

명세서

청구범위

청구항 1

활선상태에서 3상4선식 전기설비의 주회로에서 각각의 위상별 절연저항, 정전용량을 측정하는 측정장치에 있어서,

상기 측정장치는 분전반 내부에 구성되며,

상기 전기설비의 주회로에 공급되는 전원의 각 위상별 전압신호를 취득하는 프로브를 포함하는 전원전압 측정부;

상기 전기설비의 주회로에 공급되는 전원의 영상전류 신호를 취득하는 영상변류기를 포함하는 영상전류 측정부;

상기 전원전압 측정부에서 취득된 각 위상별 전압신호와 상기 영상전류 측정부에서 취득한 영상전류신호에서 각각 3배수 고조파 신호를 제외한 임의의 3개의 고조파 신호만을 통과시켜 필터링하는 밴드패스필터가 구성된 필터링부;

상기 필터링된 각 위상별 전압신호와 영상전류신호의 각각의 고조파 신호를 디지털 변환시키는 ADC;

상기 디지털 변환된 각 위상별 전압신호와 영상전류신호의 각각의 고조파에 대한 한주기 신호를 저장하는 메모리부;

상기 저장된 각 위상별 전압신호와 영상전류신호의 각각의 고조파 신호를 실수부와 허수부로 분리하는 FFT변환 처리부; 및

상기 산출된 각 위상별 전압신호와 영상전류신호의 각각의 고조파 신호의 실수부와 허수부를 통해 아래와 같은 매트릭스를 작성하고,

$$y = Mx$$

$$\begin{bmatrix} I_{g_{real5}} \\ I_{g_{real7}} \\ I_{g_{real11}} \\ I_{g_{imag5}} \\ I_{g_{imag7}} \\ I_{g_{imag11}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{1_{real5}} & V_{2_{real5}} & V_{3_{real5}} & -w_5 V_{1_{imag5}} & -w_5 V_{2_{imag5}} & -w_5 V_{3_{imag5}} \\ V_{1_{real7}} & V_{2_{real7}} & V_{3_{real7}} & -w_7 V_{1_{imag7}} & -w_7 V_{2_{imag7}} & -w_7 V_{3_{imag7}} \\ V_{1_{real11}} & V_{2_{real11}} & V_{3_{real11}} & -w_{11} V_{1_{imag11}} & -w_{11} V_{2_{imag11}} & -w_{11} V_{3_{imag11}} \\ V_{1_{imag5}} & V_{2_{imag5}} & V_{3_{imag5}} & w_5 V_{1_{real5}} & w_5 V_{2_{real5}} & w_5 V_{3_{real5}} \\ V_{1_{imag7}} & V_{2_{imag7}} & V_{3_{imag7}} & w_7 V_{1_{real7}} & w_7 V_{2_{real7}} & w_7 V_{3_{real7}} \\ V_{1_{imag11}} & V_{2_{imag11}} & V_{3_{imag11}} & w_{11} V_{1_{real11}} & w_{11} V_{2_{real11}} & w_{11} V_{3_{real11}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} G_1 \\ G_2 \\ G_3 \\ C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix}$$

$G_1 = 1/R$ 상 절연저항

$G_2 = 1/S$ 상 절연저항

$G_3 = 1/T$ 상 절연저항

$C_1 = R$ 상 정전용량

$C_2 = S$ 상 정전용량

$C_3 = T$ 상 정전용량

$$(w_k = k \times \omega, \omega = 120\pi)$$

S_s = 샘플링 속도
 N = 샘플 개수
 k = 고조파 차수
 $w = 120\pi$

$$V1_{realk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \sin(w * k * i / S_s) * V1[i] \}$$

$$V2_{realk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \sin(w * k * i / S_s) * V2[i] \}$$

$$V3_{realk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \sin(w * k * i / S_s) * V3[i] \}$$

$$Ig_{realk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \sin(w * k * i / S_s) * Ig[i] \}$$

$$V1_{imagk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \cos(w * k * i / S_s) * V1[i] \}$$

$$V2_{imagk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \cos(w * k * i / S_s) * V1[i] \}$$

$$V3_{imagk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \cos(w * k * i / S_s) * V3[i] \}$$

$$Ig_{imagk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \cos(w * k * i / S_s) * Ig[i] \}$$

영상전류 연립방정식 솔루션을 통해 각 위상별 절연저항과 정전용량을 산출하는 산출부;를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 3상4선식 전기설비 주회로에서 각상별 활선상태 절연저항과 정전용량의 측정장치.

청구항 2

활선상태에서 3상4선식 전기설비의 주회로에서 각각의 위상별 절연저항, 정전용량을 측정하는 방법에 있어서,

- (a) 상기 전기설비의 주회로에 공급되는 전원의 각 위상별 전압신호를 프로브로 취득하는 단계;
- (b) 상기 전기설비의 주회로에 공급되는 전원의 영상전류 신호를 영상변류기로 취득하는 단계;
- (c) 상기 취득된 각 위상별 전압신호와 영상전류신호를 각각 밴드패스필터를 이용하여 임의의 3개의 고조파 신호를 통과시켜 필터링하는 단계;
- (d) 상기 필터링된 각 위상별 전압신호와 영상전류신호의 각각의 고조파 신호를 ADC를 통해 디지털 변환시키는 단계;
- (e) 상기 디지털 변환된 각 위상별 전압신호와 영상전류신호의 각각의 고조파에 대한 한주기 신호를 저장하는 단계;
- (f) 상기 저장된 각 위상별 전압신호와 영상전류신호의 각각의 고조파 신호를 FFT변환을 통해 실수부와 허수부로 분리하는 단계; 및
- (g) 상기 산출된 각 위상별 전압신호와 영상전류신호의 각각의 고조파 신호의 실수부와 허수부를 통해 아래와 같은 매트릭스를 작성하고,

$$y = Mx$$

$$\begin{bmatrix} Ig_{real5} \\ Ig_{real7} \\ Ig_{real11} \\ Ig_{imag5} \\ Ig_{imag7} \\ Ig_{imag11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V1_{real5} & V2_{real5} & V3_{real5} & -w_5 V1_{imag5} & -w_5 V2_{imag5} & -w_5 V3_{imag5} \\ V1_{real7} & V2_{real7} & V3_{real7} & -w_7 V1_{imag7} & -w_7 V2_{imag7} & -w_7 V3_{imag7} \\ V1_{real11} & V2_{real11} & V3_{real11} & -w_{11} V1_{imag11} & -w_{11} V2_{imag11} & -w_{11} V3_{imag11} \\ V1_{imag5} & V2_{imag5} & V3_{imag5} & w_5 V1_{real5} & w_5 V2_{real5} & w_5 V3_{real5} \\ V1_{imag7} & V2_{imag7} & V3_{imag7} & w_7 V1_{real7} & w_7 V2_{real7} & w_7 V3_{real7} \\ V1_{imag11} & V2_{imag11} & V3_{imag11} & w_{11} V1_{real11} & w_{11} V2_{real11} & w_{11} V3_{real11} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} G_1 \\ G_2 \\ G_3 \\ C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix}$$

