

# 운전중 부분방전 진단시스템을 위한 복합 잡음제거 기법

論 文

58-2-20

## A Complex Noise Suppression Algorithm for On-line Partial Discharge Diagnosis Systems

李 相 和\* · 尹 永 祐\*\* · 秋 榮 培\*\*\* · 姜 東 植†

(Sang-Hwa Yi · Young-Woo Youn · Young-Bae Choo · Dong-Sik Kang)

**Abstract** - This paper introduces a novel denoising algorithm for the partial-discharge(PD) signals from power apparatuses. The developed algorithm includes three kinds of specific denoising sub-algorithms. The first sub-algorithm uses the fuzzy logic which classifies the noise types in the magnitude versus phase PD pattern. This sub-algorithm is especially effective in the rejection of the noise with high and constant magnitude. The second one is the method simply removing the pulses in the phase sections below the threshold count in the count versus phase pattern. This method is effective in removing the occasional high level noise pulses. The last denoising sub-algorithm uses the grouping characteristics of PD pulses in the 3D plot of the magnitude versus phase versus cycle. This special technique can remove the periodical noise pulses with varying magnitudes, which are very difficult to be removed by other denoising methods. Each of the sub-algorithm has different characteristic and shows different quality of the noise rejection. On that account, a parameter which numerically expresses the noise possessing degree of signal, is defined and evaluated. Using the parameter and above three sub-algorithms, an adaptive complex noise rejection algorithm for the on-line PD diagnosis system is developed. Proposed algorithm shows good performances in the various real PD signals measured from the power apparatuses in the Korean plants.

**Key Words** : High Voltage Rotating Machine, Noise, Partial Discharge, Software

### 1. 서 론

고전압 기기에서 발생하는 실 부분방전의 운전중 진단기술이 최근 다양하게 적용되고 있다. 운전중 진단법은 정지중 진단법에 비하여 절차가 간단하고 경제적이며 경향분석에 유리한 장점이 있지만, 실운전중의 다양하고 빈번한 잡음에 취약한 문제가 있다. 따라서 운전중 진단법에 적용되는 다양한 잡음제거 기술들이 개발되었다[1-5]. 부분방전 신호와 잡음의 도달시간 차이 또는 주파수 스펙트럼의 차이로 잡음을 구별하여 제거하는 기술들이 개발 되었다고[2, 3, 5], 발전기 운전중 진단 분야에서는 외부잡음용 센서를 이용한 노이즈 게이팅 기법이 사용되기도 하였다[4]. 이러한 방법들은 다수 센서의 동시 측정환경이 필요하고, 잡음 펄스 신호에 대한 특징적인 정보를 알고 있어야 한다. 그러나 잡음펄스의 특징은 잡음원, 측정 장치와 잡음원과의 거리, 신호전파 경로의 구조, 전력기기의 시공간적 환경 등에 따라 다양하게 달라지므로 적용시 상당한 준비가 필요하다. 최근에 추가적인 장치 없이 적용할 수 있는 소프트웨어 잡음제거기법들이 개발되

어 CIGRE 데이터 포맷이 적용된 진단시스템과 GIS 부분방전 진단에 이용되고 있다[6, 7]. 이러한 기법들은 개개의 펄스파형에 대하여 신경회로망이나 웨이블릿 기법들을 이용한 것으로, 상당한 계산시간이 요구되어 운전중 진단용은 아니며, 다양한 센서나 측정환경에 대한 사전정보가 필요하다.

본 논문에서는 부가적인 하드웨어 없이 기존의 운전중 부분방전 감시진단 시스템에 적용 가능한 세 가지 특징적인 잡음제거 기법들과 그 대표적인 잡음처리 결과를 소개하고자 한다. 부분방전 측정신호 크기의 위상분포의 특징을 퍼지 로직으로 분류하여 잡음에 가까운 펄스를 제거하는 방법, 잡음존재확률이 높은 위상구간 펄스 중 특정개수이하의 펄스와 동일한 크기의 펄스를 제거하는 방법, 위상 대 주기 대 크기 분포에서 응집성이 떨어지는 펄스를 제거하는 방법이 그것이다. 상기 세 가지 메인 잡음제거 기법들에 기존 개발된 잡음제거 결과비교기법[8] 및 전처리 알고리즘을 적용하여 복합잡음제거 알고리즘을 구성하였고, 개발된 복합 잡음제거 알고리즘이 국내에서 실측한 다양한 부분방전 신호에 적용된 결과를 제시하고자 한다.

\* 正 會 員 : 韓國電氣研究院 電力器機研究센터 先任研究員

\*\* 正 會 員 : 韓國電氣研究院 電力器機研究센터 研究員

\*\*\* 正 會 員 : 巨濟大學 船舶技術系列 副教授 · 工博

† 교신저자, 正 會 員 : 韓國電氣研究院 電力器機研究센터 센터長 · 工博

E-mail : dskang@keri.re.kr

接受日字 : 2008年 8月 29日

最終完了 : 2008年 12月 13日

### 2. 개발된 잡음제거 기법들

#### 2.1 방전량 대 위상 패턴 기반의 퍼지 로직 기법

운전중 부분방전 감시진단 시스템에 적용하기 위하여, 세 가지의 서로 다른 특징을 가지는 잡음제거 기법들이 개발되었다. 첫 번째 기법은 전통적인 위상 대 방전량 분포의 특징

을 이용하는 것으로, 잡음과 유사한 위상패턴을 가지는 펄스를 퍼지추론을 이용하여 분류, 제거하는 방법이다.

