

고장용량 감소를 위한 송전선 개방 운용에 신경회로망 적용 연구

論 文

49A-1-5

Neural Network Application to the T/L Operation for Suppression of Short Circuit Capacity

李 光 浩*
(Kwang-Ho Lee)

Abstract - Switching of the transmission lines(T/L) is one of the methods for suppressing the short circuit capacity. This paper presents the T/L switching operation by using the Hopfield neural network(HNN). The switching of T/L can make the line powers and the bus voltages deteriorated, as well as the fault current decreased. Such an insecure state should be avoided when the T/L is operated to be open. In this studies, the inequality constraints are formulated into the objective function to be incorporated with the HNN. Test results show that the convergence characteristics of HNN lead to the adequate solution of T/L switching.

Key Words : 고장용량, 송전선 개방 운용, 호필드 신경회로망, 최적화, 전력계통 안전성

1. 서 론

최근의 국내 전력계통에서는 고장용량의 증가로 인해 사고 파급에 따른 위험성이 증가되어 계통보호 설비의 투자비 상승 요인이 되고 있다. 따라서 막대한 투자비용을 피하면서 고장용량을 감소시키는 연구가 요망된다[1]. 높은 임피던스의 변압기를 사용하거나 대용량의 변압기로 병렬운전의 대수를 감소시키는 방법이 있으나 이 또한 막대한 투자비가 요구된다. 본 연구에서는 계통운용상의 현실성을 감안하여 운용 조건을 크게 변경시키지 않는 선로개방에 의한 계통의 구조 전환 기법을 제안한다.

계통구조의 방사상화는 고장용량의 억제 뿐 아니라 구조의 단순화에 따른 계통 해석의 용이성 등으로 인해 송전망의 밀도가 높은 나라에서 채택하고 있는 방법이다. 각각의 계통 특성과 전력 사정이 서로 다르며 계통구조와 고장용량과의 상관관계가 매우 복잡하여 해석적인 표현을 구하기 어렵기 때문에 현재까지는 계통 운용자의 직관에 의존하여 운용되고 있다. 또한 선로의 개방에 따라 선로조류가 일부 선로에 집중되어 변압기와 선로에 과부하가 발생되고 전압의 변동폭이 심화되는 현상이 야기될 수 있기 때문에 선로개방에는 계통의 안전성 해석이 반드시 수반되어야 한다.[2,3] 따라서 본 연구에서는 계통 안전성 해석을 고장용량의 감소와 동시에 고려하는 문제를 호필드 신경회로망(HNN)을 이용하여 해결하고자 한다.

HNN은 일반적인 신경회로망과는 달리 뉴런의 가중치가 지정되어 변하지 않고 뉴런의 상태값이 과도현상을 나타내는 동특성을 갖는다. 이러한 뉴런의 에너지가 최소의 값으

로 수렴하는 성질을 이용하여 일반적인 최적화 문제를 해결할 수가 있다[4,5]. HNN은 전력계통의 여러 분야에서 활용되고 있으며[6,7] 특히 변전소의 모선 스위칭으로 선로의 과부하를 해소하려는 연구가 발표된 바 있다[7]. 하지만 이 연구에서는 선로의 과부하만을 고려하였으며 불안전성(Insecurity)을 지수함수로 정의하고 이를 테일러 2차 전개를 사용하여 근사화 하였기 때문에 동작점 부근에서만 적용되는 문제점을 갖고 있다.

본 연구에서는 고장용량의 감소를 주목적으로 하면서 선로조류와 모선전압에 대한 계통 안전성을 고려하기 때문에 실제 계통 운용에서의 활용도가 높으며 변형된 2차 함수에 의한 에너지 함수를 유도함으로써 수렴성을 향상시킬 수가 있다.