$G_1 = 1/R$ 상 절연저항

$G_2 = 1/S$ 상 절연저항

$G_3 = 1/T$ 상 절연저항

$C_1 = R$ 상 정전용량

$C_2 = S$ 상 정전용량

$C_3 = T$ 상 정전용량

$$(w_k = k \times \omega, \omega = 120\pi)$$

$S_s =$ 샘플링 속도

$N =$ 샘플 개수

$k =$ 고조파 차수

$$\omega = 120\pi$$

$$V1_{realk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \sin(w^* k^* i / S_s) * V1[i] \}$$

$$V2_{realk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \sin(w^* k^* i / S_s) * V2[i] \}$$

$$V3_{realk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \sin(w^* k^* i / S_s) * V3[i] \}$$

$$Ig_{realk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \sin(w^* k^* i / S_s) * Ig[i] \}$$

$$V1_{imagk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \cos(w^* k^* i / S_s) * V1[i] \}$$

$$V2_{imagk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \cos(w^* k^* i / S_s) * V2[i] \}$$

$$V3_{imagk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \cos(w^* k^* i / S_s) * V3[i] \}$$

$$Ig_{imagk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \cos(w^* k^* i / S_s) * Ig[i] \}$$

연립방정식 솔루션을 통해 각 위상별 절연저항과 정전용량을 산출하는 단계;를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 3상4선식 전기설비 주회로에서 각상별 활성상태 절연저항과 정전용량의 측정 방법.

청구항 3

삭제

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 분전반 등의 3상4선식 전기설비 주회로에 설치되면서, 프로부와 영상변류기(ZCT) 1대를 이용하여, 영상전류와 위상별 상전압을 측정하고, 3가지 고조파 주파수 성분을 분석함으로써 활성상태에서 각 위상별 절연저항, 정전용량을 산출할 수 있는 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근 날로 증가하는 전기와 관련한 화재 및 재해의 절반 이상이 전기 누전이 원인이 된 것으로 연구조사기관의

통계결과가 발표된 바 있다. 이는 절연저항이 주요원인으로서, 이러한 원인을 사전에 예방할 수 있다면 화재로 인한 사회적, 경제적 손실을 대폭 감소시킬 수 있다.

- [0003] 자가용 전기설비에서 가장 많이 발생하는 트러블은 저압회로의 누전에 기인하는 사고로서 전기화재나 감전사고, 그리고 정전범위의 확대 등으로 발전하기 때문에 조속한 누전검출 및 경보를 통해 사전에 회로를 차단하는 것이 중요하다.
 - [0004] 무정전 절연장치는 주택, 공장, 건물 등의 전기시설물에 대한 절연열화의 경향을 파악하여 전기공급의 신뢰성 확보뿐만 아니라 수시점검에 의한 경비를 대폭적으로 절감시킬 수 있는 이점을 갖는다.
 - [0005] 그러나 절연저항의 측정은 정전을 필요로 하여 전기계통 전체에서의 절연측정이 불가능할 뿐만 아니라, 컴퓨터 및 전자기기의 증가로 정전으로 인한 고도의 기기 파손을 초래하기도 한다.
 - [0006] 또한 컴퓨터를 이용한 시스템 및 정보관리 등에 의해 정전이 불가능한 경우도 있어 절연저항측정을 수행할 수 없는 경우도 발생한다. 그밖에 정전으로 인해 시스템의 정지나 주요정보의 상실로 주변 지역사회의 혼란과 복잡성이 가중되어 손실이 막중할 수 있다.
 - [0008] 그래서, 최근에는 IT기술이 발전함에 따라 전기설비도 원격으로 관리하기 위해 기술개발을 하고 있으며, 특히 요즘 동력을 주로 사용하는 3상설비의 경우 무정전 점검/검사를 요구하고 있다.
 - [0009] 따라서, 정전이 아닌 활선상태 설비의 절연저항 값을 측정하기 위한 방법들이 제시되고 있고, 이를 위해서는 영상전류를 측정하는 것이 요구된다.
 - [0010] 그러나, 영상전류에는 실효성분인 저항성 누설전류와 무효성분인 용량성 누설전류가 포함되어 있어 실효성분인 저항성 누설전류에 대한 정확한 측정이 요구되고 있다.
 - [0011] 저항성 누설전류를 측정하는 방법으로는 전압과 전류를 반주기동안 적분하거나 전압-누설전류 위상차를 측정하여 저항성 누설전류를 계산하는 방법이 있다. 그러나, 3상 전기설비의 경우에 측정된 영상전류는 각상의 누설전류의 벡터합이 측정되기 때문에 어떤 상에서 누전되는지 알기 어려운 문제점이 있다.
 - [0013] 도 1, 도 2는 국내 등록특허 제10-1303597호(2013년 09월 26일 공고)에 제시된 단상 전기설비에서 누설전류를 측정하기 위한 회로 및 그래프를 나타내는 도면이다.
 - [0014] 도 2의 그래프에서 진폭이 작은 그래프는 순시전압 V, 진폭이 큰 그래프는 영상전류 I_g가 될 수 있다. 이때, 절연저항 R_{in}과 부하 및 설비의 대지용량 C_{in}에 따라 위상차 T가 발생할 수 있다. 따라서, 다음과 같은 수학적 식으로 저항성 누설전류 I_{gr}를 산출할 수 있다.
- $$I_{gr} = I_g \cos\theta = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_i I_g [i]^2 \cos(120\pi T)}$$
- [0015]
 - [0016] 그러나, 상기 방법은 실제 3상4선식 전기설비를 사용하고 있는 일반용 전기 사용 고객에게는 각상의 단상 분기 회로마다 적용은 가능하지만 비경제적이므로 실제 적용하기는 어려운 문제점이 있다.
 - [0018] 또한, 국내 등록특허 제10-1986221호(2019년 09월 30일 공고)에 제시된 "3상4선식 전기설비의 활선상태 절연저항 측정 방법 및 장치"를 보면, 시차에 따른 누설전류 발생과 그 때 발생된 변위 벡터들의 합이 설정된 값에 따라 경보메시지가 전송되도록 되어 있다.
 - [0019] 보다 자세하게는, 전기설비에서 각 위상별 시차를 두어 전원 전압을 순차적으로 인가하고, 상기 각 상별 전류 변화와 누설전류의 변화를 측정하여 상기 전기설비의 각 상별 저항성 누설전류 초기값을 설정하고, 상기 전기설비의 각상별 전압 및 부하전류와 영상전류를 측정하고, 상기 측정값을 토대로 각상별 부하 소비 전력을 계산하게 된다.
 - [0020] 또한, 상기 측정값을 토대로 각상별 가설 누설전력을 계산하고, 기설정된 위상 선택 기준 및 상기 측정값을 토대로 누전발생 위상을 추출하게 된다.
 - [0021] 상기 추출된 누전발생 위상을 토대로 상기 계산된 각상별 가설 누설전력을 이용하여 각상별로 누설전류 변화량을 적산하며, 이를 통해, 3상4선식 전기설비의 활선상태에서 위상별 및 성분별(유효성분, 무효성분)로 누설전류를 추출함으로써, 상기 전기설비의 활선절연저항을 측정하는 방법을 제시하고 있다.

