신뢰성을 확보하여 일정한 전압과 주파수를 유지시켜야 되는 한개의 거대한 NETWORK을 형성하고 있다. 이러한 전력계통은 경제발달에 따른 부하증가에 상응하여 그 규모가 증대되고 복잡해지고 있다. 따라서 사회의 전력의존도는 점점 증가하는 동시에 전력의 질에 대한 요구도 엄격해지고 있는 실정이다.

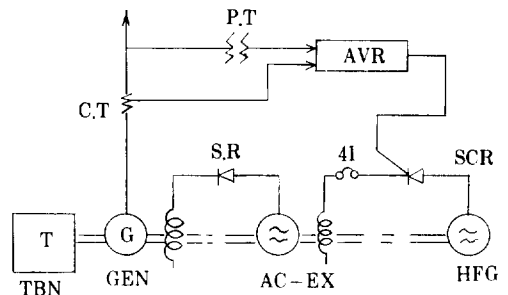
전력계통의 전압과 주파수를 일정하게 유지 즉, 양질의 전력을 공급하기 위해서는 발전기제어의 고성능화와 고신뢰에 의한 전력계통의 안정도향상이 무엇보다도 중요하다. 물론 송·배전의 신뢰성도 중요하지만 양질의 전력을 생산하기 위해서는 발전기제어가 큰 몫을 하게 된다.

발전기 제어시스템은 주파수를 제어하는 GOVERNOR 시스템과 발전기 전압을 제어하는 발전기자동전압 조정 시스템(AVR:AUTOMATIC VOLTAGE REGULATORY SYSTEM)으로 구성되며, 발전기전압조정계통은 발전기와 여자장치(EXCITING SYSTEM)로 되어 있으며 여자장치는 발전기의 단자전압을 조정하는 AVR과 여자기(EXCITOR)로 구성된다.

여기서는 대용량 발전기가 전력계통에 병렬운전 될 경우에 있어서 발전기 여자장치의 구성과 원리, 여자제어가 전력계통 안정도에 미치는 영향 및 최근의 발전기 제어기술의 동향에 대하여 서술하고자 한다.

2. 발전기의 전압제어 시스템

발전기전압제어는 발전기의 부하변화, 속도변화 및 온도변화등, 여러가지 외란에 관계없이 발전기의 전압을 목표치에 일치하도록 발전기 계자에 공급되는 전류를 조정함으로써 발전기 단자전압을 제어하는 시스템으로 그 동작원리는 비슷하지만 종류는 다양하다. 여기서는 대용량화력 발전소와 원자력 발전소에 많이 적용되는 교류여자방식 (그림 1의 A, B)-Commutator Less



A) Commutator less Type

2.1 AVR의 원리

발전기의 출력전압을 일정하게 제어하는 AVR의 단선도는 그림2 와 같다.

위그림에서 발전기 단자전압 V_{GEN} 를 계기용변성기(P·T)에서 강하시켜 V_{FB} 를 검출하여 여기에 발전기에 흐르는 무효회류 I_{CC} 를 보상한 후, 조정하고자 하는 발전기전압 V_{REF} 와 비교하여 전압편차 V_{ERR} 를 연산한다. 전압편차가 발생하면 이 편차를 증폭기에서 증폭하여 여자를 통하여 발전기 계자전류 I_f 를 조절하므로써 발전기의 전압을 목표치로 제어한다. 만약 AVR계통에 고장이 발생되면 수동으로 절체되어 계자전류를 조정하는 70M에 의한 Open Loop 전압제어가 가능토록 되어있다. 그림2 의 발전기전압 제어시스템의 Block도를 그림3에 나타내었다.

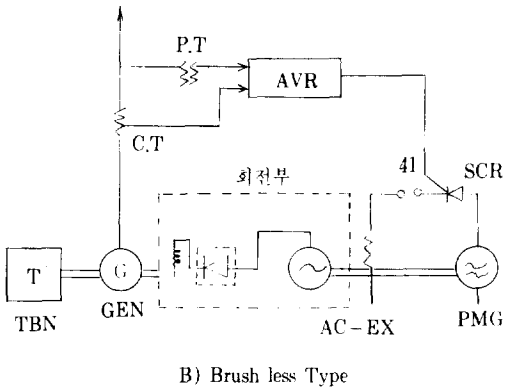
정상상태(Steady state)의 발전기 단자전압을 V_{GEN} , 외란치를 V_{DIS} 라 할 때, 발전기 단자전압 V_{GEN} 은 식 2-1 과 같다.

$$V_{GEN} = \frac{k_{AMP} \cdot k_{EX} \cdot k_{GEN}}{1 - k_{AMP} \cdot k_{EX} \cdot k_{GEN} \cdot k_{FB}} \cdot V_{REF} - \frac{k_{GEN}}{1 + k_{AMP} \cdot k_{EX} \cdot k_{GEN} \cdot k_{FB}} V_{DIS} \quad (2-1)$$

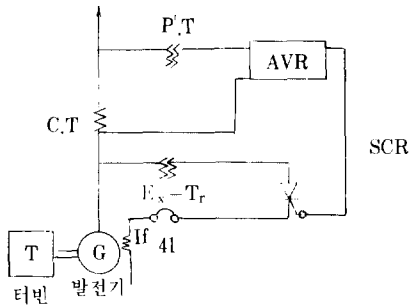
각 제어요소이득의 곱 $K_{AMP} \cdot K_{EX} \cdot K_{GEN} \cdot K_{FB}$ 는 10~0~300 $P_u(V_{FB}) / P_u(V_{ERR})$ 로 되게 설계하므로 $K_{AMP} \cdot K_{EX} \cdot K_{GEN} \cdot K_{FB} \gg 1$ 이며, 2-1식에서 $V_{REF} - V_{FB}$ 는 $V_{DIS} / K_{AMP} \cdot K_{EX}$ 를 얻을 수 있다. 여기서 $V_{REF} - V_{FB}$ 는 전압편차 V_{ERR} 이며, 이 관계로 부터 2-2식을 얻는다.