입력된 데이터의 모든 펄스들은 크기로 분류되고, 동일한 크기를 갖는 펄스세트의 퍼지 인덱스는 식(1)을 통하여 계산된다. 계산 결과인 퍼지 인덱스는 펄스세트의 위상패턴이 퍼지 멤버십 함수와 비슷한 정도를 나타내는 값이다.

$$FV_A = \frac{\sum_{k=1}^n ff_A(x_k)}{n} \quad (1)$$

여기서, n은 한 펄스세트의 펄스 갯수이고, ff<sub>A</sub>(x<sub>k</sub>)는 잡음 제거 기법에 사용된 퍼지 멤버십 함수로 그림 1에 나타나 있다. A와 C형은 부분방전의 전형적인 위상분포를 가진 신호를 선택하기 위하여 설계 되었으며, B와 D형은 잡음 신호를 배제시키기 위하여 설계 되었다.

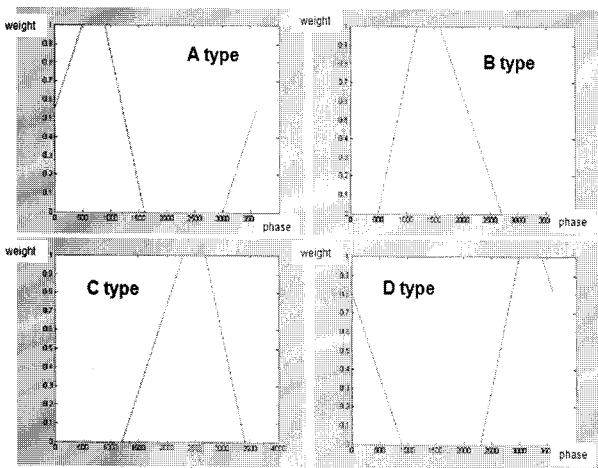
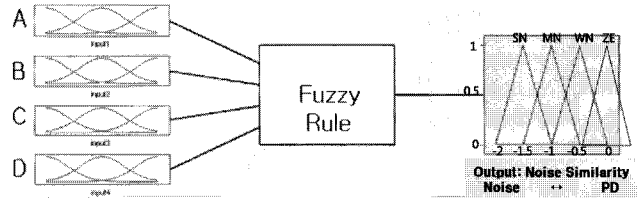


그림 1 잡음제거 기법1에 사용된 퍼지 멤버십 함수  
Fig. 1 Fuzzy membership functions used in first denoising sub-algorithm

펄스세트 별로 A~D의 네 가지 퍼지 멤버십 함수로 계산된 퍼지 인덱스는 그림 2의 퍼지 로직 시스템에 입력된다. 퍼지로직의 입력함수는 1:1의 단순 일차 함수로 정의하였으며, 출력으로 정의한 잡음유사정도를 도출하기 위하여 출력 함수로 그림 2와 같이 정의된 삼각형함수를 사용하였다. 입력신호의 잡음 유사정도가 높으면 SN, 중간정도이면 MN, 약하면 WN, 잡음이 아니라고 생각되면 ZE로 정의된 출력 함수에 대응되도록 설계하였다. 입력된 인덱스와 출력함수를 연결시키는 퍼지로직의 규칙은 그림 2의 14개로 정의 하였고, 추론과정은 min-max추론 및 무게 중심법을 사용하였다. 이러한 퍼지로직으로 계산된 잡음유사정도를 기준으로, 동일 크기의 펄스세트 별로 잡음을 제거한다. 그림 3은 이 기법의 실행 예이다. 이 기법은 부분방전 신호에 비해 높은 크기를 가지는 일정 크기의 잡음을 제거하는 데 특히 효과적이었으며, 그 외 다양한 형태의 잡음펄스를 입력하였을 때의 범용성은 세 가지 기법 중 가장 뛰어났다. 계산시간이 세 가지 기법 중 가장 긴 단점을 가지고 있으나, 온라인 진단시스템에 적용하기에 충분하였으며, 잡음제거 시 최종기준인 잡음 유사정도를 세분화하여도 처리속도에는 영향을 주지 않았다.