- [0022] 이는 시차에 따른 누설전류 변화라는 조건이 성립되도록 설정 값을 기기마다 조절해야 하는 문제점이 있고, 현재 발생하는 누설전류의 크기를 알기 위해서 시간별 측정된 변위벡터를 적산해야 하지만 적산에 따른 적산오차 또한 시간이 지나면서 증가하기 때문에 현재 누설전류 크기를 예측함에 한계가 있다.
- [0023] 다시말해, 변화값을 적산하여 현재 절연값을 추정하는데, 오차 또한 적산되어 점점 값이 부정확해지는 단점이 있다.
- [0025] 도 3은 종래의 3상4선식 전기설비에서 누설전류를 측정하기 위한 회로도이다.
- [0026] 부연하면, 도 3은 국내 등록특허 제10-1172918호(2012년 08월 31일 공고)에서 제시된 종래의 3상4선식 설비의 절연상태를 측정하기 위한 중첩신호를 통한 누설전류를 검출하기 위한 "절연감시시스템"에서 제시했다
- [0027] 도 3에서 도시된 바와 같이 측정을 위해 변압기 2차측 중성선 제2중 접지선에 중첩파형을 보내기 위한 또다른 소형 변압기(tr)을 설치하고 저주파(f_r)의 전압 파형을 인가하면, 변압기(TR)의 각 상 S, T, R, N의 전압에 저주파 전압이 중첩된다. 따라서, 부하 또는 선로에서 누전발생시 저주파(f_r) 전압에 따라 누설전류가 발생하고 영상전류계(ZCT)에서 주파수(f_r)을 필터링하여 그 크기로 저항성 누설전류를 산출할 수 있다.
- [0028] 그러나, 상기 방법 또한 변압기 2차측 중성선에 별도의 장치가 필요하고, 일반용 3상 전기설비를 사용하는 고객 설비에는 자가용 변압기가 없으므로 해당설비에 적용하기가 어려운 문제점이 있다. 또한, 상기 방법은 접지선을 따라 연결된 도체의 대지전압이 중첩전압 만큼 증가하여 도체가 인체에 노출될 경우 감전위험이 따르는 문제점이 있다.
- [0029] 또한, 종래의 중성선 중첩신호방식은 전기설비의 변압기 2차측 중성점이 한전소유이며, 여러 가구가 서로 중성점을 공유하기 때문에 누설전류의 측정을 위해 적용하는데 어려운 문제점이 있다.
- [0030] 다시말해, 저주파 중첩신호를 이용하여 측정하는 방법은 누설전류가 예상되는 회로 즉, 변압기 2차측 중성점의 접지선에 신호중첩용 변압기를 통해 저주파 신호를 인가하고 인가된 저주파에 따른 누설전류를 측정해야 하나, 저압 일반용 전기설비에는 각 설비당 자가용 변압기가 없어서 저주파 신호를 인가할 지점이 애매하고, 장치를 설치하기에 장소가 비좁기 때문에 실 적용에 문제점이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0031] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 국내 등록특허 제10-1303597호(2013년 09월 26일 공고)
- (특허문헌 0002) 특허문헌 2: 국내 등록특허 제10-1986221호(2019년 09월 30일 공고)
- (특허문헌 0003) 특허문헌 3: 국내 등록특허 제10-0219013호(1999년 09월 01일 공고)
- (특허문헌 0004) 특허문헌 4: 국내 등록특허 제10-1172918호(2012년 08월 31일 공고)

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0032] 따라서, 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 종래의 단점을 해결한 것으로서, 3상4선식 전기설비의 활선상태에서 전원측으로 유입되는 고조파를 이용하여 각 위상별 절연저항과 정전용량을 산출하도록 구성함으로써, 설치가 용이하면서도 오차를 줄이도록 구성된 각 위상별 절연저항과 정전용량의 산출장치 및 방법을 제시하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

- [0033] 상기의 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 활선상태에서 3상4선식 전기설비의 주회로에서 각각의 위상별 절연저항, 정전용량을 측정하는 측정장치에 있어서,
 상기 측정장치는 분전반 내부에 구성되며, 상기 전기설비의 주회로에 공급되는 전원의 각 위상별 전압신호를 취득하는 프로브를 포함하는 전원전압 측정부; 상기 전기설비의 주회로에 공급되는 전원의 영상전류 신호를 취득

하는 영상변류기를 포함하는 영상전류 측정부; 상기 전원전압 측정부에서 취득된 각 위상별 전압신호와 상기 영상전류 측정부에서 취득한 영상전류신호에서 각각 3배수 고조파 신호를 제외한 임의의 3개의 고조파 신호만을 통과시켜 필터링하는 밴드패스필터가 구성된 필터링부; 상기 필터링된 각 위상별 전압신호와 영상전류신호의 각각의 고조파 신호를 디지털 변환시키는 ADC; 상기 디지털 변환된 각 위상별 전압신호와 영상전류신호의 각각의 고조파에 대한 한주기 신호를 저장하는 메모리부; 상기 저장된 각 위상별 전압신호와 영상전류신호의 각각의 고조파 신호를 실수부와 허수부로 분리하는 FFT변환처리부; 및 상기 산출된 각 위상별 전압신호와 영상전류신호의 각각의 고조파 신호의 실수부와 허수부를 통해 아래와 같은 매트릭스를 작성하고,

$$y = Mx$$

$$\begin{bmatrix} Ig_{real5} \\ Ig_{real7} \\ Ig_{real11} \\ Ig_{imag5} \\ Ig_{imag7} \\ Ig_{imag11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V1_{real5} & V2_{real5} & V3_{real5} & -w_5 V1_{imag5} & -w_5 V2_{imag5} & -w_5 V3_{imag5} \\ V1_{real7} & V2_{real7} & V3_{real7} & -w_7 V1_{imag7} & -w_7 V2_{imag7} & -w_7 V3_{imag7} \\ V1_{real11} & V2_{real11} & V3_{real11} & -w_{11} V1_{imag11} & -w_{11} V2_{imag11} & -w_{11} V3_{imag11} \\ V1_{imag5} & V2_{imag5} & V3_{imag5} & w_5 V1_{real5} & w_5 V2_{real5} & w_5 V3_{real5} \\ V1_{imag7} & V2_{imag7} & V3_{imag7} & w_7 V1_{real7} & w_7 V2_{real7} & w_7 V3_{real7} \\ V1_{imag11} & V2_{imag11} & V3_{imag11} & w_{11} V1_{real11} & w_{11} V2_{real11} & w_{11} V3_{real11} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} G_1 \\ G_2 \\ G_3 \\ C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix}$$