$$\frac{V_{ERR}}{V_{REF}} / \frac{V_{DIS}}{V_{REF}} = \frac{1}{K_{AMP} \cdot K_{EX}} \quad (2-2)$$

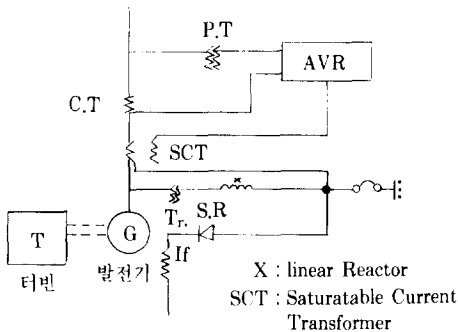
여기서 외란치 V_{DIS} 는 주로 발전기의 전기자반작용에 의해 발생하며 발전기가 무부하로 부터 정격부하까지 변화될 때의 외란치는 대개 단자전압 환산으로 150%정도가 되므로, V_{ERR} / V_{REF} 을 V_{DIS} / V_{REF} 에 대해서 1%이내로 억제하기 위해서는 $K_{AMP} \cdot K_{EX}$ 는 $150 P_u(V_{REF}) / P_u(V_{ERR})$ 정도의 Gain을 갖도록 AVR과 EXCITOR의 용량을 결정하고 있다.



B) Brush less Type



C) Thyristor Type



D) 복권자여자방식

그림 1. 각종 여자방식

방식¹⁾과 Brushless방식²⁾과 정지형 여자방식 (그림 1의 C, D) - 복권자여자방식³⁾과 THYRISTOR 직접여자⁴⁾방식에 대하여 서술하고자 한다.

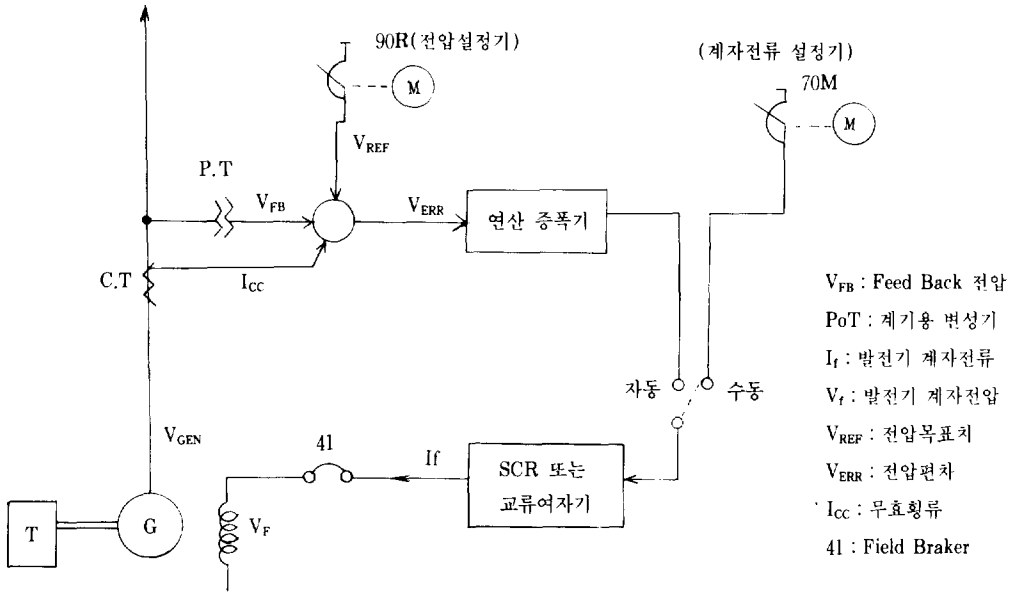


그림 2. 발전기의 AVR원리도

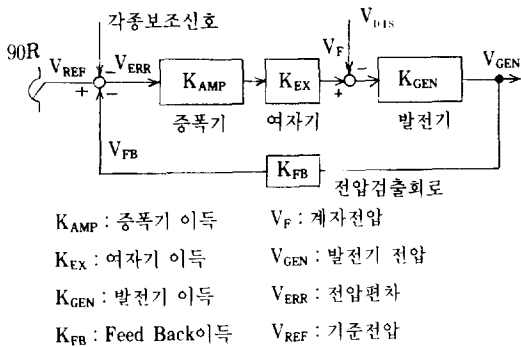


그림 3. 전압제어 시스템의 Block도

2.2 발전기의 병렬운전

발전기를 전력계통에 병렬운전할 경우, 그림 4에서와 같이 전체전력계통은 무한대계로 볼 수 있으며 그때의 발전기 전압을 V_1 , 계통전압을 V_2 , 발전기와 계통간의 선로리액탄스를 X_L , 그로 인해 발생하는 두 전압간의 상차각을 θ (위상차)라 할 때, 발전기측으로 부터 계통측으로 흐르는 유효전력 P_1 과 무효전력 Q_1 은 식 2-3