2. 문제의 정식화

2.1 선로개방에 따른 계통 영향

만일 선로개방의 주목적은 차단용량 초과 모선에서의 고장전류 감소, 즉 송전망 임피던스의 상승이고, 선로조류의 상승이 과부하를 초래하지 않는 점과 전압 감소가 한계값을 넘지 않는 점이 제약조건으로 작용한다. 고장용량의 계산은 주로 3상 단락 사고시의 계통 임피던스에 의해 이루어지며 임의의 i 번째 모선에서 사고가 발생하는 경우 모선 임피던스 행렬의 i 번째 대각원소가 구동점 임피던스로 작용한다. 선로를 개방하는 경우의 구동 임피던스 변화식은 다음과 같다.[3]

$$Z_{ii} \approx Z_{ii}^0 + \sum_j d_{ij} \cdot s_j = Z_{ii}^0 + \Delta Z_{ii} \quad (1)$$

변수 s_j 는 선로 j 의 개방($s_j=1$)과 투입($s_j=0$) 상태를 나타내며, d_{ij} 는 선로 j 의 개방에 따른 모선 i 의 임피던스 증가량이다.

* 正 會 員 : 檀 國 大 電 氣 工 學 部 助 教 授 · 工 博

接 受 日 字 : 1999年 8月 6日

最 終 完 了 : 1999年 12月 18日

차단용량이 초과되는 모선에 대한 개방의 후보 선로 중에서 고장전류를 한계용량 이하로 감소시키면서 제약조건을 만족하는 것이 효과적인 개방선로가 된다. 이 때 개방의 후보가 되기 위해서는 선로개방으로 인해서 계통이 분리되지 않아야 한다. 계통의 분리는 운용 면에서 매우 복잡한 문제를 초래하기 때문이다. 이러한 계통분리는 임의의 p-q 모선간의 선로를 개방할 때 선로j 양단의 전달 임피던스(Z_{pj})가 영이 되는 성질을 이용함으로써 간단히 판단할 수가 있다[3].

선로의 개방은 계통의 모선 어드미턴스의 변화를 의미한다. 따라서 선로 어드미턴스 변화에 대한 전력방정식을 테일러 전개함으로써 선로개방과 전압 위상각의 변화 및 전압의 변화에 대한 관계식이 유도된다. 선로조류와 전압의 분리 특성(Decoupled)에 의해 다음과 같이 선로 개방에 따른 선로조류와 전압에 대한 2개의 감도식으로 분리된다[8].

$$P_k \approx P_k^0 + \sum_j e_{kj} \cdot s_j = P_k^0 + \Delta P_k \quad (2)$$

$$v_i \approx v_i^0 + \sum_j f_{ij} \cdot s_j = v_i^0 - \Delta v_i \quad (3)$$

여기서 P_k 는 선로k에서의 선로조류이고 v_i 는 모선i에서의 전압이며, e_{kj} 와 f_{ij} 는 선로j의 개방에 따른 선로k에서의 선로조류와 모선i에서의 전압 변화를 각각 나타낸다.

2.2 최적화 문제의 표현

모선에서의 고장전류가 한계값 이하가 되기 위해서는 구동 임피던스가 기준치 이상이 되어야 한다. 또한 계통 안전성의 위해서는 송전선로에서 부하가 기준치 이하가 되어야 하며 선로 개방에 따라 모선 전압은 감소하므로 모선 전압은 기준치 이상이 되어야 한다. 이러한 조건을 각 항의 변화량에 대한 부등식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} Z_{ii}^0 + \Delta Z_i > \bar{Z}_i &\Rightarrow \delta Z_i - \Delta Z_i < 0 \quad (\delta Z_i = \bar{Z}_i - Z_{ii}^0) \\ P_k^0 + \Delta P_k < \bar{P}_k &\Rightarrow \Delta P_k - \delta P_k < 0 \quad (\delta P_k = \bar{P}_k - P_k^0) \\ v_i^0 - \Delta v_i > \underline{v}_i &\Rightarrow \Delta v_i - \delta v_i < 0 \quad (\delta v_i = v_i^0 - \underline{v}_i) \end{aligned} \quad (4)$$