$G_1 = 1/R$ 상 절연저항
 $G_2 = 1/S$ 상 절연저항
 $G_3 = 1/T$ 상 절연저항
 $C_1 = R$ 상 정전용량
 $C_2 = S$ 상 정전용량
 $C_3 = T$ 상 정전용량

$$(w_k = k \times \omega, \omega = 120\pi)$$

$S_s =$ 샘플링 속도
 $N =$ 샘플 개수
 $k =$ 고조파 차수
 $w = 120\pi$

$$V1_{realk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{\sin(w^*k^*i/S_s) * V1[i]\}$$

$$V2_{realk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{\sin(w^*k^*i/S_s) * V2[i]\}$$

$$V3_{realk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{\sin(w^*k^*i/S_s) * V3[i]\}$$

$$Ig_{realk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{\sin(w^*k^*i/S_s) * Ig[i]\}$$

$$V1_{imagk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{\cos(w^*k^*i/S_s) * V1[i]\}$$

$$V2_{imagk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{\cos(w^*k^*i/S_s) * V2[i]\}$$

$$V3_{imagk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{\cos(w^*k^*i/S_s) * V3[i]\}$$

$$Ig_{imagk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{\cos(w^*k^*i/S_s) * Ig[i]\}$$

영상전류 연립방정식 솔루션을 통해 각 위상별 절연저항과 정전용량을 산출하는 산출부;를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 3상4선식 전기설비 주회로에서 각상별 환선상태 절연저항과 정전용량의 측정장치를 제시한다.

[0034]

또한, 본 발명은 상기의 목적을 달성하기 위하여, 환선상태에서 3상4선식 전기설비의 주회로에서 각각의 위상별 절연저항, 정전용량을 측정하는 방법에 있어서, (a) 상기 전기설비의 주회로에 공급되는 전원의 각 위상별 전압신호를 프로브로 취득하는 단계; (b) 상기 전기설비의 주회로에 공급되는 전원의 영상전류 신호를 영상변류기로 취득하는 단계; (c) 상기 취득된 각 위상별 전압신호와 영상전류신호를 각각 밴드패스필터를 이용하여 임의의 3개의 고조파 신호를 통과시켜 필터링하는 단계; (d) 상기 필터링된 각 위상별 전압신호와 영상전류신호의 각각

의 고조파 신호를 ADC를 통해 디지털 변환시키는 단계; (e) 상기 디지털 변환된 각 위상별 전압신호와 영상전류 신호의 각각의 고조파에 대한 한주기 신호를 저장하는 단계; (f) 상기 저장된 각 위상별 전압신호와 영상전류 신호의 각각의 고조파 신호를 FFT변환을 통해 실수부와 허수부로 분리하는 단계; 및 (g) 상기 산출된 각 위상별 전압신호와 영상전류신호의 각각의 고조파 신호의 실수부와 허수부를 통해 아래와 같은 매트릭스를 작성하고,

$$y = Mx$$

$$\begin{bmatrix} Ig_{real5} \\ Ig_{real7} \\ Ig_{real11} \\ Ig_{imag5} \\ Ig_{imag7} \\ Ig_{imag11} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V1_{real5} & V2_{real5} & V3_{real5} & -w_5 V1_{img5} & -w_5 V2_{imag5} & -w_5 V3_{imag5} \\ V1_{real7} & V2_{real7} & V3_{real7} & -w_7 V1_{img7} & -w_7 V2_{imag7} & -w_7 V3_{imag7} \\ V1_{real11} & V2_{real11} & V3_{real11} & -w_{11} V1_{img11} & -w_{11} V2_{imag11} & -w_{11} V3_{imag11} \\ V1_{imag5} & V2_{imag5} & V3_{imag5} & w_5 V1_{real5} & w_5 V2_{real5} & w_5 V3_{real5} \\ V1_{imag7} & V2_{imag7} & V3_{imag7} & w_7 V1_{real7} & w_7 V2_{real7} & w_7 V3_{real7} \\ V1_{imag11} & V2_{imag11} & V3_{imag11} & w_{11} V1_{real11} & w_{11} V2_{real11} & w_{11} V3_{real11} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} G_1 \\ G_2 \\ G_3 \\ C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix}$$

$G_1 = 1/R$ 상 절연저항

$G_2 = 1/S$ 상 절연저항

$G_3 = 1/T$ 상 절연저항

$C_1 = R$ 상 정전용량

$C_2 = S$ 상 정전용량

$C_3 = T$ 상 정전용량

$$(w_k = k \times \omega, \omega = 120\pi)$$

$S_s =$ 샘플링 속도

$N =$ 샘플 개수

$k =$ 고조파 차수

$w = 120\pi$

$$V1_{realk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \sin(w * k * i / S_s) * V1[i] \}$$

$$V2_{realk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \sin(w * k * i / S_s) * V2[i] \}$$

$$V3_{realk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \sin(w * k * i / S_s) * V3[i] \}$$

$$Ig_{realk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \sin(w * k * i / S_s) * Ig[i] \}$$

$$V1_{imagk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \cos(w * k * i / S_s) * V1[i] \}$$

$$V2_{imagk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \cos(w * k * i / S_s) * V2[i] \}$$

$$V3_{imagk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \cos(w * k * i / S_s) * V3[i] \}$$

$$Ig_{imagk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \cos(w * k * i / S_s) * Ig[i] \}$$

연립방정식 솔루션을 통해 각 위상별 절연저항과 정전용량을 산출하는 단계;를 포함하여 구성된 것을 특징으로 하는 3상4선식 전기설비 주회로에서 각상별 활성상태 절연저항과 정전용량의 측정 방법을 제시한다.

[0035] 삭제

[0036] 삭제

발명의 효과

[0037] 본 발명은 분전반 등에 3상4선식 설비의 주회로에 설치되면서, 절연저항 및 정전용량에 관한 데이터를 실시간으

로 측정하여 상태정보를 통신으로 전달하는 IoT 로 활용 가능하다.