과 식 2-4로 표시되며 θ 의 「+」를 지상무효전력으로 한다, 「-」를 지상무효전력으로 한다.

$$P_1 = \frac{|\bar{V}_1| |\bar{V}_2|}{X_L} \sin \theta \quad (2-3)$$

$$Q_1 = \frac{|\bar{V}_1| (|\bar{V}_1| - |\bar{V}_2|)}{X_L} \cos \theta \quad (2-4)$$

일반적으로 발전기와 전력계통간의 선로리액탄스 X_L 은 매우 적으며, 위상차 θ 또한 매우 적은 값이 된다. 따라서 식 2-3과 식 2-4은, $\sin \theta$ 는 θ , $\cos \theta$ 는 1로 근사화 되기 때문에 식 2-5와 식 2-6으로 나타낼 수 있다.

$$P_1 = \frac{|\bar{V}_1| |\bar{V}_2|}{X_L} \cdot \theta \quad (2-5)$$

$$Q_1 = \frac{|\bar{V}_1| (|\bar{V}_1| - |\bar{V}_2|)}{X_L} \quad (2-6)$$

유효전력 P_1 은 두 전압간의 위상차 θ 에, 무효전력 Q_1 은 전압의 절대값의 차 ($|\bar{V}_1| - |\bar{V}_2|$)에 각각 비례함을 보여주고 있다. 무효전력은 전압이 높은 쪽에서 낮은 쪽으로 지상무효전력이 흐름을 나타내므로 발전기 전압의 크기를 제어함으로써 전력계통의 무효전력을 발전기용량에 맞게 적절히 분담 운전할 수 있다.

2.3 보조제어

발전기의 기본적인 제어는 전압제어이지만 발전기를 전력계통의 한 요소로서 병렬운전할 경우에는 전압제어만으로는 불충분하며, 무효전력의 적절한 분담을 고려한 무효회류보상장치(Rcc : Reactive Cross Current Compensator), 계통의 동요에 대한 계통안정화 장치(PSS : Power System Stabilizer), 발전기 보호를 위한 각종 보조제어 기능이 부가된다.

2.3.1 무효회류 보상장치(RCC)

그림 2-4와 같이 발전기를 전력계통에 병렬운전할 경우, 지상무효 전력에 대하여 그림 5와 같은 전압수하(Voltage Droop)특성을 부여, 계통의 무효전력을 발전기 용량에 맞게 분담하도록 하는 장치이다⁶⁾. 발전기 전압과 계통전압이 완전히 일치한다면 식2-6의 무효전력 Q_c 은 ZERO가 된다. 그러나 실제 전력계통에서는 부하의 변화, 계통의 특성변화등에 의해 항상 전압차 $\Delta V = V_1 - V_2$ 가 존재한다. 또한 발전기는 저압모선에 직접연결되어 있기 때문에 선로리액탄스 X_l 은 극히 적음(X_l 는 0)이다. 따라서 계통과 발전기사이에는 식2-6에서 알 수 있듯이 대단히 큰 무효회류가 흐르므로 안정된 운전이 불가능하게 된다. 이러한 현상을 방지하기 위하여 그림 5와 같은 보상특성을 주어 걸보기상의 X_l 을 크게하지만, 제어상으로는 AVR에 의해 V_1/V_2 과의 차이를 작게하여 적절한 제어를 하고 있다. 그림 6은 회류보상회로와 그에 따른 전압 벡터도를

보여준다. 발전기에 무효회류가 흐를 때는 B의 백터도에서 볼 수 있듯이 회류에 의한 전압강하가 발전기 2차 전압 검출부에 보상되어 AVR에서 V_{ERR} 을 산출할 때 그만큼의 전압을 보상에 주게 된다.

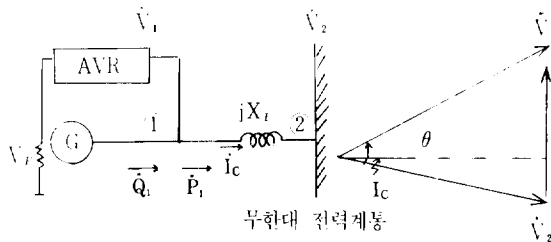


그림 4. 발전기의 병렬운전과 백터도

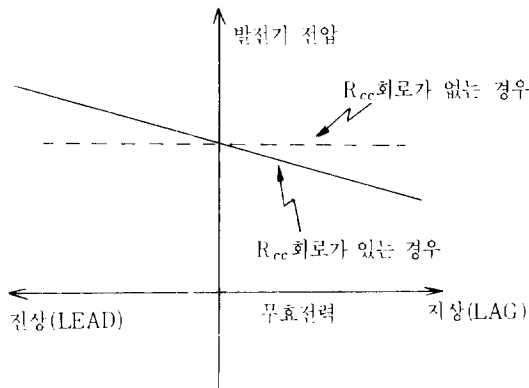
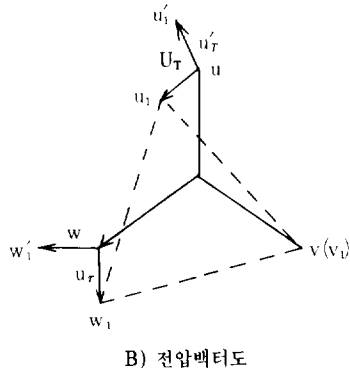
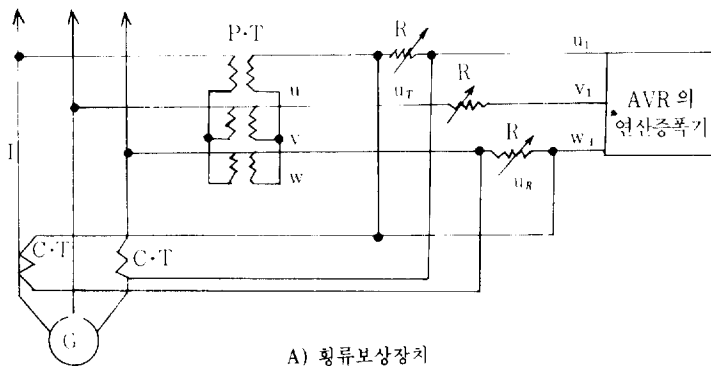