여기서 밑줄과 윗줄 표시값은 각 변수의 상,하한치를 나타낸다. 선로의 개방에 따라 항상 $\Delta Z_i > 0$ 이 만족되고 선로 개방 이전에 식(4)의 임피던스 조건이 만족된 모선($\delta Z_i < 0$)에 대해서는 고장용량이 문제되지 않으므로 목적함수에 반영시킬 필요가 없다. 또한 HNN을 적용하기 위해서는 스위칭 변수(s)를 에너지 함수 형태로 나타내어야 한다. HNN에서 에너지가 2차 함수로 정의되므로 목적함수인 구동 임피던스 식을 2차 함수로 변형해야 한다. 그런데 만약 $(\delta Z_i - \Delta Z_i)^2$ 로 변형한다면 $\Delta Z_i > \delta Z_i$ 인 경우에 목적함수가 증가하게 되어 구동 임피던스를 증가시키려는 목적에 어긋난다. 본 연구에서는 이러한 현상을 방지하기 위해 2차 함수가 양의 방향으로 이동된 $(\delta Z_i - \Delta Z_i + x_z)^2$ 로 정의한다. 따라서 $\Delta Z_i > \delta Z_i$ 인 경우에도 목적함수가 감소하는 특성이 유지된다.

식(4)에서의 선로조류와 모선 전압의 부등식에 대해서도 2차함수로 변형하면 각각 $G_{pk}(\Delta P_k - \delta P_k + x_p)^2$, $G_{vi}(\Delta v_i - \delta$

$v_i + x_v)^2$ 과 같다. 임피던스에서는 2차함수를 동작영역에서 단조 감소함수로 변형하였지만 선로조류와 전압에서는 단조증가 함수로 변형해야 한다. 이를 그림으로 나타내면 다음 그림1과 같다.

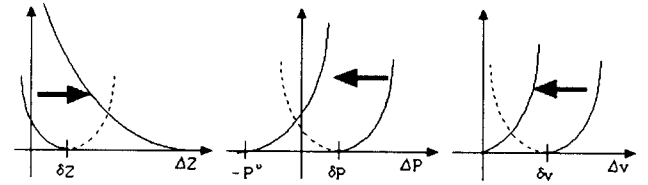


그림 1 부등식 조건의 2차함수 변형
Fig. 1 Quadratic functions of modified constraints

이때 이동 파라미터 x_z 의 결정은 $\Delta Z_i=0$ 에서 함수의 기울기가 $-10 \delta Z_i$ 가 되도록 $x_z=4 \delta Z_i$ 로 설정하였다. 선로조류인 경우 $\Delta P_k=-P_0$ 일 때 k 선로의 조류는 영이 되므로 $x_p=-P_0$ 로 설정하였으며, $\Delta P_k=\delta P_k$ 일 때 기울기가 1이 되도록 $G_{pk}=1/(2 \bar{P}_k)$ 로 설정하였다. 모선전압은 $\Delta v_i=0$ 일 때 전압강하가 발생하지 않는 경우이므로 $x_v=\delta v_i$ 로 설정하였으며, $\Delta v_i=\delta v_i$ 일 때 기울기가 1이 되도록 $G_{vi}=1/(2 \delta v_i)$ 로 설정하였다.

선로의 개방은 계통신뢰성을 저해하고 근사식으로 유도된 (1)~(3) 식의 정확성을 감소시키므로 고장용량의 해소 범위 내에서 적을수록 바람직하다. 따라서 이를 2차식 $(1 - \sum s_j)^2$ 로 정의하여 최소화 목적함수에 반영하였다. 이와같은 특성을 모두 반영하여 합성의 에너지 함수로 나타내면 다음식 (5)와 같으며, 따라서 목적함수와 제약조건 사이의 상대적인 비율을 적절히 설정해야하는 문제가 생긴다.

$$E_p = \alpha \sum_{i \in K} (5 \delta Z_i - \Delta Z_i)^2 + \beta \sum_{k=1}^L G_{pk} (P_k^0 + \Delta P_k)^2 + \beta \sum_{i=1}^T G_{vi} \Delta v_i^2 + \gamma (1 - \sum_{j=1}^S s_j)^2 \quad (5)$$

여기서 α, β, γ 는 목적함수, 계통 안전성, 개방 선로 개수 함수에 대한 상대적 반영 비율을 정하는 파라미터이다. R, L, T, S는 각각 고장용량 초과 모선, 부하 변화 조사대상 선로, 전압 변화 조사대상 모선, 개방 가능 선로를 나타내는 집합이다.