1. If input1 is A then output1 is ZE
  2. If input2 is B then output1 is WN
  3. If input3 is C then output1 is ZE
  4. If input4 is D then output1 is WN
  5. If input1 is A and input2 is B then output1 is SN
  6. If input2 is B and input3 is C then output1 is MN
  7. If input3 is C and input4 is D then output1 is SN
  8. If input1 is A and input4 is D then output1 is MN
  9. If input2 is B and input4 is D then output1 is MN
  10. If input1 is A and input2 is B and input3 is C then output1 is MN
  11. If input2 is B and input3 is C and input4 is D then output1 is SN
  12. If input1 is A and input3 is C and input4 is D then output1 is MN
  13. If input1 is A and input2 is B and input4 is D then output1 is SN
  14. If input1 is A and input2 is B and input3 is C and input4 is D then output1 is SN
- S : Strong  
M : Middle  
W : Weak  
N : Noise  
PD : Partial Discharge  
ZE : Zero Noise

그림 2 잡음제거 기법1에 사용된 퍼지 로직  
Fig. 2 Structure of fuzzy logic used in first denoising sub-algorithm

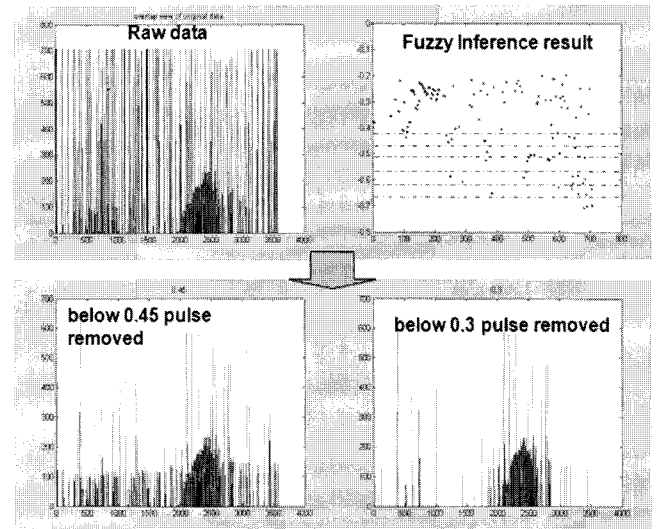


그림 3 잡음제거 기법1의 실행 예  
Fig. 3 Noise rejection example of first denoising sub-algorithm

## 2.2 펄스 개수 대 위상 패턴기반의 간헐신호 제거기법

두 번째 기법은 위상패턴에 관계없이 간헐적으로 존재하거나, 위상 주기에 일치하지 않으면서 개수가 적은 반복 잡음을 제거하기 위해 고안되었다. 펄스개수 대 위상 패턴에서, 부분방전이 간헐적으로 발생하기 힘든 위상구간의 펄스 중 특정 개수 이하의 펄스를 고르고, 이 펄스와 동일한 크기를 갖는 펄스를 제거한다. 그림 4에 이 두 번째 기법의 실행 예가 나타나 있다. 잡음펄스의 위상분포에 관계없이 간헐적인 잡음제거에는 매우 효과적이고, 처리속도도 세 가지 기법 중 가장 빨랐으나 범용성은 다른 두 기법에 비하여 떨어지는 특징이 있었다. 또한 주기성을 갖는 잡음펄스의 경우 펄스의 개수가 늘어나 제거가 원활히 이루어지지 않았다.

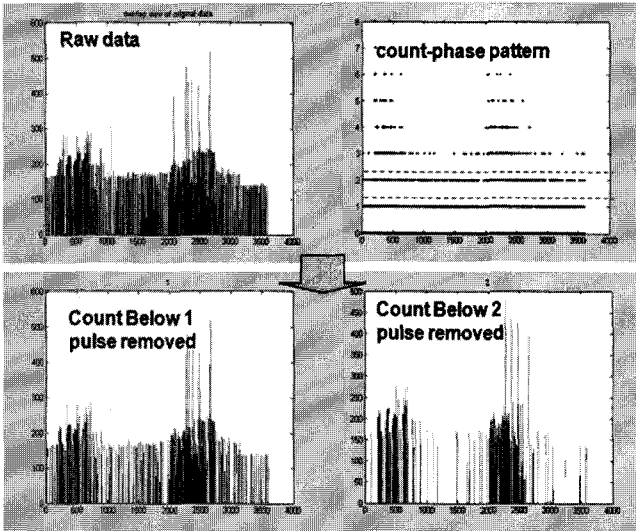
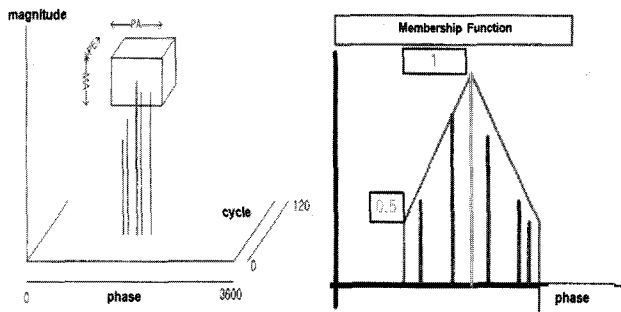


그림 4 잡음제거 기법2의 실행 예  
Fig. 4 Noise rejection example of second denoising sub-algorithm