[0038] 또한, 현재 무정전 검사/점검을 많이 요구하고 있기 때문에 활선상태에서 전기설비 관리 유지보수가 필요할 때 절연상태를 감시/측정하기 위한 계측장비로 활용할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0039] 도 1, 도 2는 종래의 단상 전기설비에서 누설전류를 측정하기 위한 회로 및 그래프를 나타내는 도면이다.
 도 3은 종래의 3상4선식 전기설비에서 누설전류를 측정하기 위한 회로도이다.
 도 4는 본 발명에 의한 3상4선식 전기설비 주회로에서 각상별 활선상태 절연측정을 위한 시스템 개략도이다.
 도 5는 본 발명에 의해 사용되는 밴드패스필터가 구성되는 필터링부의 회로도이며, 도 6은 이를 적용한 과형을 각상별전압과형과 영상전류과형을 함께 도시한 도면이다.
 도 7은 본 발명에 의한 ADC를 통해 변환된 각상별전압과형과 영상전류과형을 도시한 도면이다.
 도 8은 본 발명에 의한 FFT 변환처리부를 통해 고조파별로 분리된 각상별전압과형을 나타내는 도면이다.
 도 9는 본 발명에 의한 FFT 변환처리부를 통해 고조파별로 분리된 영상전류과형을 나타내는 도면이다.
 도 10은 본 발명에 의한 절연저항과 정전용량을 산출하기 위한 영상전류 연립방정식에 따라 작성된 매트릭스를 보여주는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0040] 이하 본 발명인, 3상4선식 전기설비 주회로에서 각상별 활선상태 절연저항과 정전용량 측정 장치 및 방법에 대해 첨부된 도면을 참조하여, 자세하게 기술한다.

[0041] 도 4는 본 발명에 의한 3상4선식 전기설비 주회로에서 각상별 활선상태 절연측정을 위한 시스템 개략도이다.

[0042] 도시된 바를 참조하면, 본 발명은 활선상태에서 3상4선식 전기설비의 주회로에서 각각의 위상별 절연저항, 정전용량을 측정하는 측정장치(10)에 관한 것이다.

[0043] 본 발명의 측정장치(10)는 분전반 내부에 구성될 수 있으며, 측정장치(10)에는 상기 전기설비의 주회로에 공급되는 전원의 각 위상별(R,S,T) 전압신호를 취득하는 프로브를 포함하는 전원전압 측정부(100)가 구성된다.

[0044] 프로브는 각 상별 전원전압을 측정하기 위하여, 각상(R,S,T,N)에 연결하여 측정한다.

[0045] 본 발명의 측정장치(10)에는 상기 전기설비의 주회로에 공급되는 전원의 영상전류 신호를 취득하는 영상변류기(ZCT)를 포함하는 영상전류 측정부(200)가 구성된다.

[0046] 각상별 전원의 누설전류에는 유효누설전력과 관련있는 저항성분과 무효누설전력과 관련있는 정전용량성분이 포함되어 있어, 도시된 바와 같이 저항성분에 대한 절연저항과 정전용량성분에 대한 정전용량을 구함으로써, 누설전류의 위험도를 판단하게 된다.

[0047] 본 발명의 측정장치(10)에는 상기 전원전압 측정부(100)에서 취득된 각 위상별 전압신호와 상기 영상전류측정부(200)에서 취득한 영상전류신호에서 각각 3배수고조파(3, 6, 9, ... 등) 신호를 제외하면서, 임의의 3개의 고조파 신호를 통과시켜 필터링하는 밴드패스필터가 구성된 필터링부(300)가 구성된다.

[0048] 부연 설명하면, 각 위상별 전압신호와 영상전류신호에 포함된 고조파만을 통과시키도록 필터링부(300)가 구성된다.

[0049] 도 5는 본 발명에 의해 사용되는 밴드패스필터가 구성되는 필터링부의 회로도이며, 도 6은 이를 적용한 과형을 각상별전압과형과 영상전류과형을 함께 도시한 도면이다.

[0050] 도시된 바를 참조하면, 필터링부(300)는 밴드패스필터(BPF)가 동일하게 적용되면서 각 위상별 전압신호와 영상전류신호에 포함된 고조파만을 통과시키도록 구성되는데, 이때 3상4선식 활선상태에서 밴드패스필터(BPF)의 적용시에 주파수 범위를 100~1000HZ로 정하는것이 바람직하며, 주파수는 60Hz 3배수, 다시말해 3배수 고조파, 3, 6, 9 등 고조파가 아닌 다수의 고조파의 주파수가 3가지 이상 통과 할 수 있도록 필터를 구성한다.

[0051] 다만, 본 발명의 측정방법상 3개의 고조파, 이를 테면 5, 7, 11 고조파 등의 3개의 고조파를 선택하면 절연저항

과 정전용량을 구할 수 있으므로, 3배수 고조파를 제외한 어느 3개의 고조파를 선택하든 무방하다.

- [0052] 또한, 정확도를 향상시키기 위해 또 다른 3개의 고조파를 조합하여 반복 계산할 수도 있다.
- [0053] 3배수 고조파의 경우는 상구분이 안되는 고조파이기 때문에, 선택하는 고조파 중에 3배수 고조파를 제외하는 것이 필수이다.
- [0055] 도 7은 본 발명에 의한 ADC를 통해 변환된 각상별전압파형과 영상전류파형을 도시한 도면이다.
- [0056] 본 발명의 측정장치(10)에는 상기 필터링된 각 위상별 전압신호와 영상전류신호의 각각의 고조파 신호를 디지털 변환시키는 ADC(400)가 구성된다.
- [0057] 밴드패스필터(BPF)를 적용한 출력신호를 ADC(Analogy to digital converter)에 입력하여 디지털변환시키면, 도시된 바와 같이 해석가능한 상태로 파형을 컴퓨터로 출력할 수 있다.
- [0058] 또한, 본 발명의 측정장치(10)에는 상기 디지털 변환된 각 위상별 전압신호와 영상전류신호의 각각의 고조파에 대한 한주기 신호를 저장하는 메모리부(500)가 구성된다.
- [0059] 다시말해, 밴드패스필터(BPF)의 응답속도에 따라 신호가 안정된 이후에 측정된 상용주파수(60Hz) 한주기 신호를 메모리부(500)에 저장한다.
- [0060] V1 : R상 전압 샘플저장 메모리
- [0061] V2 : S상 전압 샘플저장 메모리
- [0062] V3 : T상 전압 샘플저장 메모리
- [0063] Ig: 영상전류 샘플 저장 메모리
- [0065] 도 8은 본 발명에 의한 FFT 변환처리부를 통해 고조파별로 분리된 각상별전압파형을 나타내는 도면이다. 도 9는 본 발명에 의한 FFT 변환처리부를 통해 고조파별로 분리된 영상전류파형을 나타내는 도면이다.
- [0066] 본 발명의 측정장치(10)에는 상기 저장된 각 위상별 전압신호와 영상전류신호의 각각의 고조파 신호를 실수부와 허수부로 분리하는 FFT변환처리부(600)가 구성된다.
- [0067] FFT(Fast Fourier transform) 처리를 통해 각 위상별 전압파형과, 영상전류파형에서 5, 7, 11 고조파를 분리해 실수부, 허수부를 아래와 같이 산출한다.