3. 호필드 신경회로망 적용

3.1 호필드 신경회로망의 특성

HNN은 연상기억 장치가 발전된 형태로서 단일층의 뉴런들과 Recurrent, Feedback의 연결망을 갖는다. 일반적인 신경회로망에서 뉴런의 값에 따라서 가중치가 결정되는데 비하여 HNN에서는 가중치가 지정되어 변하지 않고 뉴런의 상태값이 과도현상을 나타내는 동특성을 갖는다. 가중치의 결정에 따라 뉴런 상태값의 수렴성이 좌우된다.

호필드 신경망에는 연속 모델과 이진(Binary) 모델이 있는데 선로의 개방 여부를 뉴런의 상태값으로 나타내기 위해서는 이진 모델이 적합하다. 호필드 회로망의 연속 모델은

다음 그림2(a)와 같이 비선형 증폭기를 갖는 RC 회로로 표현된다. 뉴런의 입력상태는 비선형 증폭기를 거쳐 출력상태로 변환되는데 이러한 입출력 관계는 그림2(b)와 같이 시그모이드 함수로 표현된다[4,5]. 이때의 이득정수(λ) 값을 크게 함으로서 호필드의 연속모델에서도 뉴런의 상태를 이진값으로 수렴시킬 수가 있다.

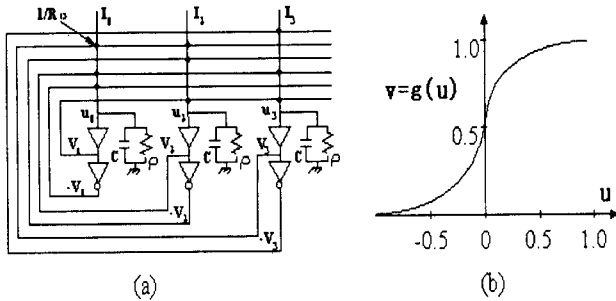


그림 2 HNN 회로의 구조와 시그모이드 함수
Fig. 2 HNN Circuit and sigmoid function

뉴런의 출력은 각각의 뉴런 입력부와 연결되는데 이때의 연결강도($T_{ij}=1/R_{ij}$)는 양(+) 혹은 음(-)의 값을 갖는다. 연결강도는 저항으로 구현되므로 부의 값을 갖는 경우에는 증폭기 출력에의 반전(inverting) 표시를 통과한 값이 사용된다. 뉴런 i 의 입력(u_i)과 출력(v_i)은 시그모이드 함수관계에 있으므로 뉴런의 상태는 비선형 연립 미분방정식으로 표현되는 회로의 과도상태 시간응답을 계산함으로써 구해진다.

그림2의 HNN 회로에서의 에너지는 비선형 증폭기의 출력전압(v)과 입력전류의 곱으로 계산되며 이를 정리하면 다음 식(6)과 같다[4,5].

$$E_H = -\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N T_{ij} v_i v_j - \sum_{i=1}^N I_i v_i = -\frac{1}{2} \mathbf{v}^t \mathbf{T} \mathbf{v} - \mathbf{I}^t \mathbf{v} \quad (6)$$

HNN 회로에서의 과도현상을 반영하여 HNN의 에너지 함수를 분석하면 항상 에너지가 감소함을 알 수 있다. 즉 HNN에서의 뉴런의 상태(v)는 에너지를 감소시키는 방향으로 변화하는 것이다. 따라서 응용 문제에서 결정 대상의 변수를 뉴런의 상태값(v)으로 대응시키고 최적화 목적함수와 제약조건을 식(6)의 에너지 함수 형태로 변환함으로써 결정 대상의 변수가 최적 상태로 수렴하게 된다.