2.3 위상 대 주기 대 방전량 기반의 부분방전 응집성을 이용한 잡음제거 기법

일반적으로 부분방전은 위상뿐 아니라 주기적으로도 특정 시간에 한꺼번에 발생하는 경향이 있다. 또한 특정 시간대에 발생한 부분방전은 다수의 유사한 방전량을 가진 펄스로 측정되는 경우가 많다. 세번째 잡음제거 기법은 이러한 위상 대 주기 대 방전량의 삼차원 분포에서 부분방전 펄스발생의 응집성을 이용한 기법이다. 모든 펄스신호에 대하여, 그림 5(a)와 같이 정해진 위상, 크기, 주기 범위 내부의 펄스 개수를 계산한다. 이때, 그림 5(b)와 같이 위상에 대한 삼각형의 멤버십 함수를 적용하여 기준펄스에 가까울수록 가중치를 두도록 한다. 이렇게 계산된 결과를 기준으로 특정수치 이하의 펄스를 제거하는 것이 세 번째 기법이다. 이 기법은 다른 잡음제거 기법으로는 처리하기 매우 힘든, 변화하는 크기를 가지는 다수의 주기적 잡음을 효과적으로 제거할 수 있었다.



(a) 주변펄스 고려 범위 (b) 가중치를 위한 멤버십 함수  
(a) Considering area (b) Membership function for weight

그림 5 잡음제거 기법 3의 실행과정  
Fig. 5 Noise rejection process of third denoising sub-algorithm

그림 6은 이 기법을 이용하여 심각하게 오염된 잡음을 제거한 결과 중 하나이다. 다양한 잡음의 종류를 입력하였을 때 대응하는 범용성은 첫 번째 기법과 비슷한 정도로 뛰어나다. 잡음제거 시 설정할 파라미터는 고려할 위상, 크기, 주기, 제거기준 응집도 네 가지로 많지만, 처리속도는 첫 번째 퍼지로지을 이용한 기법보다 빨랐다.

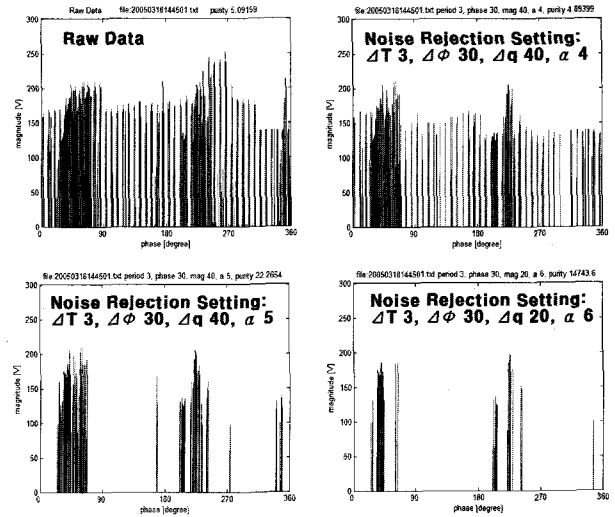


그림 6 잡음제거 기법3의 실행 예  
Fig. 6 Noise rejection example of third denoising sub-algorithm

3. 복합 잡음제거 알고리즘

개발된 세 가지의 잡음제거 기법들은 서로 다른 종류의 잡음에 강력한 잡음제거 성능을 보이지만, 각각이 모두 다양한 잡음에 대응하기는 힘들다. 또한 잡음제거 과정에 필요한 몇 가지 설정값들과 최종 판단을 위해 기준이 되는 파라미터들은 운전중 부분방전 진단 시 대상기기의 종류나 이력, 진단장치의 설치 환경에 맞게 정해 주어야 한다. 만약 잡음이 포함된 하나의 원 신호에 다양하게 설정된 세 가지 잡음제거 기법들이 동시에 적용되고, 그 중 최적의 결과를 골라서 사용할 수 있다면, 운전중 진단 시스템의 잡음제거는 더 효과적으로 실행 될 수 있을 것이며, 변화하는 잡음환경에 더 잘 적응할 수 있을 것이다. 본 장에서는 세 가지 잡음제거 기법들을 이용하여 적용형 복합 잡음제거 소프트웨어를 작성한 내용과, 다양한 국내 전력기기에서 실측한 데이터에 적용 한 결과를 소개한다

3.1 복합 잡음제거 알고리즘의 구조

개발된 운전중 진단 시스템을 위한 복합 잡음제거 알고리즘은 그림 7과 같이 구성된다. 앞서 소개한 세 가지의 메인 잡음제거 기법들이 여러 가지 설정으로 적용되고 그 결과가 비교된다. 본 복합 잡음제거 기법은 수력발전기, 정수장 모터, 몰드 변압기 등 다양한 국내 전력기기들로부터 측정된 수백 개의 부분방전 데이터를 기반으로 작성 및 시험되었다. 데이터 수집은 세라믹 커플러 형 부분방전센서와

216k-sample/sec로 2초 동안 AD변환된 후 피크 검출된 데이터를 수집하는 측정 시스템으로 이루어졌다.