$S_s =$ 샘플링 속도

$N =$ 샘플 개수

$k =$ 고조파 차수

$w = 120\pi$

$$V1_{realk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \sin(w * k * i / S_s) * V1[i] \}$$

$$V2_{realk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \sin(w * k * i / S_s) * V2[i] \}$$

$$V3_{realk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \sin(w * k * i / S_s) * V3[i] \}$$

$$Ig_{realk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \sin(w * k * i / S_s) * Ig[i] \}$$

$$V1_{imagk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \cos(w * k * i / S_s) * V1[i] \}$$

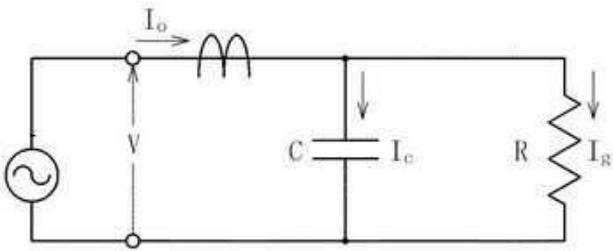
$$V2_{imagk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \cos(w * k * i / S_s) * V2[i] \}$$

$$V3_{imagk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \cos(w * k * i / S_s) * V3[i] \}$$

$$Ig_{imagk} = \frac{2}{N} \sum_{i=1}^N \{ \cos(w * k * i / S_s) * Ig[i] \}$$

[0068]

- [0070] 도 8에 도시된 바는, 위상별 전압신호에서 5, 7, 11 고조파 성분으로 분리하여 나타낸 파형이다.
- [0071] 도 9에 도시된 바는, 영상전류 신호에서 5, 7, 11 고조파 성분으로 분리하여 나타낸 파형이다.
- [0073] 도 10은 본 발명에 의한 절연저항과 정전용량을 산출하기 위한 영상전류 연립방정식에 따라 작성된 매트릭스를 보여주는 도면이다.
- [0074] 본 발명의 측정장치(10)에는 상기 산출된 각 위상별 전압신호와 영상전류신호의 각각의 고조파 신호의 실수부와 허수부를 통해 연립방정식에 기반하여 매트릭스를 작성하고, 영상전류 연립방정식 솔루션을 통해 각 위상별 절연저항과 정전용량을 산출하는 산출부(700)가 구성된다.
- [0076] 앞서 기술한 영상전류신호에 기반한 연립방정식은 다음 식과 같다.



$$I_g(\text{저항성 누설전류}) = \frac{V}{R} - C \frac{dV}{dt} \quad (R: \text{절연저항}, C: \text{정전용량})$$

- [0077]
- [0078] 도 10은 상기 연립방정식에 기반한 매트릭스를 작성한 도면으로서, 앞서 설명한 샘플레이터를 이용하여 상기 연립방정식을 행렬화하여 표현한 것이다.

$$y = Mx$$

$$\begin{bmatrix} I_{g_{real5}} \\ I_{g_{real7}} \\ I_{g_{real11}} \\ I_{g_{imag5}} \\ I_{g_{imag7}} \\ I_{g_{imag11}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_{1_{real5}} & V_{2_{real5}} & V_{3_{real5}} & -w_5 V_{1_{imag5}} & -w_5 V_{2_{imag5}} & -w_5 V_{3_{imag5}} \\ V_{1_{real7}} & V_{2_{real7}} & V_{3_{real7}} & -w_7 V_{1_{imag7}} & -w_7 V_{2_{imag7}} & -w_7 V_{3_{imag7}} \\ V_{1_{real11}} & V_{2_{real11}} & V_{3_{real11}} & -w_{11} V_{1_{imag11}} & -w_{11} V_{2_{imag11}} & -w_{11} V_{3_{imag11}} \\ V_{1_{imag5}} & V_{2_{imag5}} & V_{3_{imag5}} & w_5 V_{1_{real5}} & w_5 V_{2_{real5}} & w_5 V_{3_{real5}} \\ V_{1_{imag7}} & V_{2_{imag7}} & V_{3_{imag7}} & w_7 V_{1_{real7}} & w_7 V_{2_{real7}} & w_7 V_{3_{real7}} \\ V_{1_{imag11}} & V_{2_{imag11}} & V_{3_{imag11}} & w_{11} V_{1_{real11}} & w_{11} V_{2_{real11}} & w_{11} V_{3_{real11}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} G_1 \\ G_2 \\ G_3 \\ C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix}$$

- $G_1 = 1/R$ 상 절연저항
- $G_2 = 1/S$ 상 절연저항
- $G_3 = 1/T$ 상 절연저항
- $C_1 = R$ 상 정전용량
- $C_2 = S$ 상 정전용량
- $C_3 = T$ 상 정전용량

$$(w_k = k \times \omega, \omega = 120\pi)$$

- [0079] 도시된 "y = Mx" 는 상기 연립방정식을 적용한 매트릭스로서,
- [0080] y 행렬값과 M행렬 값은 앞서 기술한 메모리부(500)에 저장된 수식을 통해 산출되는 값을 그대로 적용하며,
- [0081] x행렬 값은 절연저항과 정전용량에 관한 값으로서, 매트릭스를 이용하여 산출해 낼수 있다
- [0082] 다시말해, 연립방정식에 따른 매트릭스를 작성하고, 연립방정식 솔루션을 통해 각 위상별 절연저항, 정전용량을 산출한다.

$$x = M^{-1}y$$

[0083]

[0084] 본 발명에 의한 방식은 고조파 크기가 클수록 정확도는 향상된다. 따라서 고조파 크기가 큰 값일수록 더 큰 가중치를 주면서 여러번 반복 측정하여 가중치 평균을 산출하고 사용자가 가중치, 반복 산출 값, 가중치 평균 값을 볼 수 있도록 구성된다.

[0086] 연립방정식을 적용한 매트릭스 변환에 대해 부연설명하면,

[0087] Ig(누설전류), V(각상전압), dV/dt 부분을 주파수별 극좌표를 구하게 되며, 이를 통해 실수부, 허수부로 구분한다.