3.2 호필드 회로의 설정값 결정

본 연구에서는 선로 스위칭 변수(s)를 뉴런의 상태(v)로 대응시키고 문제의 에너지 함수식(5)을 HNN의 에너지 함수식(6)과 비교함으로써 HNN 회로의 설정값인 가중치 행렬 T 와 외부 입력값 I 를 다음과 유도하였다.

$$T_{mn} = -2 \{ \alpha \sum_{i \in R} d_{im} d_{in} + \beta \sum_{k \in L} G_{pk} e_{km} e_{kn} + \gamma \sum_{i \in T} G_{vi} f_{im} f_{in} + \gamma \}$$

$$I_m = 2 \{ \alpha \sum_{i \in K} z_{ai} d_{im} - \beta \sum_{k \in L} G_{pk} P_{ak} e_{km} + \gamma \} \quad (7)$$

선로 스위칭 변수의 최적값을 결정하기 위해서는 그림2의 HNN 회로에서 상태변수(v)에 대한 비선형 미분방정식을 계산해야 한다. 각 뉴런에서 입력과 출력을 전류상태로 표현하면 다음과 같다[4,5].

$$C \frac{du_i}{dt} = \sum_j T_{ij} \cdot v_j - \frac{u_i}{R_i} + I_i \quad (8)$$

여기서 $1/R_i = 1/\rho + \sum_j T_{ij}$ 이며 정전용량 C 는 파라미터 α, β, γ 에 비례하므로 사례연구에서는 $C=1$ 로 정한 후 α, β, γ 로서 수렴 특성을 조정하였다. 또한 ρ 에 의해서도 수렴 특성이 달라지는데 검토 결과 $1/\rho$ 과 $\sum_j T_{ij}$ 이 비슷한 단위로 결정될 때 효과적으로 수렴하였다.

시뮬레이션은 MATLAB의 simulink에서 다음과 같은 블록의 구성으로 수행하였다. 그림3(a)에서 7개 부 블록은 각각의 뉴런을 나타내며 뉴런1(s_1)의 내부는 그림(b)와 같다.

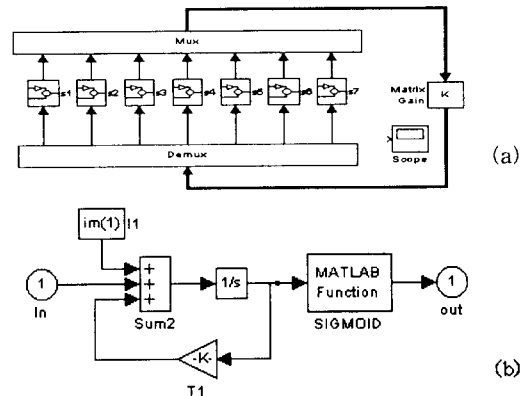


그림 3 시뮬레이션 블록도
Fig. 3 Block diagram for simulation

4. 사례연구

4.1 대상 계통

사례연구는 그림4와 같은 5모선 7선로 계통[9]에 적용하였다. 계통 데이터는 표1, 초기상태에서의 조류계산 결과는 표3과 같다. 발전기 2대의 임피던스를 각각 0.2pu로 두었을 때 각 모선에서의 구동 임피던스와 고장전류는 표2와 같다.