데이터 획득 후 첫 단계에서는 상주하는 기본잡음을 제거하고 알고리즘의 속도를 높이기 위한 전처리가 수행된다. 전처리 단계는 방전량 별로 분류된 펄스분포에서 특정 크기 이하의 방전량을 가지거나, 2000개 이상의 개수를 가진 펄스를 제거한다. 이 단계는 부분방전 신호를 손상시키지 않으며, 기본잡음을 제거 할 뿐 아니라, 측정시스템의 다운을 유발하는 과도한 잡음신호를 차단하는 역할 또한 수행한다. 그 이후, 세 가지 메인 잡음제거 기법들이 다수의 설정 환경에서 수행된다. 20회 이상의 잡음제거 단계가 수행되지만, 피크 검출 이후의 데이터를 취급하고 전처리 과정을 두었으므로, 운전중 진단 시스템에 충분한 속도로 데이터 처리가 가능하다.

수행된 여러 가지 기법 및 설정환경에 따른 잡음제거 결과를 실시간으로 비교하기 위하여, 기존 개발된 '청정도'를 이용한 비교기법을 사용하였다[8]. '청정도'는 부분방전 데이터가 잡음펄스에 오염되지 않은 정도를 표현한 파라미터이

며, 이 값을 기준으로 잡음제거결과의 적절성을 판단한다. 전력기기에 있어서 전통적으로 부분방전이 발생할 확률이 높은 위상구간과 낮은 위상구간을 구분하여, 'PD구간' 및 '잡음구간'으로 정의하고, 각 위상구간에 존재하는 부분방전 펄스크기를 모두 더한다. 부분방전 데이터의 크기 대 위상 분포에서, 잡음의 포함 정도가 높으면 '잡음구간 펄스합'에 대한 'PD구간 펄스합'의 비율을 청정도로 사용하고, 잡음의 포함 정도가 낮으면 'PD구간 펄스합'과 '잡음구간 펄스합'의 차이를 청정도로 사용한다. 처리된 모든 잡음제거기법들의 결과에 대하여 청정도계산이 수행되고, 잡음제거 이전의 결과를 포함하여 그 값을 비교한다. 상위 청정도를 가진 결과가 선택되어 저장되고, 부분방전 진단의 데이터로 활용된다.

### 3.2 복합 잡음제거 기법 수행 결과

개발된 복합잡음제거 알고리즘은 대부분의 시험 데이터에서 만족할 만한 잡음제거 결과를 나타내었고, 운전 중 진단 시스템에 충분한 처리 속도를 보여 주었다. 그림 8은 2005년 4월 국내 남강댐 수력발전기 권선에서 측정된 잡음 및 부분방전 신호를 처리한 결과이다. 그림 8(a)는 측정된 신호의 위상-전하량 분포이고, 청정도 5의 값을 나타내고 있다. 그림 8(b)는 이것을 펄스 크기별 개수의 분포로 나타 낸 것이며, 다수 분포된 낮은 크기를 가지는 펄스들(원 내부)은 본 알고리즘의 전처리 단계에서 제거 된다. 그림 8(c)에서 보듯이 전처리 이후에 부분방전 신호의 손상은 거의 없다. 그림 8(d)는 전체 알고리즘의 출력으로서, 가장 높은 청정도 값을 가지는 잡음제거 결과가 선택된다. 세 번째 잡음제거 기법이 사용되었고, 위상 30°, 크기 80V, 주기 3의 범위가 고려된 결과에 응집도 5가 잡음제거 기준으로 이용되었다. 결과의 청정도는 105180으로 초기 청정도에 비해 향상된 값을 나타내었다. 그림 8(e)와 (f)는 알고리즘 수행 과정 중에 배제된 잡음제거 기법의 결과이다. 첫 번째와 두 번째 잡음제거 기법이 사용되었고, 각각의 잡음제거 기법의 출력 중에서 가장 높은 청정도를 가진 결과임에도 불구하고, 미흡한 잡음제거 결과를 보여준다. 첫 번째 및 두 번째 잡음제거 기법 자체가 입력 신호에 포함된 잡음에 효과적이지 못하였고, 첫 번째 잡음제거 기법이 가장 적절하기 때문이다. 이와 같은 방법으로 복합 잡음제거 알고리즘은 개개의 세부 잡음제거기법의 특징 및 능력을 최대한 발휘할 수 있었다.

그림 8(g)는 그림 8(a)와 동일한 측정환경에서 30분 전에 측정된 데이터이다. 부분방전 신호로 보이는 펄스들은 그림 8(a)와 유사한 패턴으로 측정되고 있으나, 심각한 잡음신호는 측정되지 않고 있다. 그림 8(g)를 그림 8(a)의 알고리즘 결과인 그림 8(d)와 비교함으로써, 본 알고리즘의 수행과정에서 제거된 펄스가 대부분 잡음이고 보존된 펄스가 대부분 부분방전임을 간접적으로 확인할 수 있었다. 그림 8(h)는 그림 8(g)의 데이터를 복합잡음제거 알고리즘에 입력한 후 처리된 결과이다. 그 과정에서 다양한 세부 잡음제거기법들이 적용 되었지만, 원 데이터에 전처리 과정만 적용된 결과가 최종 선택되었다. 이처럼 본 알고리즘은 양호한 잡음환경에서 측정된 부분방전 신호를 불필요하게 손상시키지 않는 특성을 갖고 있다.