[0088] 실수부를 A, 허수부를 B로 표현하고 주파수 f에 대해서 식을 쓰면,

[0089]
$$A_Ig_f = A_V_f_r상 * G_r상 + A_dVdt_f_r상 * C_r상$$

[0090]
$$+ A_V_f_s상 * G_s상 + A_dVdt_f_s상 * C_s상$$

[0091]
$$+ A_V_f_t상 * G_t상 + A_dVdt_f_t상 * C_t상$$

[0092]
$$B_Ig_f = B_V_f_r상 * G_r상 + B_dVdt_f_r상 * C_r상$$

[0093]
$$+ B_V_f_s상 * G_s상 + B_dVdt_f_s상 * C_s상$$

[0094]
$$+ B_V_f_t상 * G_t상 + B_dVdt_f_t상 * C_t상$$

[0095] 각 위상별 전압신호와 영상전류신호의 각각의 고조파 신호 3개를 적용하게 되는데, 1가지 고조파 주파수에 대해서 2개의 식이 만들어진다.

[0096] 산출하고자 하는 값은 각 상별 1/절연저항과 정전용량에 관한 값, 다시말해 G_{r상}, G_{s상}, G_{t상}, C_{r상}, C_{s상}, C_{t상} 총 6개이다.

[0097] 따라서 3가지 주파수에 대해서 연립방정식을 풀면 되며, 3가지 주파수를 이룰때면 f1, f2, f3에 대해서 식을 만들고, 3가지 주파수 파형을 조합해서 다음을 매트릭스를 산출하게 된다.

[0098]
$$[IG] = [M][X]$$

[0099] 상기 식에서 X를 산출하게 되는데, 역행렬을 구하는 방식으로,

[0100]
$$[X] = [M]^{-1}[IG]$$

[0102] 여기서,

[0103]
$$IG = [A_Ig_f1; A_Ig_f2; A_Ig_f3; B_Ig_f1; B_Ig_f2; B_Ig_f3;]$$

[0104]
$$M = [A_V_f1_r상, A_dVdt_f1_r상, A_V_f1_s상, A_dVdt_f1_s상, A_V_f1_t상, A_dVdt_f1_t상;$$

[0105]
$$A_V_f2_r상, A_dVdt_f2_r상, A_V_f2_s상, A_dVdt_f2_s상, A_V_f2_t상, A_dVdt_f2_t상;$$

[0106]
$$A_V_f3_r상, A_dVdt_f3_r상, A_V_f3_s상, A_dVdt_f3_s상, A_V_f3_t상, A_dVdt_f3_t상;$$

[0107]
$$B_V_f1_r상, B_dVdt_f1_r상, B_V_f1_s상, B_dVdt_f1_s상, B_V_f1_t상, B_dVdt_f1_t상;$$

[0108]
$$B_V_f2_r상, B_dVdt_f2_r상, B_V_f2_s상, B_dVdt_f2_s상, B_V_f2_t상, B_dVdt_f2_t상;$$

[0109]
$$B_V_f3_r상, B_dVdt_f3_r상, B_V_f3_s상, B_dVdt_f3_s상, B_V_f3_t상, B_dVdt_f3_t상;]$$

[0110]
$$X = [G_r상; C_r상; G_s상; C_s상; G_t상; C_t상;]$$

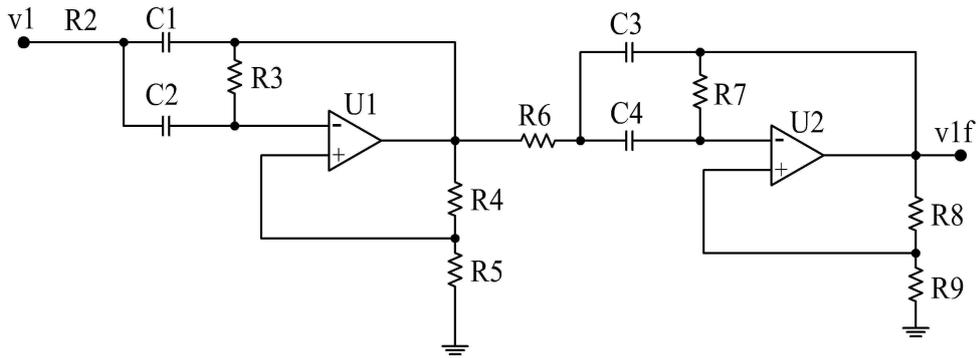
[0112] 상기 방식은 고조파의 주파수를 변경하여 여러번 시도해서 정확도를 향상시킬 수 있게 된다.

[0114] 정리하면, 3상4선식 설비의 주회로의 각 위상별(R, S, T)로 절연저항과 정전용량에 대해 총 6개의 변수를 산출하기 위해, 각 위상별로 임의의 3개의 고조파, 이를 테면, 각 위상별로 5, 7, 11 고조파에 따른 데이터와 영상전류에 대한 데이터를 통해서 영상전류에 관한 연립방정식을 3가지 주파수에 대해 실수부, 허수부로 나누어 6가지 방정식을 만들 수 있고, 이것을 해석함으로써 위상별 절연저항, 정전용량을 산출할 수 있게 된다.

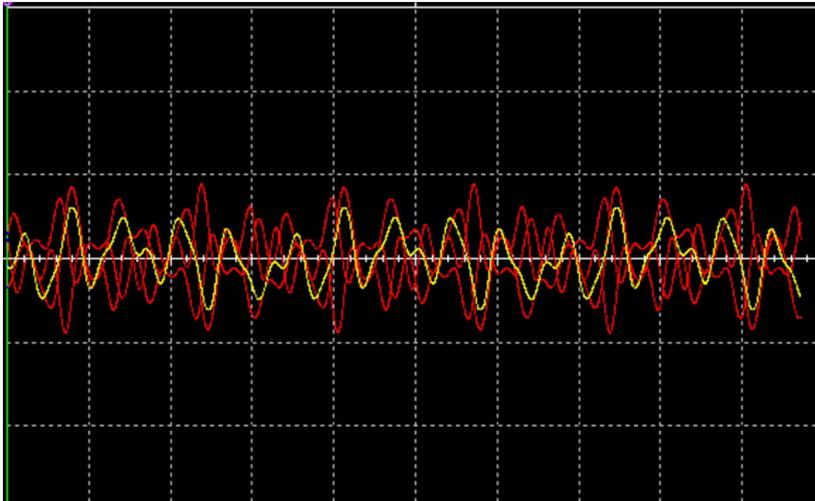
[0115] 이상에서는 첨부된 도면들을 참조하면서 이 발명의 실시예에 대하여 설명하였다.