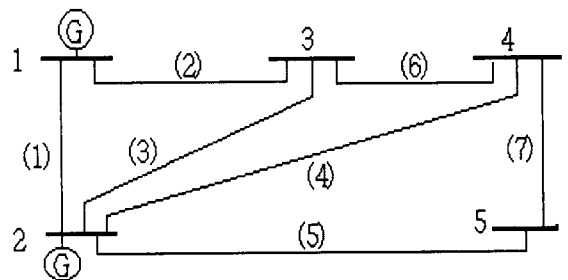


그림 4 대상 계통도 (5모선)
Fig. 4 Diagram of test system (5 bus system)

표 1 대상계통 데이터

Table 1 Network data

선로	R[pu]	X	B/2
(1)	0.02	0.06	0.03
(2)	0.08	0.24	0.025
(3)	0.06	0.18	0.02
(4)	0.08	0.24	0.02
(5)	0.04	0.12	0.015
(6)	0.05	0.15	0.05
(7)	0.08	0.24	0.025

표 2 임피던스와 고장전류

Table 2 Impedance and Fault Current

모선	Z_{ii}	고장전류[pu]
1	0.11503	8.69309
2	0.11584	8.63250
3	0.18679	5.35357
4	0.20801	4.80749
5	0.20855	4.79503

표 3 초기상태 조류계산 결과

Table 3 Results of initial power flow calculation

모선	전압	위상	Pg[MW]	Qg	PL	QL	선로 조류	방향 (->)	P [MW]	Q [Mvar]
							(1)	1 2	80.20	23.88
1	1.05	0.00	119.9	36.5	0.	0.	(2)	1 3	39.75	12.62
2	1.02	-2.28	40.0	11.3	20.	10.	(3)	2 3	25.94	8.01
3	0.99	-4.59	0.0	0.0	45.	25.	(4)	2 4	31.54	8.84
4	0.97	-6.15	0.0	0.0	60.	25.	(5)	2 5	41.42	10.81
5	0.99	-4.82	0.0	0.0	30.	10.	(6)	3 4	18.92	-0.44
							(7)	5 4	10.70	1.68

고장전류의 한계값을 발전기 모선은 10pu, 부하 모선은 5pu로 설정하면 모선3에서 고장용량이 초과되므로 R=(3)이 된다. 선로조류의 한계값은 선로1에서 100MW, 나머지 선로에서 50MW로 설정하고 모선전압의 하한값은 전 모선에서 0.96pu로 설정한다. 전체 선로에서 과부하를 조사하므로 L=(1~7)이고 모선전압은 부하모선에서만 변동하므로 T=(3,4,5)이고 선로개방으로 계통이 분리되는 경우가 없으므로 S=(1~7)이다.

4.2 적용 결과

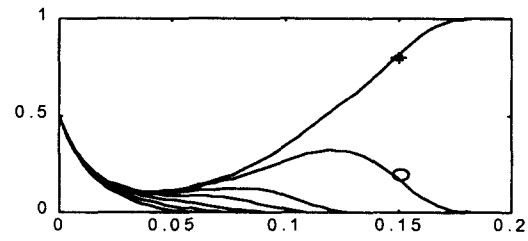
선로 개방에 따른 임피던스 변화계수(d), 선로조류 변화계수(e), 모선전압 변화계수(f)를 계산한 결과는 다음 표4와 같다.

표 4 선로개방에 따른 변화계수

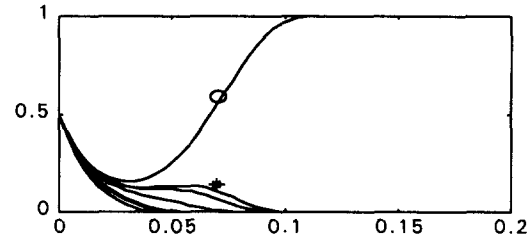
Table 4 Coefficients with each line open