그림 5. 발전기 전압수하 특성곡선



A) 회류보상장치

B) 전압백터도

그림 6. 회류보상장치와 백터도

2.3.2 전력계통 안정화장치(PSS)⁷⁾

PSS는 전력계통의 동요에 관한 신호를 취하여, 적절하게 조정된 후 AVR의 연산회로에 보조신호로 주어 전력계통의 동태안정도를 개선하는 장치이다. PSS에는 계통의 동요를 나타내는 정보로서 다음과 같은 변수들을 이용한다.

- 1) 유효전력의 변화량(ΔP)
- 2) 발전기와 무한대 계통과의 내부상차각($\Delta\theta$)
- 3) 발전기 내부 주파수 변화(Δf)
- 4) 발전기축의 Speed변화(ΔW)

위의 4가지는 모두 장단점을 지니고 있기 때문에 전력계통의 특성에 맞게 선택 운용한다.

2.3.3 과여자, 부족여자 제한장치

전력계통의 초고압 송전선의 채용등에 의해 경부하시에 계통전압이 상승될 때, 또는 부근 발전소가 큰 지상 무효전력을 낼 경우등에 의해 해당 발전기가 부족여자로 안정도저하⁸⁾ 및 발전기 전기가 끝단 철심 과열방지를 위한 저여자 제한장치(UEL : Under Excitation Limmitter) 와 과여자로 인한 발전기 계자의 과열방지를 위한 과여자 제한장치(OEL : Over Excitation Limmitter) 와 이외에 여자제어회로의 난조방지회로, 발전기 무효전력을 일정치 또는 전력의 크기에 비례하도록 제어하는 회로, 즉, 자동무효전력 조정장치(AQR) 등이 보조기능으로 부가될 수 있다.

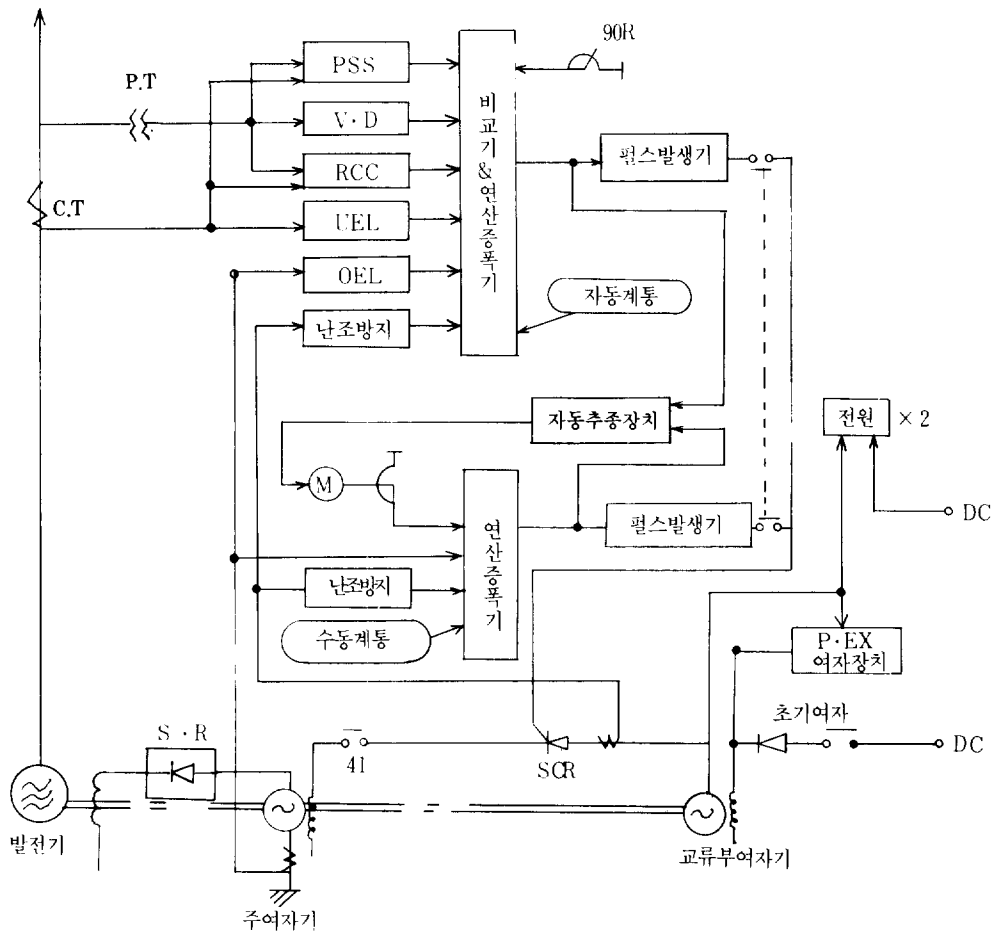


그림 7. Commutator less 여자방식

3. 대용량발전기의 여자방식

원자력발전소와 대용량화력 발전소의 여자장치로서 주류를 이루고 있는 교류 여자방식과 정지형여자방식에 대하여 알아본다.