[0116] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명

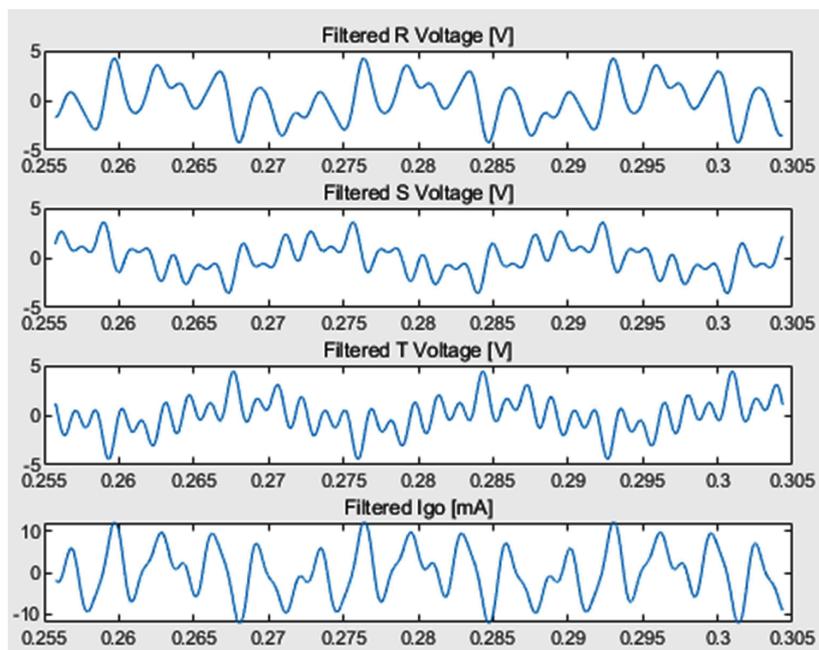
도면5



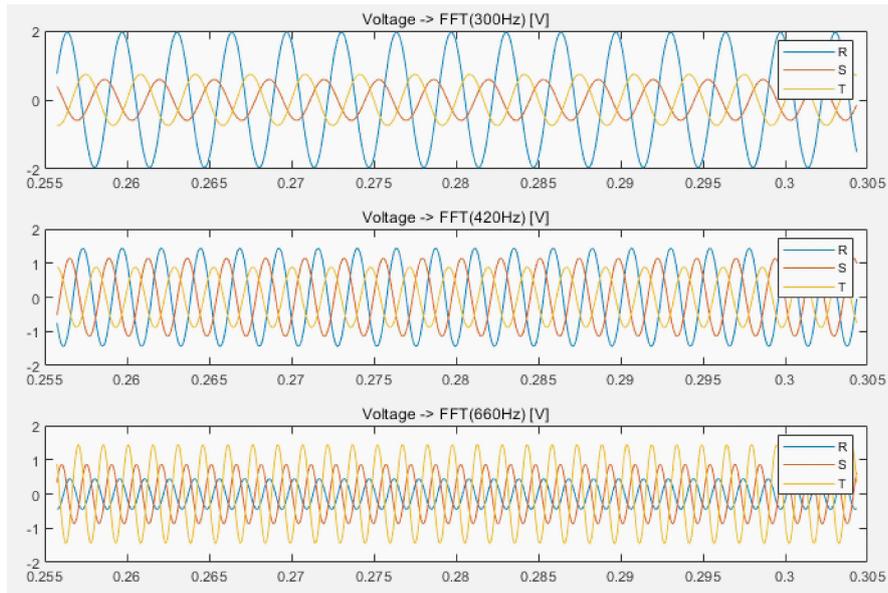
도면6



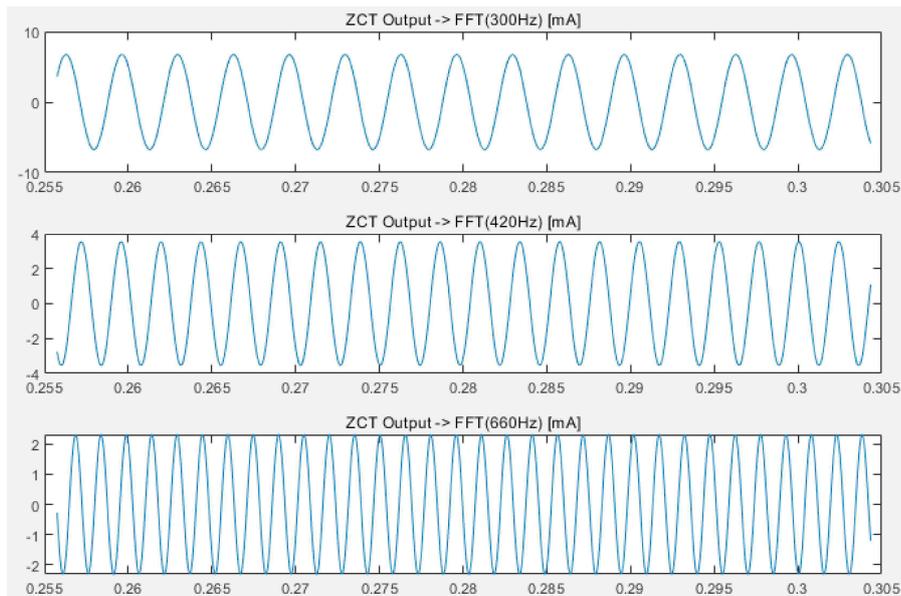
도면7



도면8



도면9



도면10

$$y = Mx$$

$$\begin{bmatrix} I_{g_{real5}} \\ I_{g_{real7}} \\ I_{g_{real11}} \\ I_{g_{imag5}} \\ I_{g_{imag7}} \\ I_{g_{imag11}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V1_{real5} & V2_{real5} & V3_{real5} & -w_5 V1_{img5} & -w_5 V2_{imag5} & -w_5 V3_{imag5} \\ V1_{real7} & V2_{real7} & V3_{real7} & -w_7 V1_{img7} & -w_7 V2_{imag7} & -w_7 V3_{imag7} \\ V1_{real11} & V2_{real11} & V3_{real11} & -w_{11} V1_{img11} & -w_{11} V2_{imag11} & -w_{11} V3_{imag11} \\ V1_{imag5} & V2_{imag5} & V3_{imag5} & w_5 V1_{real5} & w_5 V2_{real5} & w_5 V3_{real5} \\ V1_{imag7} & V2_{imag7} & V3_{imag7} & w_7 V1_{real7} & w_7 V2_{real7} & w_7 V3_{real7} \\ V1_{imag11} & V2_{imag11} & V3_{imag11} & w_{11} V1_{real11} & w_{11} V2_{real11} & w_{11} V3_{real11} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} G_1 \\ G_2 \\ G_3 \\ C_1 \\ C_2 \\ C_3 \end{bmatrix}$$

$G_1 = 1 / R$ 상 절연저항

$G_2 = 1 / S$ 상 절연저항

$G_3 = 1 / T$ 상 절연저항

$C_1 = R$ 상 정전용량

$C_2 = S$ 상 정전용량

$C_3 = T$ 상 정전용량