계수	선로1	선로2	선로3	선로4	선로5	선로6	선로7
d_3	0.0056	0.0520	0.0599	0.0102	0.0060	0.0262	0.0055
e_1	0	0.3905	-0.1196	-0.0594	-0.0508	0.0659	-0.0173
e_2	0.8069	0	0.1121	0.0606	0.0541	-0.0584	0.0164
e_3	-0.4996	0.2058	0	0.0964	0.0858	-0.0955	0.0264
e_4	-0.1792	0.0765	0.0669	0	0.1537	0.0901	0.0473
e_5	-0.1172	0.0500	0.0437	0.1134	0	0.0589	-0.0908
e_6	0.2945	-0.1171	-0.1039	0.1559	0.1384	0	0.0424
e_7	0.1145	-0.0489	-0.0427	-0.1108	0.2727	-0.0576	0
f_3	0	0.0158	0.0142	0.0065	0.0051	0.0011	0.0032
f_4	0	0.0082	0.0074	0.0160	0.0124	0.0125	0.0079
f_5	0	0.0027	0.0024	0.0053	0.0341	0.0041	0.0001

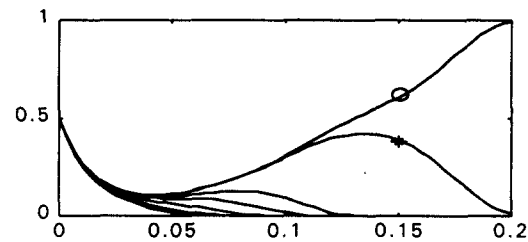
시뮬레이션을 수행할 때 결정해야 하는 파라미터로는 에너지 함수의 상대적 가중치인 α, β, γ 와 HNN 회로(그림2a)



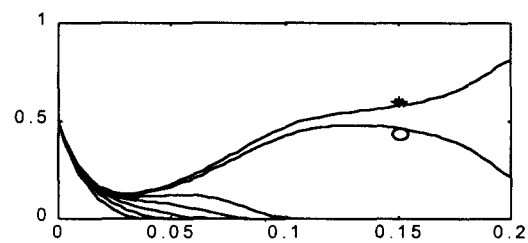
(a) $[\alpha:\beta:\gamma]=[60:1:10]$



(b) $[\alpha:\beta:\gamma]=[60:5:10]$



(c) $[\alpha:\beta:\gamma]=[50:1:10]$



(d) $[\alpha:\beta:\gamma]=[126:2:10]$

그림 5 상대적 비율에 따른 시뮬레이션 결과

Fig. 5 Simulation Results of Different Parameters

에서의 ρ 가 있다. $1/\rho$ 이 $\sum_j T_{ij}$ 이 비슷한 단위가 되면서 $1/\rho + \sum_j T_{ij}$ 이 양(+)이 되도록 ρ 를 0.1로 설정하고 γ 는 10으로 하였을 때 수렴성이 우수하였다. 이 값을 기준으로 α 와 β 의 상대적 비율에 따라 뉴런들의 수렴 결과가 다음 그림5와 같이 상이하였다.

그림5는 7개의 선로스위칭 변수들의 수렴과정을 보이며 '*'는 선로3을, 'o'는 선로7을 나타낸다. (a)에서는 선로3의 스위칭 변수만이 1에 수렴함을 보인다. 고장용량에 대한 가중치(α)를 증가시키면 결과는 동일하게 선로3만이 1에 수렴하지만 계통 안전성에 대한 가중치(β)를 증가시키면 수렴결과는 달라져서 그림(b)에서와 같이 선로7을 개방하는 것이 최적의 결과로 나타난다. 반대로 가중치 α 를 감소시켜도 그림(c)에서와 같이 선로7이 1로 수렴한다. 따라서 $\alpha:\beta$ 비율이 약 60:1 이상이면 선로3이 활성화되고 이하이면

선로7이 활성화되는 것으로 추정할 수 있으며 그림(d)에서는 이를 확인하기 위해 $\alpha:\beta$ 비율을 126:2로 하였을 때의 결과를 보인다. 역시 126:2 이상일 때는 선로3이, 이하일 때는 선로7이 활성화된다.

상기한 결과를 보이는 가중치 비율이 일정하지 않기 때문에 정확한 경계값을 구할 수는 없지만 상대적 가중치에 따른 수렴결과를 비교함으로써 본 연구의 타당성을 검증할 수가 있다. 선로3과 7이 각각 개방되었을 때의 임피던스와 계통상태를 계산하면 다음 표5와 같다.