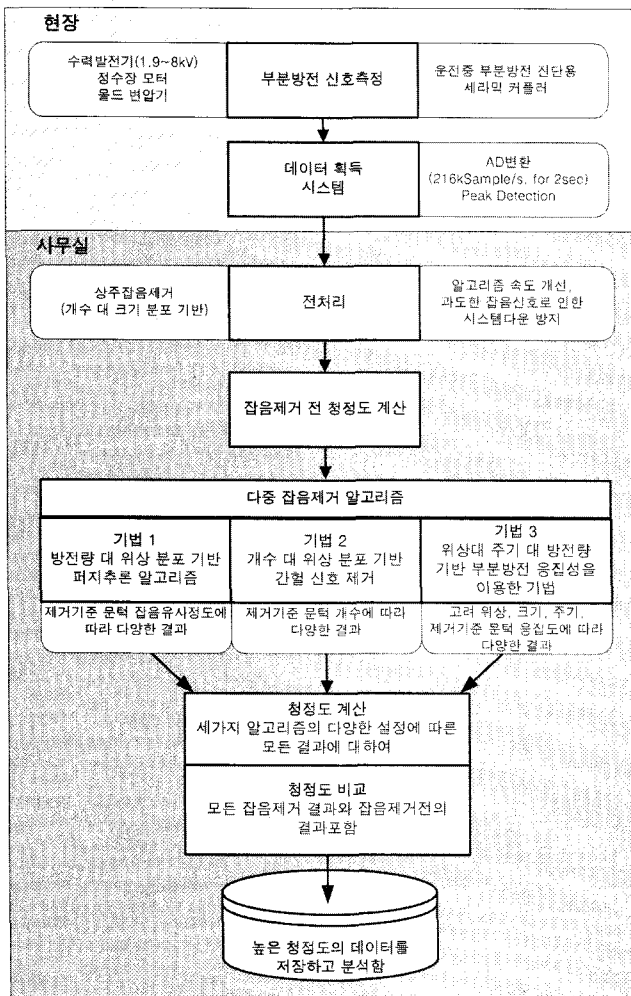
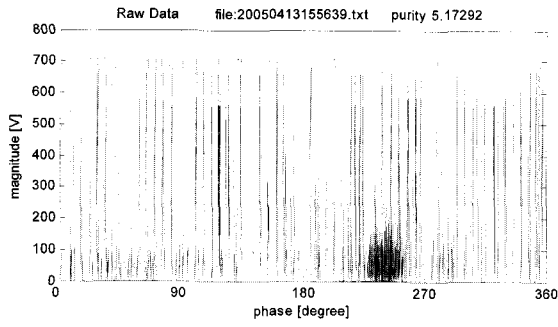
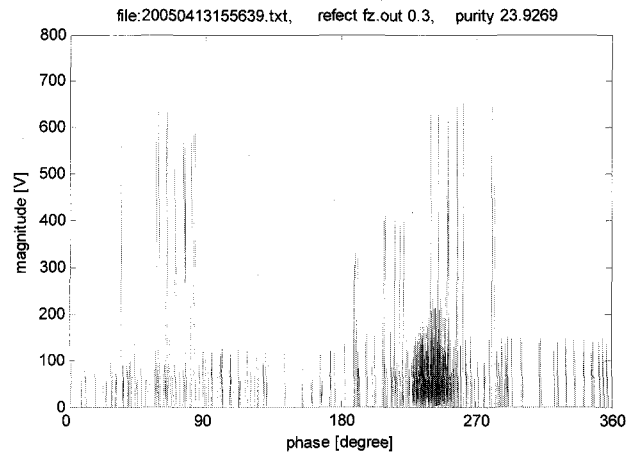


그림 7 운전 중 부분방전 감시진단 시스템을 위한 복합잡음 제거 알고리즘의 흐름

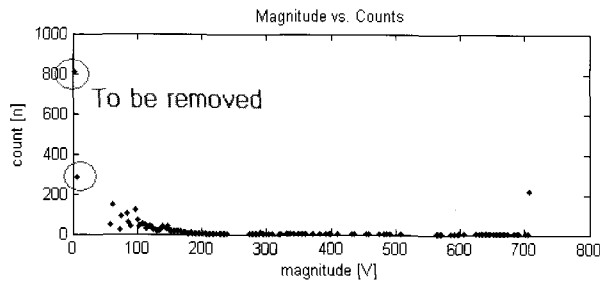
Fig. 7 Flowchart of complex noise suppression algorithm for on-line partial discharge diagnosis system



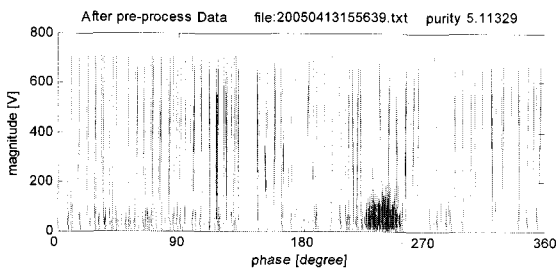
(a) 전처리 이전의 측정데이터  
(a) Raw data before pre-processing