3.1. 교류여자방식

교류여자방식에는 Commutatorless방식과 Brushless 방식의 2가지방식이 있지만, AVR의 기본구성회로는 같으므로 Commutatorless 방식에 대하여 서술하고자 한다.

3.1.1 회로구성

교류여자방식은 그림 7에서 보여주듯이 단자전압을 제어하는 자동계통과 계자전류는 직접제어하는 수동계통, 그리고 공동요소인 EXCITOR로 구성되어 있다.

3.1.2 동작원리

그림 7의 자동계통에 의한 AVR의 운전은 발전기 전압검출회로(VD)에서 검출된 발전기 전압과 90R에서 설정된 기준전압을 연산증폭기에서 비교·증폭하여 전압편차를 발생시킨다. 이 편차의 크기에 따라 SCR의 점호각을 조정하여 교류부여자기의 계자전류를 조정하며, 수동계통에 의한 운전은 70M에서 설정된 계자전류 목표치와 검출된 실제 계자전류치를 비교, 그 편차를 “ZERO”가 되도록 SCR의 도통각을 변화시켜 계자전류를 조정한다. 이렇게 조정된 교류여자기의 계자전류는 교류여자기의 출력을 조정한다. 교류여자기의 출력은 정지형정류장치(SR)를 경유, SLIP RING를 통하여 발전기 계자에 공급된다. 이러한 전압조정기능 외에 전력계통 안정도향상을 위한 PSS장치, 발전기 보호를 위한 OEL, UEL, RCC 및 AVR의 안정화를 위한 난조방지회로등이 보조기능으로 갖추어져 있다.

위 그림에서 알 수 있듯이 교류부여자기의 계자회로

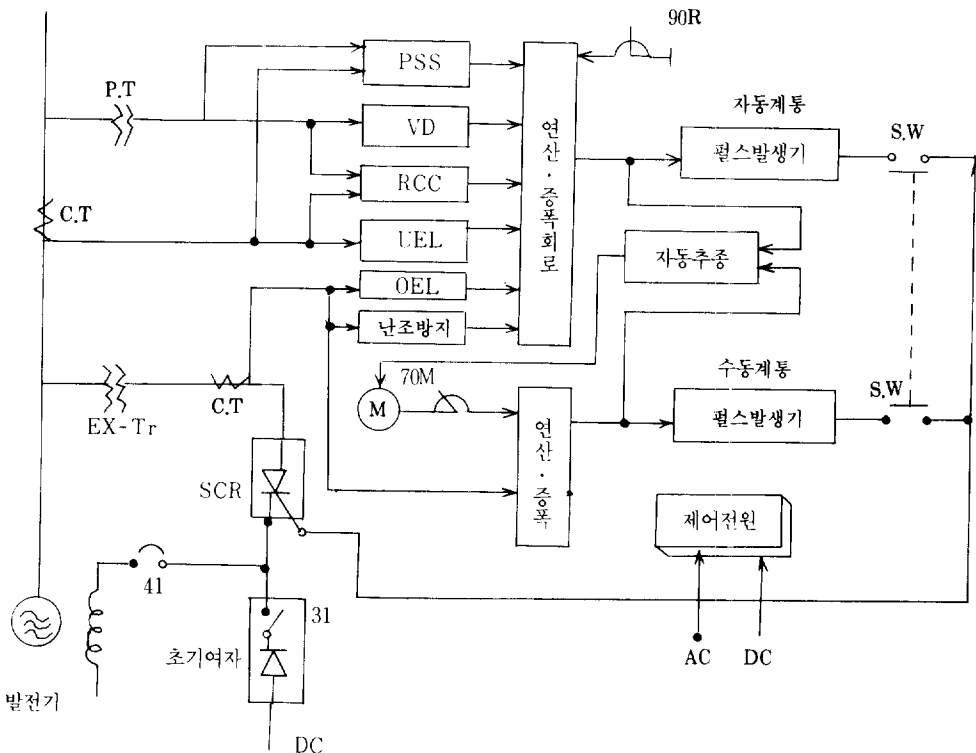
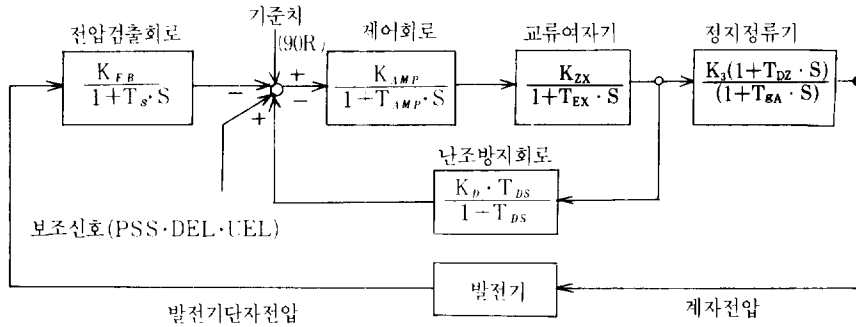
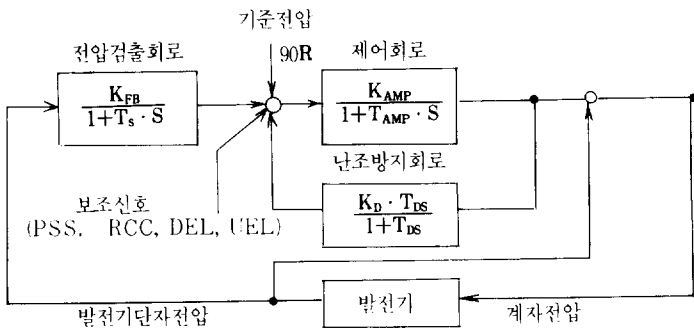