표 5 수렴결과의 비교 검증
Table 5 Comparisons of the Two Cases

개방 선로		선로3	선로7
고장용량 (모선3)	Z ₃₃	0.247	0.192
	고장전류	4.049	5.208
선로조류	1	68.24	78.47
	2	50.96	41.38
	3	0	28.57
	4	38.22	36.27
	5	45.79	32.34
	6	8.52	23.16
	7	14.87	0
모선전압	3	0.974	0.985
	4	0.964	0.964
	5	0.988	0.992

선로3이 개방된 경우 고장전류는 한계값 이하로 줄었지만 선로2에서 과부하가 발생되었고 선로7이 개방된 경우 전체 선로에서 과부하는 발생되지 않았지만 고장전류는 한계값을 약간 초과하였다. 따라서 그림5에서 α 값이 클 때는 계통 안전성보다는 고장용량 조건이 강하게 반영되기 때문에 선로3이 선택되고, β 값이 클 때는 계통 안전성이 강하게 반영되기 때문에 선로7이 선택된 것이 타당함을 알 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 송전선로 개방운용의 최적화에 호필드 신경회로망을 적용하였다. 송전망의 고장용량을 감소시키는 동시에 선로조류와 모선전압에 대한 안전성이 유지되는 가장 효과적인 개방 선로를 선택하도록 하였다. 선로 개방에 따른 임피던스와 선로조류 및 모선전압의 변화를 선형계수로 유도하고 2차 함수로 변형한 후 호필드 에너지 함수와 비교하여 호필드 신경회로망의 설정값을 유도하였다. 고장용량과 안전성 제약조건이 에너지 함수에 반영되는 비율을 상대적 가중치로 조절할 수 있으며 사례연구를 통하여 상대적 가중치에 따른 호필드 신경회로망의 수렴결과가 타당함을 검증하였다.

본 연구는 한국과학재단 98핵심전문연구(과제번호 : 981-0901-001-2) 연구비 지원에 의해 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] 계통특성 개선설비 설치 타당성 검토 보고서, 한국전력, 1995.
- [2] 154kv 전력계통 방사상 운용방안 수립에 관한 연구, 한국전력, 1997.
- [3] 이광호, 이강완, 김준환, "고장전류 저감 선로개방 지원 프로그램 개발," 대한전기학회 전력계통연구회, 한국전기연구소, pp.125-128, 1998.
- [4] J.A. Freeman and D.M. Skapura, Neural Networks, Addison-Wesley, 1991.
- [5] H.Mori, N.Kitani, S.Tsuzuki, "Optimal Power Flow Calculation Using a Hopfield Net," Third Symposium of ESAPS, pp.328-335, Tokyo, Japan, April, 1991.
- [6] J.H.Park, Y.S.Kim, K.Y.Lee, "Economic Load Dispatch for Piecewise Quadratic Cost Function Using Hopfield Neural Network," IEEE Trans. on Power Systems, Vol.8., No.3, pp.1030-1038, August, 1993.
- [7] 이광호, 황석영, 추진부, 윤용범, 전동훈, "신경회로망을 이용한 변전소 스위칭 최적화 연구," 전기학회논문지, Vol.46, No.2, pp.179-184, 1997.
- [8] K.H. Lee and Y.M. Park, "Application of Expert System to Power System Restoration in Sub-control Center," IEEE Trans. on Power Systems, Vol.12, No.2, pp.629-635, May, 1997.
- [9] Stagg and El-Abiad, Computer Methods in Power System Analysis, MGH, 1968.

저 자 소 개



이 광 호(李 光 浩)

1965년 12월 22일 생. 1988년 서울대 공대 전기공학과 졸업. 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1995년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 1995년 한국전력연구원 위촉연구원. 현재 단국대 공학부 전기공학과 조교수.

Tel : 02-709-2868, Fax : 02-795-8771
E-mail : mania49d@ns.dankook.ac.kr