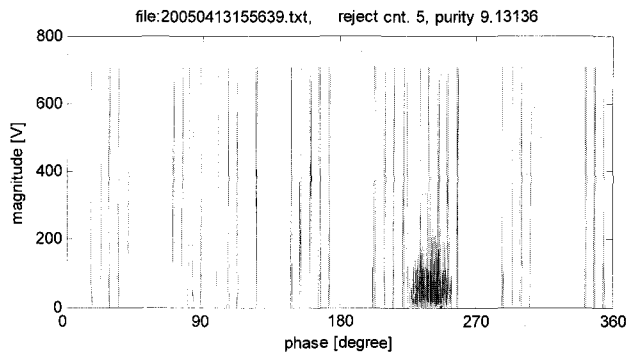
(e) 배제된 잡음제거 결과1 (잡음제거 적절하지 않음, 잡음제거기법1 결과, 청정도 24)  
(e) Excluded result 1 (Not properly removed, result of first sub-algorithm, purity 24)



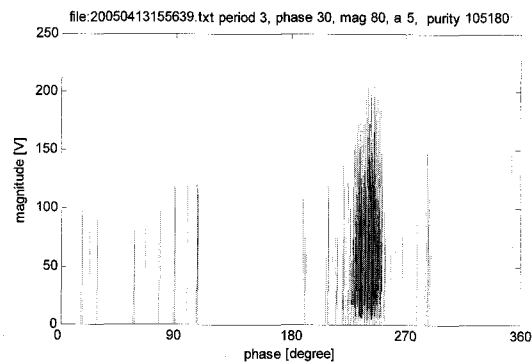
(b) 전처리를 위한 펄스의 크기별 개수 분포  
(b) Magnitude vs. count pattern of raw data for pre-processing



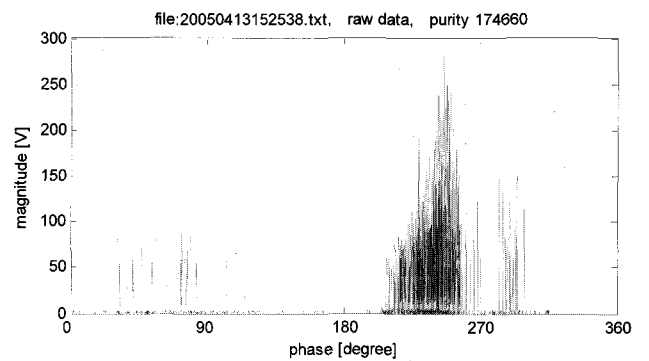
(c) 전처리 이후의 위상 대 크기 분포  
(c) The phase vs. magnitude pattern after pre-processing



(f) 배제된 잡음제거 결과2 (잡음제거 적절하지 않음, 잡음제거기법2 결과, 청정도 9)  
(f) Excluded result 2 (Not properly removed, result of second sub-algorithm, purity 9)

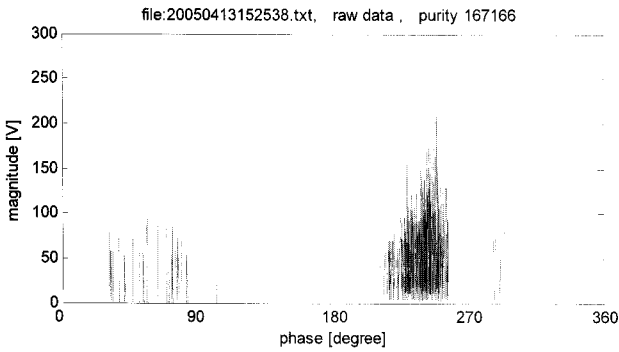


(d) 최대 청정도값의 잡음제거 결과 (전체 알고리즘의 출력, 잡음제거기법3 결과, 청정도 105180)  
(d) Denoised result with highest purity (Final output of complex noise rejection algorithm, result of third sub-algorithm, purity 105180)



(g) 양호한 잡음환경 시점의 측정데이터  
(g) Raw data measured in good noise environment

참 고 문 헌



- (h) 복합잡음제거 알고리즘에 (g)의 데이터를 적용한 결과 (전처리로 배경잡음만 제거되고, 원데이터가 보존됨)
- (h) Input data (g)'s final output of complex noise suppression algorithm (Raw data is almost preserved and only small back noise is removed by pre-processing)

그림 8 복합잡음제거 알고리즘 수행 과정 및 결과  
 Fig. 8 Processes and result of developed complex noise suppression algorithm

4. 결 론

서로 다른 특징적인 잡음제거에 효과적인 세 가지 종류의 잡음제거 기법들을 개발하였다. 첫 번째 기법은 부분방전 측정신호 크기의 위상분포의 특징을 퍼지로그적으로 분류하여 잡음에 가까운 펄스를 제거하는 방법으로, 부분방전 신호에 비해 높은 크기를 가지는 일정 크기의 잡음을 제거하는 데 효과적이었으며, 다양한 형태의 잡음펄스를 입력하였을 때에도 좋은 잡음제거 성능을 보여 범용성이 뛰어났다. 두 번째 기법은 잡음존재확률이 높은 위상구간 펄스중 특정개수이하의 펄스와 동일한 크기의 펄스를 제거하는 방법으로, 위상분포에 관계없이 간헐적인 잡음펄스 제거에 효과적이고 처리속도가 빠르나, 주기성을 갖는 다수의 잡음펄스의 경우 제거가 원활히 이루어지지 않았다. 세 번째 기법은 위상 대 주기 대 크기 분포에서 응집성이 떨어지는 펄스를 제거하는 방법으로, 타 기법으로 제거하기 힘든 변화하는 크기를 가지는 다수의 주기적 잡음을 효과적으로 제거할 수 있었다.