그림 8. SCR 여자방식



A) COMMUTATORLESS TYPE



- T_s : 전압검출회로 시정수: 40ms
- T_{AMP} : 제어회로 시정수: 10ms
- T_{EX} : 교류여자기 제자시정수: 1sec
- T_{GA} : 교류여자기 시정수: 1sec
- $T_{dZ'}$: 발전기제자시정수에 따라 결정되는 시정수: 2~10sec
- T_D : 난조방지회로 시정수: 600ms
- $K_{FB}, K_{AMP} \cdot K_{EX} \cdot K_s \cdot K_D$: 검출회로, 제어회로, 교류여자기, 정지정류기 난조방지회로의 Gain.

B) THYRISTOR 직접식

그림 9. AVR의 전달함수와 시정수

까지는 반도체소자로 구성되어 있기 때문에 시간지연 요소는 거의 없지만, 교류여자기 자체의 시간연성 때문에 속응성에는 한계가 있다.(그림 9 참조)

70~80%까지 확립해야 한다 (그림 8 참조). 그림 7 과 그림 8 를 비교해 보면 교류여자방식에 부가된 수동계통의 난조방지회로는 응답성이 뛰어난 SCR방식에 설치하지 않는다.

3.2. SCR직접여자방식

발전기의 제자전류는 발전기 출력단에 연결된 여자용 변압기를 경유, SCR에 의해 직류로 변환되어 SLIPRING 을 통하여 발전기 제자에 공급된다. SCR여자방식은 AVR 에서 제어된 전류가 직접 제자전류로 공급되기 때문에 시가지연이 없어 응답이 수백 msec로 극히 빠르다. 그림 9는 교류여자방식과 SCR여자방식에서의 자동운전시 전달함수와 각 요소의 시정수를 보여준다. 각 여자방식의 회로 구성에는 별 차이가 없으나 SCR여자방식은 발전기 출력으로부터 여자전원을 취하기 때문에 초기여자를 외부전원으로 부터 공급받아 발전기 전압을

4. 전압제어와 전력계통

4.1 전력계통의 안정도

60년대 이전까지는 직류여자기, 자기증폭기등의 비교적 응답특성이 늦은 Hardware로 전압제어를 했기 때문에, 전력계통의 안정도는 단락사고와 같은 큰 외란이 발생되었을 때의 과도안정도만을 취급하였다. 최근에는 발전기의 대용량화에 따른 장거리 송전으로 각 발전기 간의 상차각이 증대되고, 전기적결합이 약하게 되어 과도안정도 뿐만아니라 작은 외란에 대한 동태안정도까지 충분히 고려하여 발전기 여자를 제어하고 있다.

4.1.1 과도안정도

과도안정도란 안정상태로 운전중인 송전계통에 큰 외란-3상단락, 1선 지락등-이 발생한 경우에 발전기가 탈조에 이르지 않고 새로운 평형상태로 송진을 유지하는 정도를 말하며, 외란 발생후의 제1, 2과가 진행되는 동안의 시간이 과도안정도에 해당된다. 이러한 외란이 발생하면 발전기에 입력되는 기계에너지와 발전기로부터 계통으로 출력되는 전기에너지와의 불평형이 발생, 발전기가 가속(또는 감속)되어, 계통에서 탈조, 과도안정도가 상실되는데 이를 방지하기 위하여 계통사고 제거후에 발전기 출력전압을 빨리회복하여, 사고기간중에 발전기에 축적된 에너지를 계통측에 송전하므로 에너지평형을 유지시킨다. 전압회복을 빨리 하기 위하여 속응성 있는 SCR여자방식이 많이 채용되고 있다.

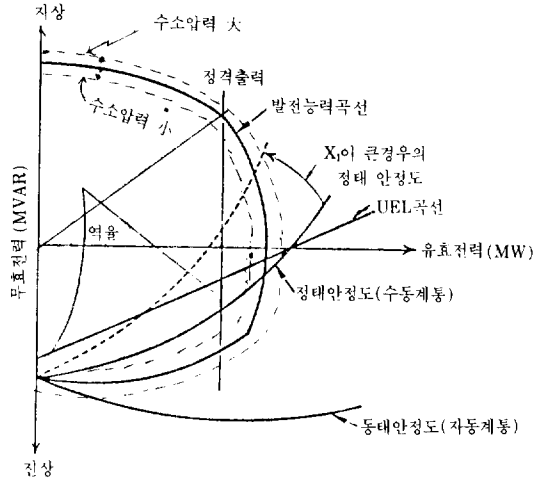


그림 10. 발전기의 운전능력곡선

4.1.2 동태안정도

응답성이 좋은 여자장치를 이용하여 발전기의 전압제어를 하면 과도안정도의 향상에는 효과적이지만, 그후의 작은 동요, 즉 제1과후의 전력동요의 억제를 나쁘게 한다. 이러한 현상은 송전선로의 변경, 부하의 증·감같은 작은 외란에도 같은 현상을 보이므로, 외란에 의해 발생한 진동이 지속, 또는 발산하는 일종의 부제동 현상을 야기한다. 이를 방지하기 위하여 AVR계통에 PSS를 설치, 계통동요신호를 검출하여, 이 신호를 적당한 이득과 위상으로 조절하여 AVR에 보조신호로 추가하여 발전기를 포함한 여자제어시스템의 전압제어 특성을 개선하고 있다. 최근에는 전력계통의 용량증대와 장거리 송전에 따른 많은 변수가 계통동요의 원인이 되므로 Microprocessor 를 이용한 다변수 Digital식 PSS가 연구개발되어 실용화 단계에 있다.⁹⁾

있듯이 수동계통의 운전시는 정태안정도 곡선이 발전기의 운전한계를 축소하고 있으며, 특히 선로의 임피던스가 커서 계통이 약한 경우에는 더욱 더 운전한계가 적어지므로 최신 발전기 전압 및 무효전력 제어시스템은 자동운전으로 안정운전한계를 넓히기 위하여 자동계통을 2중화하여, 정상운전시 각각 1/2부하씩 담당·운전하며 한개채널의 사고시 나머지 다른 채널이 부하를 전담하게 하고있다. 물론 두 채널 모두 고장시는 수동계통이 전부하를 담당토록 운전하고 있다.

4.2 발전기 운전능력곡선

발전기의 운전에는 그림 10에 보인 바와 같이 운전 허용한계가 주어진다.

이곡선은 발전기가 낼 수 있는 유효전력과 무효전력의 한계를 나타내고 있으며, 이 한계는 발전기 냉각수소의 압력에 비례하여 그림의 점선과 같이 가변되며, 이 곡선내에서 발전기를 운전하는 한 발전기는 안전하다. 일반적인 AVR시스템에는 자동계통과 자동계통의 Backup 용 수동계통이 갖추어져 있지만 위 그림에서 알 수

5. 최근의 AVR 기술동향

최근에 화력 및 원자력 발전소의 여자제어 방식에는 주로 Commutatorless방식과 Brushless방식의 회전형과 SCR직접여자방식인 정지형이 있다. 이들 여자방식은 고유의 특성을 가지며 발전소의 규모나 중요도에 따라 최적방식이 적용되어 왔다.

최근에는 발전뿐만 아니라 전기의 품질에 큰 비중을 두어 계통의 안정도향상, 보수성향상, 신뢰성향상 및 고성능화등을 고려하여 계자전류 공급측면에서는 SCR여자방식이 채택되고 있으며, 제어 Controller측면에서는 Analog전자식에서 Digital전자식으로 개선되고 있다.

5.1 고신뢰화

5.1.1 구성요소

신뢰성 향상을 위해서 여자장치 Hardware의 주요 구성요소인 연산증폭기와 전력증폭기의 전자화가 급속히 진전되고 있으며, 기존 전기회로는 반도체소자 회로로, 교류여자기의 회전증폭기는 속응성결어, 보수의 난점등으로 인해, 다중화가 쉽고 속응성이 뛰어나며 운전중 보수가 용이한 SCR전력증폭기로 대체되고 있다¹¹. 특히 제어연산 소자로서 가장 많이 보급된 Analog전자소자는 다중화와 신뢰성이 뛰어난 Digital소자로 바뀌고 있다.

5.1.2 제어시스템

현재 보급되어 있는 AVR은 앞서 말한 바와 같이 자동계통과 수동계통으로 구성되어 있지만, 최근에는 신뢰성 및 보수성 향상을 위해 자동계통을 2중화 또는 다중화하고 수동계통을 다시 Backup으로 준비한다. 이러한 다중화구성은 자체고장진단 기능을 보유하여 신뢰성을 더욱 향상시키고 있으며, 현재 사용되고 있는 Analog 전자식은 점차 Microprocessor에 의한 Digital식으로 대체시켜 여자제어에 필요한 연산 및 주요 Sequence는 모두 Software로 구현하여 계통 전체의 신뢰성을 향상시키고 있다¹².

5.2 전력계통의 안정도향상

과도안정도의 향상에 유효한 컷두전압을 높게 설정하고 제어요소간에 시간지연이 없는 SCR여자방식이 발전기 전압제어 방식으로 채용됨에 따라 과도안정도는 향상된 반면 그 후의 안정도-동태안정도의 저하를 초래하고 있다. 이것은 전압제어만을 고려한 결과로 이제까지 무시된 계통전압과 유효전력과의 상호간섭에서 일어난다. 이러한 현상을 방지하기 위해서 앞에서 서술한 PSS장치를 설치, 계통안정도를 개선하고 있지만, 발전기 자체의 비선형특성과 전력계통의 비선형특성에 의해서 PSS의 보정치는 항상 변화하므로, 보정치를 최적치로 유지시키는 것은 난제로 남아있다. 이러한 문제와 더불어 송전계통의 장주기성 동요와 다변수형태의 전력동요 제어에는 AVR과 PSS만으로 한계를 가지므로, 최근에는 Computer를 이용한 다변수 제어^{13,14}로서 이러한 문

제를 해결하려 하고 있다.