개발된 세 가지 잡음제거 기법들을 기반으로 하고, 상주 잡음제거 및 처리속도 향상을 위한 전처리단계와 잡음제거 결과 비교용 '청정도' 코드를 추가하여, 운전중 부분방전 감시진단 시스템에 적용 가능한 복합 잡음제거 알고리즘을 작성하였다. 개발된 복합 잡음제거 알고리즘을 수력발전기, 정수장 모터, 몰드변압기 등 다양한 환경의 실제 운전 중 부분방전 신호에 시험하였다. 대부분의 시험 데이터에서, 개발된 복합잡음제거 알고리즘은 다양한 잡음환경에 능동적으로 대응하여 효과적인 잡음제거 결과를 보여주었고, 운전중 감시진단 시스템에 충분한 처리 속도를 보여주었다.

- [1] "Improved RF Monitoring," EPRI Project Record, RP232501, 1985.
- [2] S.R.Campbell, G.C.Stone, H.G.Sedding, K.S.Klempner, W.McDermid and R.G.Bussey, "Practical on-line partial discharge tests for turbine generators and motors" IEEE Trans. Energy Conversion, vol. 9, no.2, pp. 281-287, June 1994.
- [3] K. Itoh, Y. Kaneda, A. Nishimura and T. Tanaka, "New Noise Rejection Techniques on Pulse-by-pulse Basis for On-line Partial Discharge Measurement of Turbine Generators," IEEE Trans. Energy Conversion, vol. 11, pp. 585-594, Sep. 1996.
- [4] G.C.Stone and S.R.Campbell, "Digital Methods of eliminating noise in On-line Generator Partial Discharge Measurements," IEEE Winter Power Meeting, Panel Session on Digital Techniques for Generator PD Texting, 1992.
- [5] P.Grunewald and J.R. Weidner, "On-line PD analysis in power plants - a successful tool for early fault detection," International Conference on Partial Discharge, Canterbury, September 1993, pp. 86-87.
- [6] S. Happe, H.-G. Kranz and W. Krause, "Real-time suppression of stochastic pulse shaped noise for on-site PD measurements", International Symposium on Electrical Insulating Materials, 2001. Nov. 2001 pp. 33-36.
- [7] T. Lin, R.K. Aggarwal, C.H. Kim, "Wavelet transform and artificial intelligence based condition monitoring for GIS", Transmission and Distribution Conference and Exposition, Sept. 2003, Vol 1, pp 191 - 195.
- [8] Sang-Hwa Yi, Young-Woo Youn, Sang-Bo Han, Dong-Sik Kang, "A novel complex algorithm for denoising partial discharge signals", International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis, 2008, 21-24 April 2008, pp. 1100 - 1103

저 자 소 개



이 상 화 (李 相 和)

2001년 고려대학교 전기전자전파 공학부 졸업. 2003년 포항공과대학교 전자전기 공학과 졸업(석사). 2002년~현재 한국전 기연구원 산업전기연구본부 전력기기연구센터 선임연구원.

Tel : 055-280-1556, Fax : 055-280-1547  
 E-mail : shyi@keri.re.kr



**윤 영 우 (尹 永 祐)**

2005년 한국정보통신대 공학부 졸업.  
2007년 동 대학원 정보통신공학과 졸업  
(석사). 2007년~현재 한국전기연구원 산  
업전기연구본부 전력기기연구센터 연구원.  
Tel : 055-280-1454, Fax : 055-280-1547  
E-mail : ywyoun@keri.re.kr



**추 영 배 (秋 榮 培)**

1982년 부산대 공대 전기기계공학과 졸  
업. 1984년 동 대학원 전기공학과 졸업  
(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸  
업(공학) 1984년~1985년 (주)효성중공업  
근무. 1986년~1991년 한국전기연구원 근  
무. 현재 거제대학 선박기술계열 부교수  
Tel : 055-680-1606, Fax: 055-680-1517  
E-mail : ybchoo@koje.ac.kr



**강 동 식 (姜 東 植)**

1983년 부산대 공대 전기공학과 졸업.  
1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석  
사). 2002년 동 대학원 전기공학과 졸업  
(공학). 1987년~현재 한국전기연구원 산  
업전기연구본부 책임연구원, 2005년 7  
월~2008년 11월 한국전기연구원 전력설  
비진단연구그룹 그룹장. 2008년 12월~현  
재 한국전기연구원 전력기기연구센터 센  
터장.  
Tel : 055-280-1573, Fax : 055-280-1547  
E-mail : dskang@keri.re.kr