5.3 발전기 전압제어의 신기술

앞에서 서술한 바와 같이 발전기전압제어에 지금까지 채택해온 Analog제어방식으로는 전력계통의 안정도, 전력의 품질 향상 및 신뢰성 확보에 한계를 보여준다. 이제까지는 발전기제어를 위해 AVR(전압제어), Govern 이(주파수제어) 및 PSS(전력동요제어)로 각 기능마다 분리 제어되어 왔다. 이러한 제어방식은 제어하고자 하는 출력만을 입력측에 Feedback하여 제어하는 방식이다. 이것에 비하여 출력뿐만 아니라 전체계통의 상태변수, 즉 발전기와 터빈으로 부터 얻어지는 갖가지 측정량을 Microcomputer에 의한 최적 Feedback Gain을 연산, 제어하는 다변수 제어를 연구하여 좋은 결과를 얻고 있다.^{13, 14} 종래의 Governo 기능, AVR 기능, PSS 기능 및 자동무효전력 조정기 능등의 제반보조기능을 통합하여 Computer에 의해 제어하는 발전기 통합제어가 가능하다. 또한 일반제어계통에 적용되기 시작한 적응제어이론이 전력 공학에 적용되면서 동기발전기의 여자제어계통에도 STR(Self Tuning Regulator)을 이용한 Adaptive Excitation Controller를 개발하여 모의 실험에서 좋은 결과를 보이고 있지만¹⁵, 실제시스템에 적용된 실례는 없다. 또한 발전계통과 전력계통을 연계하여 개개 발전제어계를 Digital 화하는 동시에 전체 전력계통을 Network으로 묶고, 다시 이것을 전기거리와 부하의 크기에 따라 지역별로 세분화하여, 각 지역내의 발전기로 하여금 그 지역의 전력조류와 전압을 제어하게 하는 계층구조식에 의한 중앙통합 제어방식이 적용되고 있다.¹⁶

6. 결 론

발전플랜트의 입지조건과 경제성을 고려하여 원자력 및 화력 발전소의 단위 설비용량이 커지면서 개개 발전소가 전력계통에 미치는 영향이 지대해지고 있다. 따라서 발전제어의 신뢰성 확보, 운전조작의 간편화와 송전의 장거리화로 전력계통의 안정성 향상 및 전압과 주파수의 일정한 유지가 중요한 문제로 대두되고 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해서는 터빈제어, 보일러 제어 및 발전기제어 등으로 분리 제어되어 온 발전제어

계통을 통합하고 Digital화하여 발전계통과 송·배전계통을 연계·제어해야 전기의 품질을 향상시킬 수 있을 것이다. 따라서 현재 전력계통에 보급되고 있는 원방집중 제어방식에 의한 전력계통의 조류 및 전압의 감시, 각 발전소의 운전상황, 송·배전선로의 상태등 모든 변수들을 취합, 전력계통의 상황에 따라 각 발전기의 출력 및 무효전력의 적정분배, 전압과 주파수 조정, 및 조상설비등을 제어하는 전력계통 통합제어시스템이 적용되어야 할 것으로 본다.

참 고 문 헌

- 1) Instruction Manual for Excitation Control System TYPE ZVA for Ko-Ri II, KOREA ELECTRIC Company LTD., GEC, ENGLAND.
- 2) Static Converter Excitation System with Voltage Regulation Equipment for 260MVA Turboset(unit2) at YONG NAM Thermal Power Plant, KEPCO, AEG Germany E44/V₄-4019, May 6, 1970.
- 3) SHUNT SCR Static Excitation system, GEK-36491 General Electric Co.
- 4) Instruction for Thyristor Excitation Equipment 350MW thermal Power plant Equipment ASAN unit #1&2. Hitachi Ltd, Tokyo, Japan.
- 5) 天笠信正, 鈴木一市, 下村 勝, 田中誠--“同期發電機の勵磁持性” 火力原子力 vol.34. no.12, pp.1391~1400, Dec. 1983.
- 6) Generator Controls “Automatic Voltage Regulators” FUJI Electric Co. Japan. oct. 1968.
- 7) Power System Stabilizer, 3S7932 LA 202G 5&6 General Electric, Waynesboro, Virginia, U.S.A.
- 8) “Generators and Generator Transformer Protection” Protective Relays Application Guide, The English Electric Company Limited, pp233~235. Feb. 1973.
- 9) F·P demello, L.N. Hannett “A power system stabilizer Design using Digital Control IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, vol PAS-101 no.8, pp.2860-2866, Aug. 1982
- 10) William W. Terry “Solid-State Replacement for Electromechanical Voltage Regulators” IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems vol. PAS-104, no.1, pp.40~41, January, 1985.
- 11) A. Ghandakly, Peter Kronegger “Digital Controller Design Method for Synchronous Generator Excitation and stabilizer Systems Part 1, II”, IEEE Transactions on Power Systems vol. PWRS-2, no. 3 pp.633-643, August. 1987
- 12) Jagannathan Kanniah, O.P. Malik, G.S. Hope. “Excitation Control of Synchronous Generators Using Adaptive Regulators Part II” IEEE Transaction on Power Apparatus and Systems vol. PAS-103, no.5 pp.904-910, May, 1984.
- 13) David Romero, “An adaptive Excitation System Controller in a stochastic Environment” IEEE Transaction on Power systems vol. PWRS-1, no. 1 pp 168-174, Feb. 1986.
- 14) 田中裕幸, 瀬里勝義 “マイコン應用した發電機 制御システム” 電氣現場技術 vol. 24 no.275 pp.3~7 1985年, 4月
- 15) 植木芳照, “同期發電機の適應制御システム”, 計測と制御, vol.27, no.4 pp.30~36, 4月, 1988年.
- 16) J.P Paul, J.Y Leost “Survey of the secondary Voltage Control in France, Present Realization and investigations” IEEE Transactions on Power Systems, vol PWRS-2, no2, pp.505~511, May, 1987.